



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

MASTER-/DIPLOMARBEIT

Das lebendige Haus



ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des
akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung

Manfred Berthold

Prof Arch DI Dr
E253

Architektur und Entwerfen
eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung
von

Boris Margeta

0828643

Erdbergstraße 220 506A, 1110 Wien

***„Weshalb können wir denn nicht natürlich sein?
Oh, ich weiß sehr wohl, uns fehlt nur der Mut.“***
- Jens Peter Jacobsen, Niels Lyhne

Danksagung

Eine Abschlussarbeit und Forschung in diesem Ausmaß verfasst man nie allein.
Ich möchte mich ganz herzlich bei meinen Professoren

DI Dr Manfred Berthold
DI Dr Karl Deix
DI Dr Eva Berger

für ihre Unterstützung und konstruktive Kritik bedanken.

Des Weiteren, Danke an das Team des Baustofflabors der TU Wien,

an Phillip Förster,
Hermann Fritz Bock,

die einen großen Beitrag zum Gelingen meiner Arbeit beigeführt haben.

Herzlichen Dank von ganzem Herzen an meine Verlobte, die mir immer mit bemerkenswerter
Geduld und Optimismus zur Seite gestanden hat.

Nicht zuletzt gilt ein besonderer Dank meiner Familie, ohne die dieses großartige Projekt des
ganzen Studiums nie hervorgegangen wäre.

Schließlich bedanke ich mich bei meinen zahlreichen Betreuern durch das ganze Studium,
insbesondere bei DI Dr Michael Seidl und DI Rita Pirpamer.
Vielen Dank an meine Freunde und StudienkollegInnen.

„Leider lässt sich eine wahrhafte Dankbarkeit mit Worten nicht ausdrücken.“

- Goethe über Dank

Inhaltsverzeichnis

- Abstract	6
-Das lebendige Haus	6
-The growing house	8
- 01 Einführung	10
-Hintergründe	10
-Geschichtlicher Rückblick	12
- 02 Trainierbare Tragwerke	14
-Eine Superpflanze entsteht	14
-Quält man die Pflanze?	20
- 03 Die Pflanzenart	22
-Möglichkeiten...	22
-Meine Salix Alba	24
- 04 Ein Naturwerk entsteht	34
-Auch eine Gerade endet immer in einer Kurve	34
Das Pflanzungsprinzip	
-Die zweite Laubenreihe	38
-Die natürliche Form	42
- 05 Die fungale Innenhaut	44
-Wo fangen Pilze an?	44
-Der Pilz der Unsterblichkeit	48
-Ein Pilz für die Belichtung	50
-Die Kunst der Züchtung	52
Anleitung zum Selbermachen	
- 06 Untersuchungen im Baustofflabor	58
-Weidenverbindungen	58
Druckversuche	
Biegeversuch	
-Verformungsversuche in der Natur	68
-Reishipilz auf dem Prüfstand	72
Druck und Biegeversuch	
Wärmeleitfähigkeit	
Wasseraufnahmeversuch	
Brandversuch	
- 07 Entwurfsprojekt	82
-Lebendiger Pavillon	82
-Grundrisse in Zeitintervallen	84
Wachstumsschnitte	
-Darstellungen	96
Modellfotos	
-Details	108
-Möbliering	112
Detailskizzen	
Herstellung der Tür- und Fensteröffnungen	
-Anhang	120
Ausführungsalternativen	
Grundflächenanalyse	
- Lebenslauf	126
- Quellen-Abbildungsverzeichnis	128
-Literatur- u. Quellenangaben	128
-Abbildungsverzeichnis	129



Abb. 1. Auch wenn diese Natur für uns Menschen so selbstverständlich ist, ist sie doch so unerforscht. Wir finden uns kaum zurecht, in all diesen Möglichkeiten, die sie uns bietet.

Das lebendige Haus

Der Raum, den die Natur pflegt, ist emotional ein wahrlich überladener. Die Wälder, Wiesen und Berge strahlen in einer gesonderten Aura, welche in den Werken unseres alltäglichen Lebens kaum spürbar ist. Doch geschieht hier alles so still, so langsam, so scheinbar perfekt – man spürt kaum, wie die Natur arbeitet. Es ist die Vollendung einer **Selbstorganisation**, die wir Menschen wohl schwer erreichen werden.

Diese Natur ist viel älter als die Menschheit selbst – sie ist uns sehr bekannt und doch so unerforscht. Dem Ziel folgend, die Welt zu verstehen, sind wir Menschen zu großartigen Dingen im Stande, doch können wir mit den Reaktionen unserer Werke wohl nur bedingt umgehen. Diese Arbeit versteht sich nicht als "Die Antwort" auf die zeitgenössischen Probleme der Kunststoffproduktion, Plastikrecycling oder Treibhauseffektminderung. Mehr ist sie eine alternative Möglichkeit. Eine Möglichkeit die ironischer Weise doch so einfach ist, gleichzeitig aber so unerforscht, gar fremd.

Ich werde Sie nun durch meine Abschlussarbeit führen, wo ich mir die Frage stelle – wie lebt es sich in und mit der Natur? Wie würde eine natürliche, lebendige Behausung aussehen? Wie würde diese funktionieren? Vor allem, in welcher Beziehung steht der Konsument zu seinem lebendigen Haus, wie geht man damit um?

Diesen **emotionalen Kontext**, dieses Bewusstsein um die Materie empfinde ich als die Essenz meiner Arbeit.

Mein Konzept handelt von einer wachsenden Architektur, in der der Mensch nur bedingt, aber durch **gezielte Prozesse**, eingreift. Das heißt, man soll hier kein Kunstobjekt schaffen, wo das Publikum über pompöse und festliche Formen staunt, also Formen die das Material bis aufs Äußerste zwingen. Einerseits macht diese Herangehensweise das Konzept um einiges schlüssiger, gleichzeitig unterstützt diese, architektonisch eher durchdachte Methodik, die brillanten Regeln, die die Natur vorgibt. Wie genau das geschieht, werden Sie in dieser Publikation erfahren.

Als erstes werden, nach einer kurzen Einführung in die Sichtweise einer lebendigen Behausung, die Medien, die als Baumaterial in Frage kommen analysiert und im Labor untersucht. Mir geht es hierbei in erster Linie um die Einfachheit der Idee – alles geschieht scheinbar von selbst. Die Natur wächst und breitet sich weiter aus. Wir kommen nur als Dirigent ins Spiel.

Demgemäß ändert sich die **Rolle des Architekten**, Hannes Meyer lässt grüßen. Der entscheidende Faktor, den Sie sich sicher selbst vorstellen können ist – die Zeit. Ich werde versuchen, anhand bereits existierender Projekte einiger Gärtenmeister und Botaniker, dieses **Zeitphänomen** so nah an die Architektur zu bringen, wie es nur geht. Was sind die Vorteile einer Bauphase von mehreren Jahren, im Vergleich zu den Nachteilen?

Alle Erfahrungen und Regeln dieser Bauweise fließen in das Entwurfsprojekt ein – eine utopische pavillonartige Anlage soll entstehen. Diese beherbergt thermische, geschlossene Schlafeinheiten, Nasszellen, Versammlungszonen und Ausblicksplattformen. Ich versuche neben dem Kernpunkt des Themas, auch eine architektonisch attraktive Palette an diversen räumlichen Möglichkeiten anzubieten. Diese Formensprache, die das Resultat meiner Ausbildung ist, wird weiterhin gepflegt und geformt – wie das Ergebnis meiner Abschlussarbeit. Dieses Projekt lebt und wächst immer weiter. Einen herkömmlichen Bauschluss und Übergabe wird es nicht geben.



The growing house



The entire space occupied by nature is truly charged emotionally. The forests, meadows and mountains glimmer in a special aura which is barely noticeable in the projects of our everyday lives. Here in nature, everything is done so quietly, so slowly, so apparently perfect - you can hardly grasp how nature works. It is the completion of a self-organization which is difficult for humans to achieve.

Nature is way older than humanity itself – for us it's familiar and yet at the same time, so unexplored. We as humans are able to invent and discover great things but we are unable to handle the consequences. This project is not trying to be "The answer" to our contemporary issues such as the production of plastics, recycling or global warming. It is an alternative way. A possibility, which is ironically so easy but at the same time so unexplored, even unfamiliar.

I will lead you through my master thesis where I ask myself the question - how it is to live in and with nature? What would a natural, living dwelling look like? How would this work out? Above all, what feelings are to be dealt with by the consumer to his living house?

This emotional context, this awareness of the matter is the essence of the project to me.

My concept centers around growing architecture where human beings only have limited intervention, but through targeted processes. In other words, Artwork should not be provided, where the audience is amazed about the pompous shapes and forms that force the material to the utmost. On one hand, this approach makes the concept a lot more conclusive, at the same time this architecturally sparing methodology supports the brilliant rules that dictate the nature. How exactly this happens, you will find out in this publication.

After a brief introduction to the vision of vital housing, the medium of building matter will be analyzed and examined in the laboratory. I am targeting the simplicity of nature. Everything in nature happens by itself; it grows, lives and continues to spread. We are only a conductor in this production. Thus changes the role of the architects, Hannes Meyer greets on that one.

The crucial factor that you can imagine by yourself is time. I'll try to bring this time phenomenon as close to architecture as it gets, basing it on existing projects by gardeners and herbalists. What are the benefits of construction periods of several years compared to the disadvantages?

All experiences and rules of construction tiles into the project - a utopian pavilion-like plant will be cultivated. The project will include enclosed sleeping and sanitary units as well as meeting areas and outlook platforms. I will attempt to resolve the crux of the concept by offering a range of attractive and spatially diverse possibilities. This design, which is the result of my education will continue to grow and be shaped as the result of my project. This project is alive and continues to grow. A conventional construction phase ending and takeover from the investor will not happen that way.



Abb. 3

Im Gegensatz zu einem, von menschenhand erschaffenen Gebäude, lebt die Natur von Jahreszeit bis Jahreszeit, von Exemplar zu Exemplar unterschiedlich. Man spürt die Veränderungen über die Monate wie über die Jahre.

Hintergründe

Für nun so viele Jahre leben wir in und mit der Natur. Lange bevor es den Menschen überhaupt gab, war die Natur schon da. Als einziges Lebewesen das aus ihr entstand und die Fähigkeit zum Denken besitzt, verändert der Mensch das Bild der Natur mehr und mehr. Wir sind sogar in der Lage, künstliche Stoffe zu erzeugen, aus denen dann Produkte herzustellen, die wir letztendlich der Natur wieder zurückgeben. Meist mit ungewolltem Ergebnis und Nebenwirkungen. So lange nun baut der Mensch mit Materialien, die, künstlichen oder natürlichen Ursprungs, in beliebige Formen und Stoffe ausarbeitet werden. Wir sind so gut darin, Dinge zu erfinden, uns die Welt anzupassen – jedoch ist uns die Fähigkeit, nachhaltig mit unseren Gaben umzugehen fremd. Das Resultat unserer Gier lässt sich langsam aber sicher im Gesamtbild unseres Planeten spüren.

Mein Ziel ist es, durch diese Arbeit wenigstens einen Denkanstoß auf eine **alternative Bauweise** anzubieten. Dies geschieht, für unser Verständnis, auf einer utopischen Basis – Sie werden aber feststellen, dass diese Utopie sehr nah an unsere Haltung und Sichtweise anbindet. Wichtig ist mir, dass zwischen dieser Utopie und unserer alltäglichen Lebensweise lediglich nur unsere zeitgenössische Denkweise steht. Es war mir von Anfang an wichtig, das Projekt im Rahmen meiner Abschlussarbeit, auch mit den heutigen Bauverfahren und Möglichkeiten herstellen zu können.

Nur so kann eine Utopie funktionieren – unsere Denkweise ändert sich gemäß der äußerlichen Gegebenheiten und Entwicklungen, die Methodik aber steht bereit. Sie wartet nur darauf, von uns weiter optimiert und erweitert zu werden.

Die Materialien die wir heute verwenden sind meist **industriell gefertigte** Endprodukte. Endprodukte, die so gesehen eine Meisterleistung der Ingenieurskunst sind, an denen man aber weiterhin fleißig forscht. Man entwickelt neue Stoffe, optimiert Prozesse zwischen ihnen, mehr und mehr einem nachhaltigen Gedanken folgend. Auch wenn wir sehr gerne andeuten, dass Holz und Stein die Urform der Baumaterialien schlechthin sind, bin ich der Meinung, dass auch diese Produkte durchaus eine beachtliche Wandlung durchlebt haben. Die Fähigkeiten und Möglichkeiten dieser Materialien wurden auch auf das Äußerste untersucht und ausgereizt. Mit deren ursprünglichen Verwendung haben diese Materialien generell eher wenig am Hut. Dieser technische Fortschritt inspiriert uns natürlich eine noch spektakulärere Architektur zu betreiben. Meist suchen wir für unsere Werke, typologisch betrachtet, ähnliche Beispiele, untersuchen wie und auf welche Art etwas an einer anderen Stelle funktioniert. Hierbei sei das Phänomen der Bionik interessant, wo man

schnell gemerkt hat, dass uns die Natur bei vielen Ideen bereits zuvorgekommen ist. Man stellt fest: die Prozesse, die sich in der Natur abwickeln, sind ineinandergreifend überaus optimiert. Prozesse, die wir Menschen wohl schwer nachmachen können.

Wie wäre es, mit **lebenden Materialien** zu bauen, anstatt mit überarbeiteten Endprodukten? Welche Materialien/Arten kommen dabei in Frage? Wie würde ein lebendiges Haus aussehen? Mich leitet hierbei vor allem der Gedanke: „Man lebt in seinem Haus, und das Haus lebt mit seinem Bewohner mit“. Man stelle sich vor, was wir für unsere eigenen Haustiere empfinden, weil wir tagein tagaus mit ihnen leben, mit ihnen viele kleine Geschichten teilen. Alleine durch das Miteinander entwickeln sich Gefühle der Zuneigung, Gefühle die man auch architektonisch, zu seiner eigenen Wohnung, zum Beispiel, empfindet.

Um diese **Emotionen** geht es mir – man stelle sich vor, man schläft in einem Haus, welches man selber gezüchtet hat. Jeder Teil einer Einheit ist ein Unikat, selbst die Einheiten zueinander.

Die Idee, die ich in dieser Arbeit untersuche, ist sehr einfach, doch aber spärlich erforscht. Die Intention besteht darin, diese Einfachheit durch das ganze Projekt beizubehalten, gleichzeitig aber an Kernpunkten detailliert einzugreifen und diese zu untersuchen. Die Prinzipien, die eine wachsende Architektur erst ermöglichen, sind uns allen bekannt.

Es sind die Abläufe, die uns **Mutter Natur** seit jeher vorgibt – die Geburt, das Wachstum, die Fortpflanzung und der Tod.

In der folgenden Arbeit werden wir uns relevanten Fragen um lebendige Materialien widmen. Wir werden essenzielle Prozesse untersuchen und anhand eines architektonischen Projektes alles im Detail erläutern.

Manche biologischen Arten sind evolutionsbedingt für diese wachsende Architektur besser geeignet als andere, hierbei geht es mir in erster Linie um das Reich der Pflanzen und das Reich der Pilze.

Im Laufe meiner Recherche habe ich mich für zwei Hauptakteure für mein Haus entschieden – Bäume und Pilze. Die Stabilität und Schlankheit der Bäume eignet sich perfekt für die Primärkonstruktion der Behausung. Die Pilze dagegen, mit ihrer flächigen Ausbreitung, sind ideales Füllmaterial, um auch geschlossene Zonen bilden zu können.



Räumliche Wirkung

- Abb. 4, oben.
Geschoßwohnbau, mein Zimmer

- Abb. 5. Natur, Silberweiden am Fluss

Beide Abbildungen im Oktober 2015 aufgenommen

Abb. 6, Hintergrund - emotionale Aufladung
eines Waldraumes im Winter

Geschichtlicher Rückblick

Wie bei so vielen Konzepten rund um die Architektur, gab es schon Menschen vor uns, die sich ähnliche Gedanken stellten, auf ähnliche Probleme eingingen, ihr Leben der Erforschung eines Themenschwerpunktes widmeten.

Die Idee, eine Architektur züchten und wachsen zu lassen wurde auch schon früher aufgegriffen. An die Werke im diesen Kapitel beschriebener Menschen möchte ich mit meiner Arbeit anknüpfen. Ohne sie wäre mein Projekt in diesem Umfang nicht möglich.

Um 1516 entstand ein Ölgemälde von Jean Perréal, einem französischen Künstler und Architekten, wo man bereits Anzeichen von einer Formgestaltung an Pflanzen findet. Einige Jahrhunderte später, um 1900 arbeiten bereits erste Botaniker mit dem Flechten von Weidenruten und der Formung von Pflanzen in gezielte Richtungen um stuhlähnliche Formen zu erreichen.

„Recht verbreitet ist inzwischen das Stecken von Weidenruten und Rutenbündeln zu Lauben, Laubengängen und ähnlichen Gebilden. (...) Noch wenig bekannt ist hingegen, dass sich durch Aussaat oder durch Pflanzung bewurzelter stamm- und holzbildender Großgehölze (...) in entsprechenden Zeiträumen aus Lauben geschlossene Gebäude formen lassen. Es ist oft ein beobachtetes Phänomen, dass gleichartige Ideen zeitgleich in unterschiedlichen Regionen auftauchen können, ohne dass die beteiligten Personen voneinander wissen.“ - Hermann Fritz Block über drei Pioniere der Gartenkunst, Wir pflanzen eine Laube, S 18

Block meint hierbei an drei Vorreiter, die nahezu zeitgleich am Anfang des 20. Jhds, unabhängig von einander anfangen, mit lebenden Gehölzen zu experimentieren. Es sind die Amerikaner John Krubsack, Axel Erlandson und der deutsche Botaniker Arthur Wiechula. Die Arbeiten Krubsacks und Erlandsons sind sogar heute noch zu bewundern. Erlandsons Platanskulptur ist, beispielsweise, im Freizeitpark „Gilroy Gardens“ zu besichtigen. Wiechula dagegen, war der erste, der seine architekturbotanischen Ideen auch vermarktet hat. Sein Buch, Wachsende Häuser, aus lebenden Bäumen entstehend, ist für diese Materie ein nützlich, dazu später ausführlicher.

Um 2005 pflanzte in Stuttgart ein deutscher Architekt, Dr. Ferdinand Ludwig, Weidenheister für die Ziele eines Projektes, auf dies auch ich aufmerksam wurde. Das Projekt mit dem Namen „Steg“ ist als eine Stahlplattform auf lebendigen Weidenstützen

konzipiert. Das Ziel ist es in einigen Jahren, die Plattform ohne Hilfskonstruktionen stabil halten zu können, wenn die Weidenstützen soweit durchwachsen sind. Ferdinand Ludwig gilt als Vorreiter der **Baubotanik**, einer neuen Richtung, auf welcher er an der Universität Stuttgart stets weiterforscht und neue Projekte entwirft. Im Unterschied zu meinem Vorhaben, haben seine Arbeiten keinen residentalen Charakter, es sind meistens Kombinationen von Pflanzen und Stahlelementen. Diese werden über Jahre auf Hilfskonstruktionen und Gerüsten gehalten, während ich den eigentlichen Ursprung meiner Idee in der Gartenarchitektur sehe.

Uns allen sind viele Beispiele von kleinen Gartenlauben bekannt, die man hinterm Haus auf einer kleinen Fläche angebaut hat. Oft schafft man sich dadurch kleine Rückzugsorte, Sitznischen, nicht selten auch Spielplätze für die eigenen Kinder. Ein herausragender deutscher Gärtenmeister,

Hermann Fritz Block beschäftigt sich schon die letzten 20-30 Jahre mit dem Thema der Gartenlauben. Durch seine unzähligen Arbeiten ist mir das ganze Thema erst zum Greifen nah geworden. Er schafft es, dieses wunderbare Phänomen, Bauen mit der Natur, auch sehr lebensfroh zu erklären. Sein Buch „Wir pflanzen eine Laube“ ist sehr empfehlenswert für eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Thema der Gartenlauben, welches sich eng an meine Substanz kuppelt. Die meisten Informationen, rund ums Thema der Anlegung und Fertigung der Gartenlauben, habe ich aus diesem Buch entnommen. Dieser Vorgang der Fertigung nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch, die um einiges den Rahmen dieser Abschlussarbeit sprengen würde, so war mir sein Lebenswerk sehr hilfreich um auch diese Prozesse zu verstehen.

Hauptsächlich ist bei **Gartenlauben** von geflechteten Weidenarten die Rede, wie z.B. der Dotterweide. Welche weiteren Pflanzenarten für eine lebendige Sichtschutze, Sitzplätze und Behausungen in Frage kommen wird später im Buch genauer erläutert. Zunächst aber werfen wir einen Blick auf die Eigenschaften und Prozesse der Natur, die das alles erst möglich machen.



Abb. 7. The Alchemist Talking with Nature,
Jean Perréal, 1516

Abb. 8. Ein Auszug aus Arthur Wiechulas Buch „Wachsende Häuser“, wo man seine Analysen zum Thema der lebendigen Architektur einsehen kann. Die Formen und Möglichkeiten, die er vorschlägt, widersprechen eher den Erfahrungen die ich gesammelt habe. Ich werde mich mit seinem Werk im Kapitel der Pflanzung noch genauer auseinandersetzen.

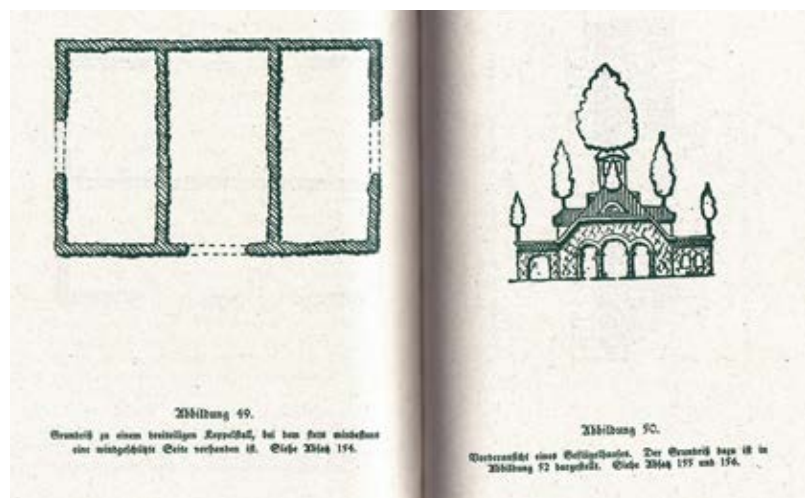
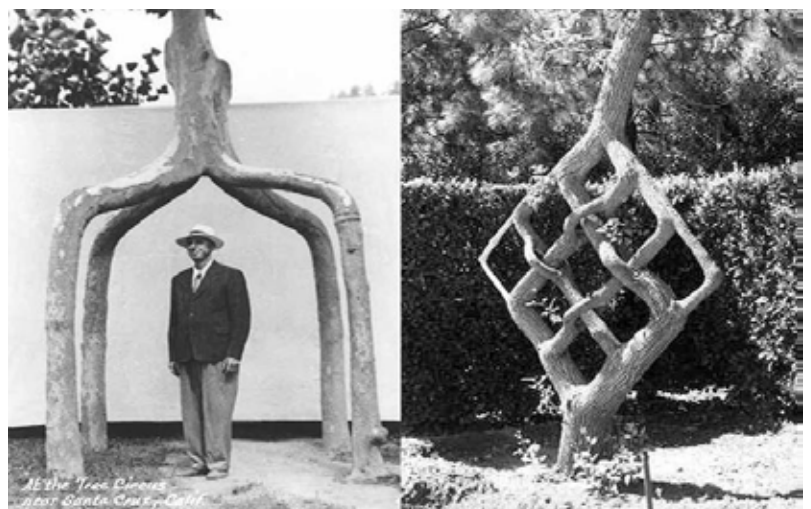


Abb. 9. Axel Erlandson (1884-1964), seine Arbeiten kann man heute noch in den Gilroy Gardens in Kalifornien bewundern. Diese Abbildung zeigt Erlandsons Ausstellung „Tree Circus“ aus 1947. Alle Bäume wurden ursprünglich auf seinem Grundstück in Scotts Valley, Kalifornien gepflanzt und schließlich 1977 nach Gilroy verlegt. Man stelle sich die aufwendigen Verlegungsarbeiten vor, dennoch haben alle seiner „Superpflanzen“ überlebt.



02 Trainierbare Tragwerke

Eine Superpflanze entsteht

Die wachsende Architektur hat im Gegensatz zur herkömmlichen Bauweise gewisse Vorteile, die wir nun genauer betrachten werden.

„Was nötig ist, um mit lebenden Gehölzen zu bauen, ist nicht nur ein Stückchen Erde unter dem Himmel, sondern auch viel Geduld, einen festen Willen, Mut, Phantasie und eine klare Vorstellung von dem, was machbar ist.“ – Wir pflanzen eine Laube, H. F. Block, S 6

Das Prinzip, das hier ausgenutzt wird ist sehr klar und einfach – in gezielt geführten Wachstumsprozessen positioniert und bringt man die Pflanzen dazu miteinander zu verwachsen. Dadurch entstehen Pflanzenverbände, die ähnlich wie Fachwerkträger funktionieren. Wenn zwei Pflanzen miteinander verwachsen, tauschen sie alle Stoffe gegenseitig aus, ergänzen sich in ihrer Nahrungsverteilung und wirken stärker aufkommenden Kräften entgegen. Man kann dadurch gezielt mehrere einzelner Pflanzen zu einem **„Superorganismus“** bringen. Man beobachtet Verwachsungen in der Natur immer da wo zwei Äste einer gleichen Baumgattung unbewegbar nebeneinander, für eine gewisse Zeit, gedrückt sind. Laut meinen Recherchen, je nach Baumart, kann dies bei loser, natürlicher Berührung, 10-15 Monate in Anspruch nehmen. Je länger man die Pflanzen unbewegt aneinander hält, umso stärker die Verbindung. Baumarten die eine dickere Rinde bilden und weniger Säfte im Stamm führen, brauchen mehr Zeit als „leichtere“.

Verantwortlich für diese Eigenschaft der Pflanzen ist das sog. **Kambium**. Diese feine Schicht befindet sich direkt unter der Rinde, oberhalb vom „Holz“. Das Kambium ist für das Dickenwachstum einer Pflanze zuständig. Man kann zwei Pflanzen miteinander verbinden, in dem das Kambium einer Pflanze mit dem Kambium einer anderen zusammenverwachsen. Indem wir Äste ein wenig einschneiden, um dieses Kambium zu öffnen, kann man diesen Prozess beschleunigen.

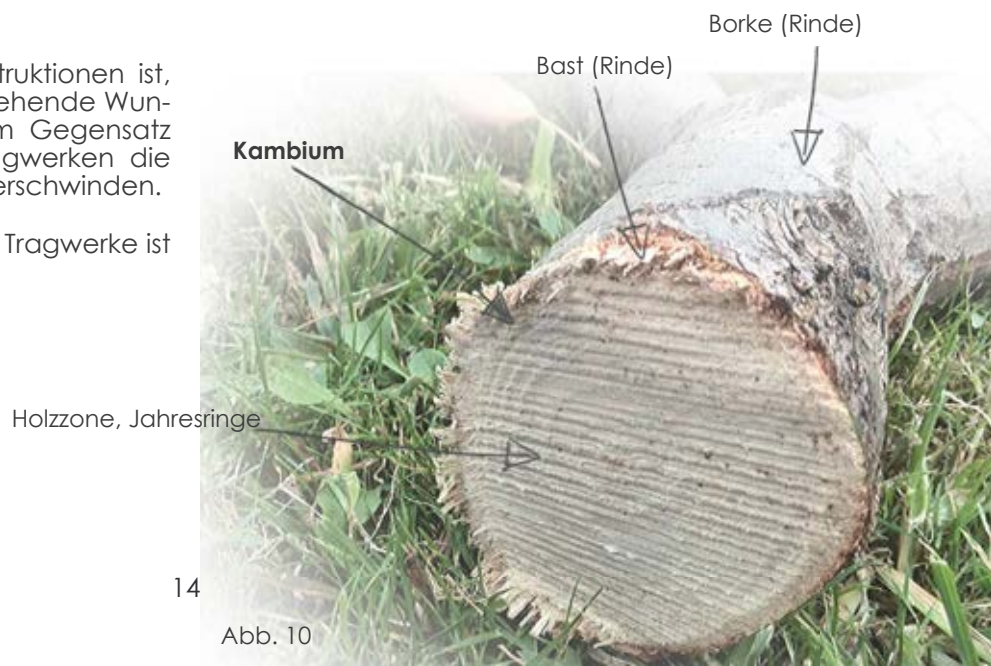
Ein weiterer Vorteil von Pflanzenkonstruktionen ist, dass diese mithilfe des Kambium entstehende Wunden an der Rinde heilen können. Im Gegensatz dazu, werden bei gewöhnlichen Tragwerken die entstandenen Risse nicht so einfach verschwinden.

Die vielleicht größte Stärke lebendiger Tragwerke ist ihre **Trainierbarkeit**.

Man trainiert die Pflanze von klein an, Lasten entgegen zu wirken. Schrittweise baut der Baum an diesen Stellen mehr Stammholz an, die Zellwände stärken sich und die Einheit wird fester und stämmiger.

Interessant ist es zu beobachten, wie die Abtragung und **Lastverteilung** abgewickelt wird. Als überarbeitetes Holzprodukt, wird ein Holzbalken auf eine gänzlich andere Art und Weise beansprucht, als wie das die Natur mit dem Baum vorgesehen hat. Wir wissen von den Eigenschaften von Holz, dass es Lasten in Faserrichtung nahezu zwei Mal besser aufnehmen kann als in quer dazu. Man denke aber dass diese Fasern auch zerstört werden, und zwar an jeder Stelle, wo man die Holzbalken abscheidet. Nun stelle man sich vor, wie ein Baum, durch all seine Auflager (Wurzelsystem) den Lasten trotzen kann. Pflanzen sind viel elastischer als die gängigen Produkte die wir aus dem Bauwesen kennen, vor allem wenn es um die Primärkonstruktion geht. Tests zur Verformbarkeit der Pflanze unter Horizontallasten habe ich selber an einem kleinen Baum durchgeführt (S 68).

Man muss sich auch ein Bild vom Wachstumsvorgang machen. Dieser natürliche Vorgang wird schließlich mit dem Produktionsprozess von Holz verglichen. Während man bei der Holzherstellung Energie für Verarbeitung, Transport, etc. anwenden muss, haben wir bei lebenden Tragwerken einen ganz anderen Vorgang. Statt Energie zu verbrauchen, kann hier sogar von **Energiegewinnung** die Rede sein – z.B. durch das Entstehen von Holz. Auf alle Fälle ist die Energiebilanz positiv. Ein wichtiger Punkt ist, dass keine Rohstoffe verbraucht werden, im Gegenteil, es entstehen neue. Kohlendioxid wird nicht produziert, es wird im Prozess der Photosynthese in den Pflanzen gebunden und in Sauerstoff umgewandelt.



„Bäume sind in der Lage, ihre Gestalt an auftretende Belastungen und Umweltbedingungen anzupassen. Dabei werden durch den Gencode des Baumes nur wenige und recht einfache Wachstumsregeln vorgegeben“ – Lebende Bauten, Baunetzwoche #15 2007

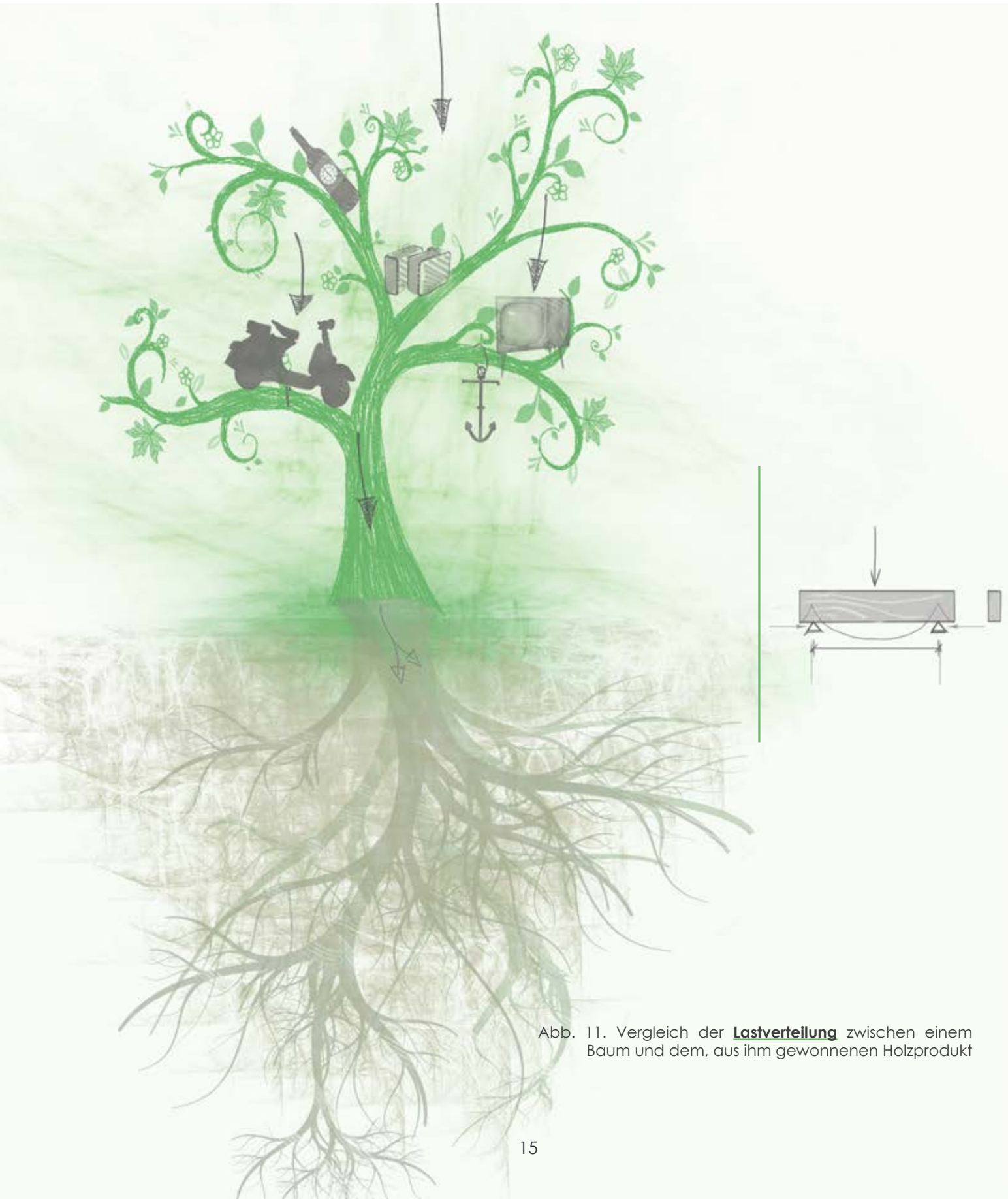


Abb. 11. Vergleich der **Lastverteilung** zwischen einem Baum und dem, aus ihm gewonnenen Holzprodukt

Abb. 12. Der Baum als ein selbstorganisierter Produzent. Neben der lebenswichtigen Photosynthese betrachten wir auch andere nützliche Prozesse, wie die Verdunstung (Transpiration). Durch diese Verdunstung von Wasser über die Pflanzenhaut erreicht man eine natürliche Abkühlung während der Sommermonate in einer Pflanzenhütte. Des Weiteren bietet ein Baum im Sommer eine natürliche Beschattung, während im Winter mehr Licht und Wärme durchgelassen wird.

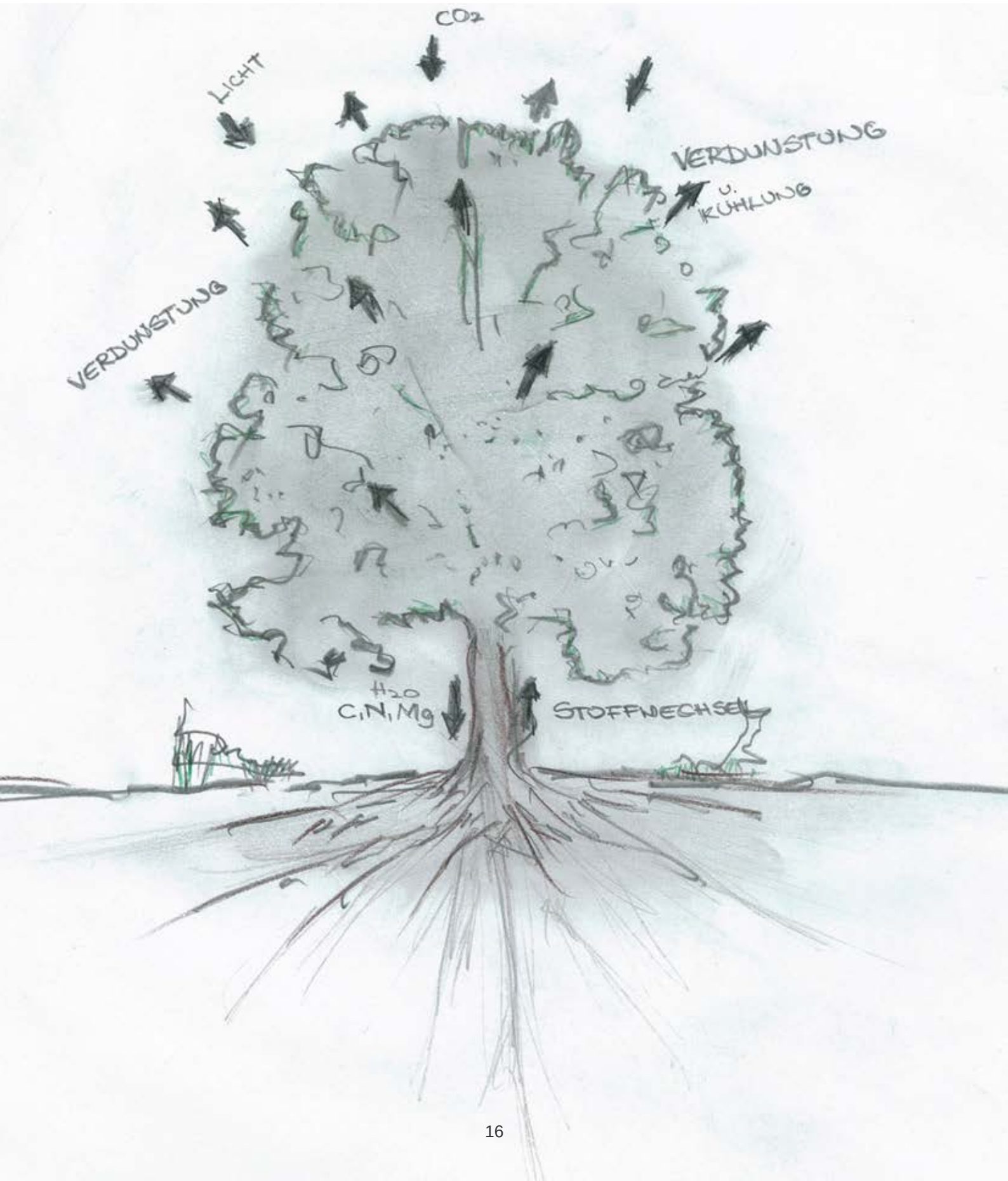


Abb. 13. Eine natürliche Kreuzverwachsung, von zwei Ästen unterschiedlicher Pflanzen einer gleichen Gattung. Die dargestellten Querschnitte mit einem Durchmesser von 3cm kann man nach etwa 3 - 3,5 Jahren von der Anpflanzung erwarten (Silberweide). Die oben abgeschnittenen Äste zeigen einen schrägen Winkel an, um eine Wasseransammlung und ev. Schäden dadurch zu verhindern. Dieser schräge Winkel ist in der Pflanzenhütte, auch bei anderen Pflegearbeiten wichtig.

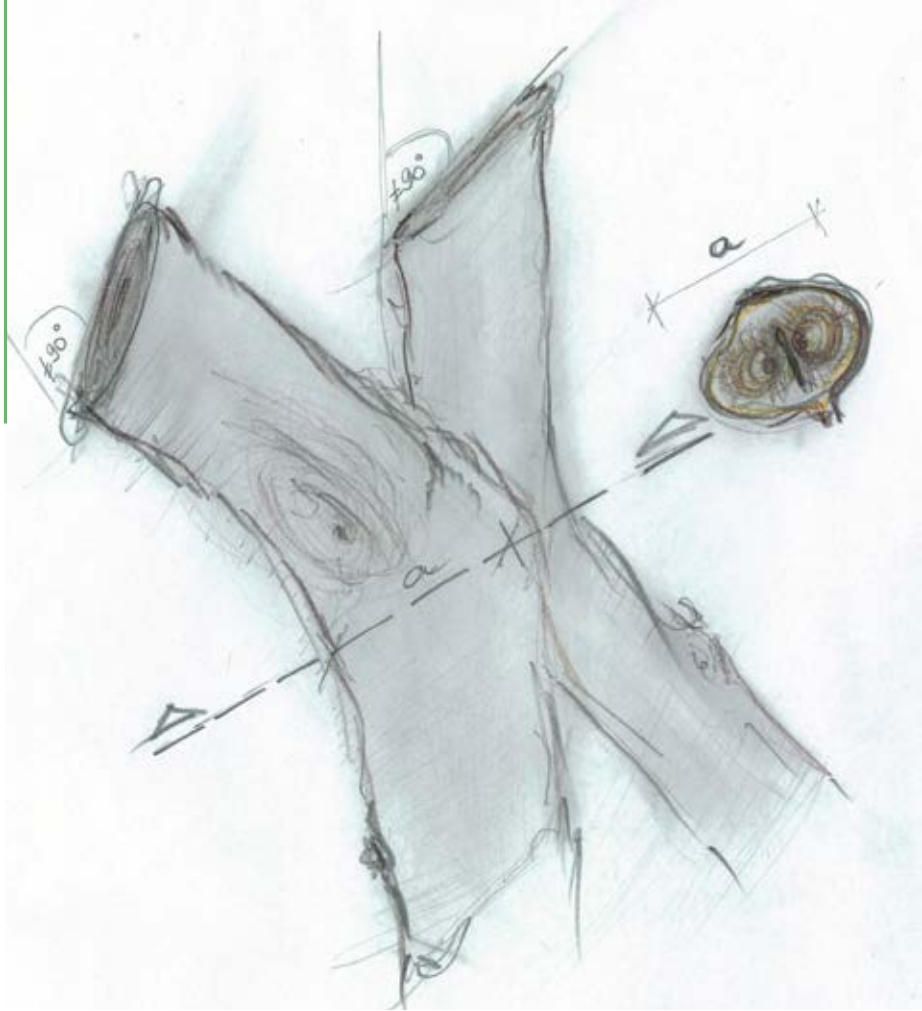
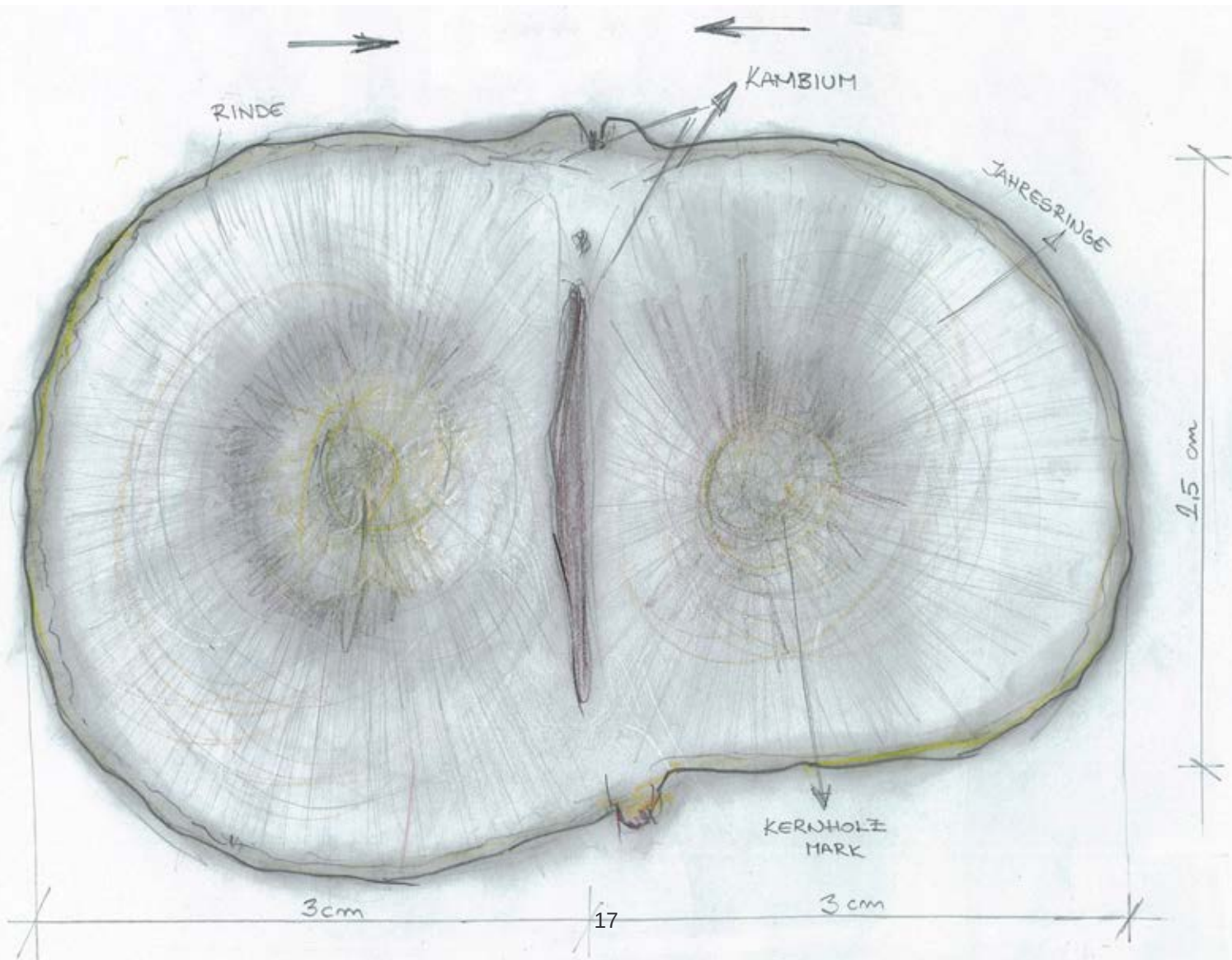


Abb. 14. Der Verwachsene Querschnitt, vergrößert herausgezeichnet. Nach und nach wird der innere, starre Teil, der früher mal die Außenhaut der Äste bildete, verschwinden. Man kann gut beobachten, wie sich die Pflanzen eher von Außen hin, durch die Kambiumschicht verbinden.

Durch die Verbindung ergänzen sich die beiden Pflanzen gegenseitig im Stoffwechsel. Schließlich beginnen sie als ein Organismus zu wirken.





Reaktionen auf einkommende Windbelastungen Baum vs. Gebäude

Abb. 15,16. Verhaltensweisen von Baum und Gebäude unter Einwirkung einer gleichen Windlast.

Allein durch einen Spaziergang im Wald merkt man wie unterschiedlich sich die Natur im Gegensatz zu unseren Bauwerken, unter Windeinfluß, verhält. Bäume sind fähig, durch ihre Elastizität und Verformungen viel stärkere Horizontalkräfte bei gleicher Schlankheit aufzunehmen, wie die, von Menschen erschaffenen Bauten.



Quält man die Pflanze?

Eine durchaus logische Frage, die man sich spätestens jetzt stellen würde ist, leiden die Pflanzen dadurch? Zwingt man sie, in ungewollte Lagen? Engt man sie ein, so dass sie keine Luft zum atmen haben?

Ein Szenario zu schaffen, in dem Mensch und Pflanze in einer Symbiose leben, wo der Mensch die Pflanze pflegt und diese ihm Unterschlupf bietet, ist meiner Meinung eine Wohltat. Wenn man sorgfältig mit seinen Bauten umgeht, sieht man ihr Wachstum als Resultat von Gesundheit und Wohlergehen an. Denken Sie an einen geübten Botaniker, der nahezu jeden Tag in und mit seiner Baumstruktur verbringt, wie wichtig ihm eine starke und nahrhafte Pflanze ist. Ich finde, dass es einen maßgeblichen Unterschied macht– man beansprucht die Pflanzen Etappenweise, über eine gewisse Zeit hin. Das umstrittene Thema, ob Pflanzen überhaupt Gefühle besitzen können, will ich hier gar nicht anfangen. Um Ferdinand Ludwig zu zitieren:

„Dem Baum ist es egal, ob er Blätter trägt oder ein Auto - solange er genügend Blätter hat, um seine Lebensfunktion aufrechtzuerhalten.“ - Willst mich pflanzen? Der Standard.at 2009 <http://derstandard.at/1244116957208/Willst-mich-pflanzen>

Man kann auch argumentieren, dass die Bäume im freien Wuchs im Wald viel mehr Platz haben, als in so einem Verband wachsend – denken Sie bitte an Waldgebiete, wo der Blättergehalt der Bäume lediglich an einer Stelle konzentriert ist. Dies hat zur Ursache, dass andere Bäume zu Nahe stehen und die Blätter kein Sonnenlicht abbekommen, der Baum lebt und wächst aber ganz normal weiter. Diese Anpassungsfähigkeit ist auch hier von großer Relevanz. Wir wissen, im Wald werden Bäume nur gequält, wenn wir sie fällen. Außerdem ist in solchen Lauben die Bodenqualität viel günstiger, da der Boden wird mehr gedüngt, wenn wir vor haben, eine Laube zu züchten.



Abb. 17,18. Ein hingestellter Balken in einem Waldgebiet, Deutschland, Oktober 2014. Akte solcher Art helfen uns, sich bildlich vorstellen zu können, was alles hinter so einem Produkt steht. Man kann sich vorstellen, dass nicht nur lokal, die Pflanze „gequält“ wird, sondern in einem globalen Ausmaß auch die Atmosphäre unter der wir leben.



*„Der Versuch des Menschen, die einmal gesägten
Bretter mit Nägeln oder Leim zu etwas Neuem zu
verbinden, mutet angesichts der High-Tech-Anbin-
dung eines Astes am Baum ziemlich plump an.“ –
Lebende Bauten, Baunetzwoche #15 2007*

Abb. 19,20. Produktionsprozess - Natur vs. Mensch



03 Die Pflanzenart

Möglichkeiten ...

Betrachten wir nun die Eigenschaften der Verwachsung nach der Pflanzengattung. Generell kann man Verwachsungen bei zwei gleichen Pflanzenarten erwarten, was auf den Kambiumgehalt, Säftetransport und andere gattungsspezifische Charakteristiken zurückzuführen ist. Ich werde Sie nun durch einige, zum Flechten geeignete, Arten führen. Für eine lebende Behausung sind Nadelbäume in der Regel nicht geeignet. -Bei Laubbäumen wird hierbei zwischen klein- und großkronigen Arten unterschieden.¹

Bei **kleinkronigen** Bäumen, die Höhen zwischen 7 und 13m und einen Kronendurchmesser von 7m erreichen können, sind die **Hainbuche** (*Carpinus betulus*), Roterle (*Alnus glutinosa*) und die Sandbirke (*Betula pendula*) nennenswert.

Von **großkronigen** Bäumen (Höhen zwischen 20 – 30m, Kronendurchmesser bis 7m) sind folgende Arten interessant: Silber Weide (*Salix Alba*), Kiribaum (*Paulownia tomentosa*), Bergahorn (*Acer pseudo-platanus*), Winterlinde (*Tilia Cordata*)

Charakteristiken der jeweiligen Pflanzenart aufzulisten ist in dieser Publikation nicht vorgesehen. Wichtiger ist zu betrachten, dass auch diese Richtwerte, die für die Höhe und Kronendurchmesser angegeben werden, in einer lebendigen Behausung nicht erreicht werden. Diese „Superpflanze“, ein Verband aus mehreren Einheiten, kann die Höhenwerte eines auf der Wiese wachsenden Baumes nicht erreichen. Uns sind hierbei andere Werte wichtig, eine Höhe von 30 Metern ist meiner Meinung nach eher irrelevant und sinnlos. Eventuell kann man davon ausgehen, dass das Dickenwachstum nicht im selben Maße gemindert ist, wie der Höhenwuchs. Auch hier muss man sich im Klaren sein, dass durch das Dickenwachstum, wenn auch bedingt, die Innenräume unserer Behausung von Jahr zu Jahr enger werden. Diese Eigenschaft des lebendigen Hauses kann man sich auch zu Nutze machen – indem man von vornherein plant, wie sich durch das Einwirken der Zeit, verschiedene Funktionen ändern und in andere Richtungen bewegen können.

Architektonisch interessant wäre es verschiedene Arten an strategisch wichtigen Punkten in unserer Anlage zu platzieren. Dadurch würde die Haptik, die Wahrnehmung und der Duft der ganzen Anlage noch um einiges gesteigert werden.

Bei Kombinationen, und allgemein bei der Pflanzung sollte man auf die Geschwindigkeit im Höhenwachstum achten. Bambusholz wächst in der Tat

sehr schnell, ist für Flechtarbeiten aber kaum geeignet. Des Weiteren ist der Reiz, heimisch vorkommende Gehölzer einzusetzen auch ein sinnvoller, denn in unseren Breitengraden wachsen eben nicht alle Pflanzenarten.

Eine Behausung aus Weidenpflanzen würde, z.B. schneller anwachsen als eine die aus Feldahorn gepflanzt wurde. Dazu würden die Verbindungen die Feldahorn Pflanzen bilden stärker anwachsen. Die Behausung würde um einige Jahre länger leben. Der Unterschied besteht auch beim benötigten Lichtgehalt, einer entsprechenden Bodenzusammensetzung. Weitere, pflanzenspezifische Details können Sie in Blocks Buch nachschlagen.

Sie sehen, wie weit dieses Netz von Vor- und Nachteilen ausgebreitet ist. Die Planung eines lebendigen Hauses ist wohl von essentieller Bedeutung, obschon es sich hier um etwas Wachsendes handelt. Die Rolle des Architekten verändert sich zwar, der Arbeitsaufwand wohl kaum. Man sollte zuerst wissen, für was und wo genau man seine Hütte anbauen will. Ist einem die Langlebigkeit, die Geschwindigkeit oder vielleicht die Farbe der Blüten, etc. wichtig?

In meinem Projekt waren mir die Geschwindigkeit und die Anpassbarkeit der Pflanze von großer Bedeutung. Der Grund hierfür ist, dass ich das Vorhaben als eine Art Pilotenprojekt betrachte, das als erste gepflanzte Anlage auch nicht sehr empfindlich sein soll. Empfindlich den äußerlichen Bedingungen gegenüber, wie auch der Ungeschicktheit der Planer, die noch nicht so viel Erfahrung haben mit lebenden Strukturen haben.

Die am wohl am schnellsten wachsende Pflanzenart, geeignet für unser Vorhaben, ist die **Paulownia** (deutsch Kiribaum). Diese Art, ursprünglich aus Ostasien, wird seit einigen Jahren auch in Deutschland, als Nutzholz angebaut. Der Grund dafür ist, neben den guten Werten bei Abbrennung (Energiegew.), Härte, Möbelproduktion, eine sehr schnelle Wachstumsgeschwindigkeit. Von einem eingepflanzten Stämmchen, wird in einem Jahr ein über 2m großer Baum, nach 12 Jahren erreicht sein Stamm ein Durchmesser von 40cm.² Optisch ist seine Blüte interessant, die nach etwa 3 Jahren den ganzen Baum in rosa Tönen strahlen lässt. Da diese Art noch relativ jung und unbekannt in unseren Breitengraden ist, wird sie in diesem Projekt nur eher eine gestalterische Nebenrolle spielen. Die Möglichkeiten die sie aber bietet, sind nicht zu ignorieren.

¹ Details zu Pflanzenarten und Verwachsungsmöglichkeiten, aus Wir pflanzen eine Laube, H.F.Block, Verlag Ökobuch, 2. Auflage, 2014, S 24, 25

² Lt. Allin Gasparian, We-grow Geschäftsführerin in einem Ecoreporter Interview

Abb. 21. Kiribaum, (*Paulownia tomentosa*). Ein kleiner Sämling, angepflanzt, wächst in nur einem Jahr bis zu 2m hoch. Das abgebildete Exemplar ist 7 Monate alt und ca. 1,60m groß



Abb. 22. Die Hainbuche (*Carpinus betulus*) stellt eine weitere gute Lösung für eine wachsende Architektur dar. Obschon sie langsamer wächst, als die Silberweide, oder der Kiribaum, sind ihre Verbindungen viel stärker. Es dauert etwas länger, um Verwachsungen zu züchten, diese sind dann um einiges stabiler, da diese Pflanze eine härtere Kruste hat. Diese Abbildung zeigt eine 7-8 Jahre alte Pflanze.



Abb. 23. **Silberweide** (*Salix Alba*) ist der Hauptakteur für die Primärkonstruktion in meinem Projekt. Eine sehr anpassungsfähige, schnellwachsende Pflanze, benötigt i.d.R. die Nähe zum Wasser. Durch den hohen Säftegehalt im Stamm heilt die Pflanze ihre Wunden schneller, kann ihre Gestalt besser an aufwirkende Kräfte anpassen. Diese Pflanzen im Bild sind mehrere Jahre (10-12) alt.



Meine Salix alba

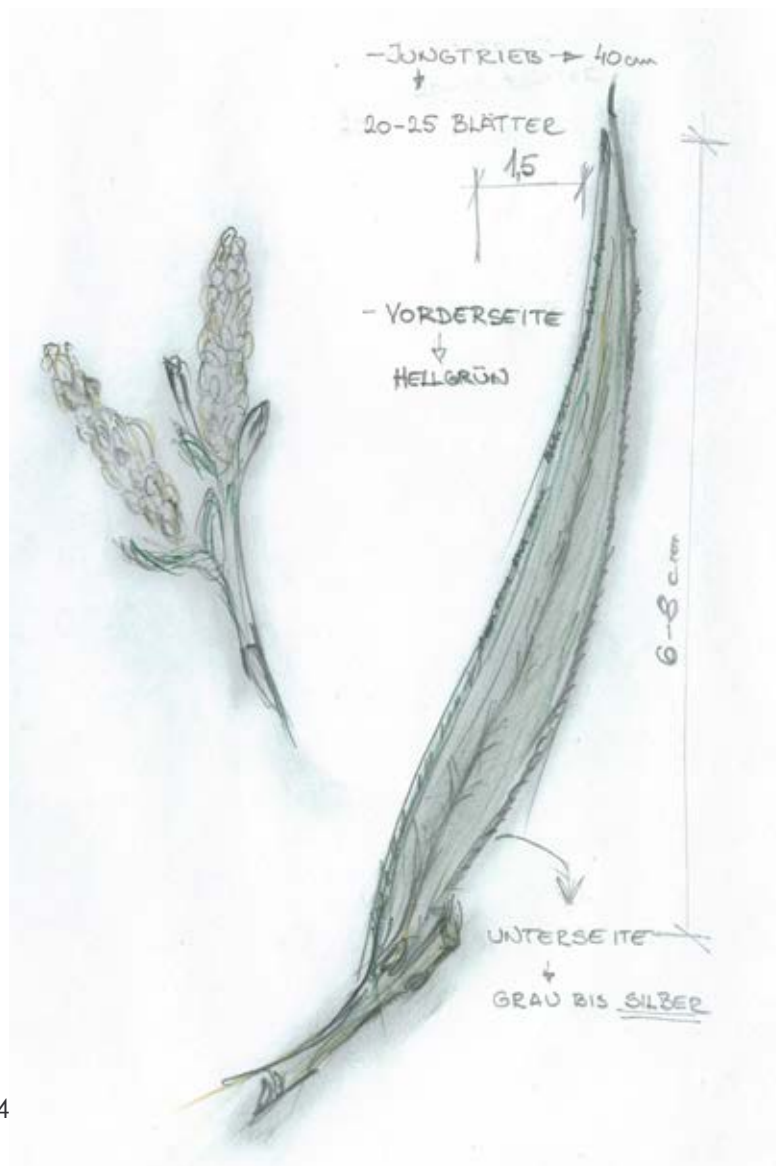


Wegen der zuvor genannten Gründe, also schnelles Wachstum kombiniert mit guter Anpassungsfähigkeit, habe ich mich für die Silberweide für mein Projekt entschieden. Ihren Namen hat die Pflanze von den etwas silbrig wirkenden, schmalen und spitzen Blättern. Die **Silberweide** ist fast in ganz Europa verbreitet (mit Ausnahme von Skandinavien), bis auf eine Höhe von um die 800-900m über dem Meeresspiegel. Da Weiden generell einen sehr saftigen Stamm haben, können ihre Wunden schneller zuwachsen, sie bildet schneller neue Äste und ist insgesamt sehr wasserreich. Dies hat zur Regel dass diese Pflanze eher in Wassernähe lebt – unterirdische Wasservorkommen miteingeschlossen.

Ich habe einige Weiden in meinem Garten angepflanzt um sie im Laufe dieses Projektes selber untersuchen zu können. Anhand einiger habe ich Verbindungen ausprobiert, anhand anderer wiederum die Anwachsbarkeit. Die Weide kann man sehr leicht anpflanzen (in fast allen Monaten) – man kann theoretisch auch kleine Äste, nach einer Woche im Wasserbad, in den Boden stecken und aus denen wachsen neue Pflanzen heraus. Dies ist ein erheblicher Vorteil auch anderen Pflanzenarten gegenüber. So muss man diese im Gartencenter vorbestellen und kaufen, transportieren und lagern – Silberweiden hingegen nur „pflücken“ und erneut anpflanzen. Die Kosten für andere Arten sind hierbei nicht astronomisch hoch, dennoch ist der Unterschied spürbar. Kleine Ahorn-, Lindensämlinge kosten im Gartencenter um 1,-€. Eine teure Gehölzart, wie z.B. Rotahorn kann schon mal 25,- € kosten³. Weidenruten, in anpflanzbarer Größe würden zw. 0,80 und 1,20€ kosten⁴. Die Kostenberechnung für unsere Hütte wird symbolisch, am Ende des Buches angeführt.

Der bevorzugte Boden der Silberweide, auch wenn sehr **Anpassungsfähig**, ist ein feuchter, nährstoffreicher und sandiger Boden. Bei meiner Pflanze wurde zusätzlich, zur Blumenerde eine mittlere Menge Sand miteingemischt, im Verhältnis 70 : 30 – Erde zu Sand. Der genaue Ablauf der Pflanzung, Wartung und Formung wird im Kapitel der Pflanzung beschrieben.

Abb. 24. Analyseskizzen der Silberweide. Links sind zwei weibliche Kapsel Früchte abgebildet, rechts ein charakteristisches, lanzettförmiges Blatt mit seinen Abmessungen und der Anzahl/Häufigkeit auf einem Ast. Die Blätter selbst sind wechselständig angeordnet.



³ Wir pflanzen eine Laube, H.F.Block, Verlag Ökobuch, 2. Auflage, 2014 S 31

⁴ Weidenshop, Preise für Silberweiden <http://www.weidenshop.at/weidenruten/silberweide.htm> abgerufen am 30.09.15



Abb. 25.
Blick aus einer Silberweidenkrone hin zu einem Fluss. Eine ähnliche räumliche Wirkung ist auch von den Terrassen des lebendigen Hauses denkbar. Die jungen Triebe sind ca. 1 Monat alt. Der Silberweide ist die Wassernähe von großer Bedeutung. Für uns Menschen wäre das Leben in solch einer Kulisse Neuland, in der Tat eine Bereicherung.

Eigener Pflanzenversuch 1 - „Verwachsungen“ 10. April 2015

Abb. 26. Untersuchungen der Verbindungsarten an einer Weidenpflanze die ich in einen Blumentopf gepflanzt habe. Zwei Pflanzen wurden in den Blumentopf gepflanzt und ein Paar weitere direkt in die Erde. Einerseits war es wichtig zu sehen, mit welcher Geschwindigkeit sich die Pflanzen entwickeln, wann verlangsamen sie sich? Durch das Experiment stellt man fest dass die, direkt in die Erde eingepflanzten nahezu doppelt so schnell auswachsen.



Abb. 27. Die vier Weidentriebe aus dem Blumentopf sollen zu je zwei Paaren zusammenwachsen. Für eine Verbindung werden die Gehölzer leicht eingeschnitten, für die andere nur aneinander gebunden.



Abb. 28. Der Einschnitt erfolgt nur flach, um das Kambium einer Pflanze an das Kambium der anderen anzuschließen.



Abb. 29. Die Verbindung wird nun mit Maler-Kreppband zusammengeklebt. Wichtig ist, der Pflanze ein wenig „Platz zum atmen“ zu lassen, die zwei Triebe nicht allzu hart zu verkleben. Da der Blumentopf teilweise überdacht gehalten wird war diese Art der Verbindung die einfachste. Alternativ können hierfür Seile oder spezielle Klammern verwendet werden.



Abb. 30. Die zweite Verbindung beruht auf loser Berührung, ohne Einschneidungen. Am besten dafür eignen sich spiralartige Formen die eine größere Haftungsfläche bieten.



Abb. 31. Nun legen wir uns zurück und überlassen der Natur die Arbeit - der Sommer fängt an und fürs erste, muss in die Pflanze nicht mehr eingegriffen werden.



08. Juli 2015

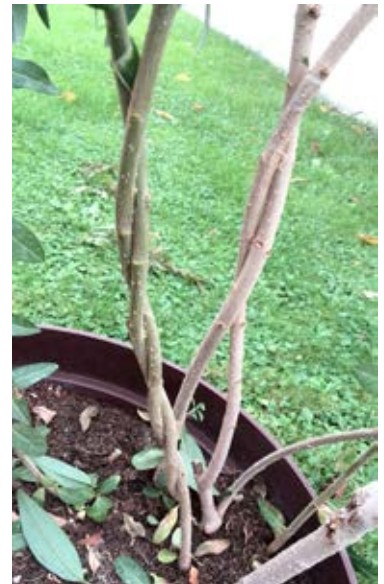
Abb. 32, 33. Ein ganz normaler Wartungstag - die Seitentriebe werden abgeschnitten um der Pflanze die Kraft wieder in das Dickenwachstum zu lenken.



23. September 2015

Abb. 34,35.

Pflegearbeiten an der Pflanze, die Triebe werden wieder abgeschnitten. Die einzelnen Pflanzen sind um einiges breiter geworden.



02. Oktober 2015

Abb. 36, 37. Die eingeschnittene Verbindung ist nun durch Kabelbinder befestigt. Hierbei wären farbige Kabelbinder viel praktischer, da man diese viel einfacher in einer Gesamtanlage erkennen kann. Die Verbindung selbst ist etwas härter geworden, ist aber in den 4 Monaten noch unzureichend durchgewachsen.



03. Oktober 2015

Abb. 38. Der letzte Tag meiner Untersuchung an der Topfplanze. Allmählich trifft der Herbst ein. Die Pflanze wäre für diese abgebildeten Arbeiten erst im Spätwinter bereit - vor der Frühlingsaison. Für die Bedürfnisse meiner Arbeit jedoch, war solch ein Zeitpunkt nicht möglich.



Abb. 39. Die drei Abbildungen zeigen Verbindungsarbeiten und verschiedene Möglichkeiten die durch eine geringe Anzahl an Heistern entstehen.



Abb. 40. Über die Wintermonate ruht die Pflanze, unsere Arbeit besteht lediglich darin, ab und zu die Verbindungen zu überprüfen - z.B. nach einem Sturm o.ä.



Eigener Pflanzenversuch 2 - „Laubwand“ 03.Mai 2015

Abb. 41. Mein zweites Pflanzenprojekt: Ziel ist es, die Anpassungsfähigkeiten der Silberweide auf die Probe zu stellen. Gleichzeitig soll eine kleine Laubenwand geformt werden.



Abb. 42. Die zuvor eingeschnittenen Äste von einem Silberweidenbaum, werden im zweiten Schritt aufgelockert. Dies ist nötig, um ein Gleichgewicht zwischen Blattmasse und Ast herzustellen.



Abb. 43. Noch am selben Tag habe ich diese Äste in einen Eimer voller Wasser eingestellt. Der Eimer stand eine Woche im Inneren, unter einer Terrassenverglasung.



10. Mai 2015

Abb. 44. Nach einer Woche Wasserbad schlagen aus Ästen die ersten Wurzeln raus. Ich war erstaunt, das einige großkronige Bäume so anpassungsfähig sein können - diese Fähigkeit kennt man üblicherweise nur von niedrigwachsenden Pflanzen die sich vegetativ vermehren.



11. Mai 2015

Abb. 45. Die Äste werden nun in einen bereits zuvor ausgegrabenen Graben schräg eingepflanzt. Details dazu im Kapitel der Pflanzung.



21. September 2015

Abb. 46. Aus den Ästen sind neue Pflanzen herausgewachsen. Von 9 Ästen haben 7 überlebt. Im nächsten Schritt werden die Pflegearbeiten durchgeführt.



23. September 2015

Abb. 47.

Die Struktur wird im ersten Schritt aufgelockert.



Abb. 48. Es gilt die Seitentriebe abzuschneiden - diese, die in die entgegengesetzte Richtung zur eigentlichen Laubenwand wachsen. Dadurch hat die Pflanze mehr Kraft sich in die für uns wichtigere Richtung auszubreiten.



Abb. 49. Arbeiten in der Natur und das mit solch einer Unterstützung ist ein sehr schönes Gefühl. Man hat nahezu alle Zeit der Welt um die Flechtarbeiten durchzuführen.



Abb. 50. Die fertig aufgelockerte Struktur wird nun an gezielten Stellen in eine rautenmusterartige Struktur verbunden. Die lineal dazu verlaufenden Seitentriebe können natürlich auch in die Struktur miteingebunden werden.



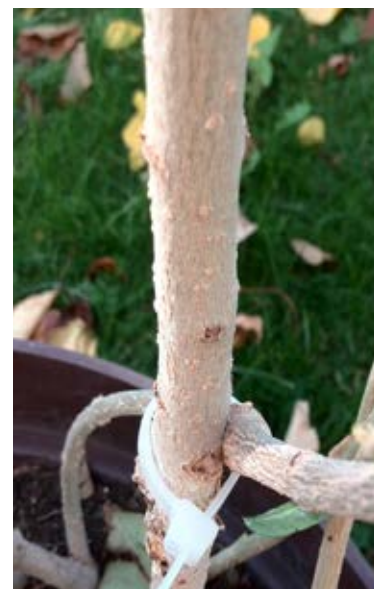
Abb. 51. Im Laufe der Arbeit merkt man ganz schnell, dass die Natur nach ihren eigenen Regeln arbeitet, und von perfekt geformten, geometrischen Mustern nichts wissen will. Dies auch zu recht - Arbeiten mit solchen Strukturen sind auch um einiges einfacher, weil man sich gewisse Spielräume erlauben kann. Diese Abbildung zeigt die letzten Flechtarbeiten in dieser Vegetationsperiode. Nun würde man bis zum Sommer warten, um weitere Bereiche zu gestalten. Man sollte die Struktur in den Wintermonaten ab und zu kontrollieren. Leider werden in meinem Projekt die schönsten Tage nicht erreicht - die Zeit wo man sich bewusst ist was für ein Werk man gezüchtet hat. Hierfür müsste man sich noch paar Jahre gedulden.



7. November 2015

Abb. 52, links - auch wenn im Spätherbst, die Weide schlägt neue Blätter aus den verflochtenen Ästen aus.

Abb. 53, rechts - der Verwachsungsversuch am letzten Tag der Dokumentation, höchstens ein Jahr von einer optimalen Stabilität entfernt.



04 Ein Naturwerk entsteht

Auch eine Gerade endet immer in einer Kurve

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Kernpunkt der Anlegung und Züchtung der Primärkonstruktion unserer lebendigen Behausung. Sie werden sehen, wie die Leichtigkeit der Gesamtidee mit der Praxis vor Ort sehr eng zusammen steht. Ziel ist es, Ausführungsinformationen nicht nur als lose Bedienungsanleitung, sondern viel mehr mit dem tatsächlichen Erlebnis vor Ort darzustellen. Wir bauen hier schließlich kein „0815“ Haus. Wie bereits erwähnt, habe ich mein Verständnis der Pflanzung und dem Anbau, unter anderem den Werken Hermann Blocks und Arthur Wiechulas zu verdanken.

Wiechulas Buch, Wachsende Häuser, enthält zahlreiche Skizzen (Abb. 8) und Anweisungen für diverse Nutzungen, sei es ein Pferdestall, ein Markthaus, eine Brücke oder nur ein Gartenhaus. Das Buch entstand in den 20-er Jahren des 20. Jhds, zu einer Zeit wo der Beton als Baumaterial mehr und mehr an Popularität gewann. Es war auch eine Zeit wo man in Österreich und vielen Ländern, Konzepte für Wohnraum für die Massen entwickelte. Dadurch kann man davon ausgehen, dass die Ideen Wiechulas einerseits ein Opfer der Zeit wurden, in der sie entstanden. Ich habe seine zahlreichen Skizzen studiert, wobei die Art der Darstellung der Möglichkeiten sehr auffallend ist. Das Buch wurde in einer Zeit verfasst, in der die Symmetrie und Ordnung eine große Rolle spielten. Alle seine Entwürfe sind demgemäß gestaltet. Hermann F. Block beschreibt sogar in seinem Buch die Problematik rechteckiger Räume aus Pflanzen – diese sind zwar möglich, benötigen in der Regel Stangen und Gerüste an den Ecken, welche wiederum aufwändig bei Flechtarbeiten und Montage werden¹. Wer dies mal in der Praxis ausprobiert, stellt schnell fest, dass natürliche Formen viel geeigneter für unser Vorhaben sind – einfach die Natur so wachsen zu lassen, wie sie es selber auch tut.

Wiechula rechnet teilweise auch das Verhältnis von Baumaterial zu Baumkrone – wie viel Blättermasse sollte ein Baumhaus oberhalb seiner geschlossenen Räume noch haben, um überleben zu können. Diesbezüglich untersucht er einen gewachsenen Pferdestall, im unteren Teil eines einzigen Baumes, wobei zwei Fünftel der Baumhöhe den Pferdestall ausmachen, der Rest ist die Baumkrone oberhalb. Die Werke Wiechulas, wie spektakulär diese auch erscheinen, sind meiner Meinung nach kein Rezept für eine nachvollziehbare lebendige Behausung. Sie dienen vielmehr Vermarktungszwecken, weil der Aufwand für diese Ideen einfach zu hoch ist. Nichtsdestotrotz sollte man alle Spektren eines Mediums untersuchen, um sich weiter mit diesem Thema auseinanderzusetzen zu können.

In den nahestehenden Skizzen zeige ich einen Auszug aus den Analysen der Formfindung. Die eigentliche Pflanzung, sei die in einem geordneten Muster oder eine etwas freiere Struktur, hat nur bedingt Auswirkung auf die Gesamtform. Letztendlich wachsen und entwickeln die Pflanzen sich nach oben hin, unabhängig von der Ordnung, die wir erreichen wollen. Hier sei natürlich relevant zu betonen, dass die menschliche Organisation und Einwirken während der Entstehung des Gesamtwerkes überaus wichtig ist. Die Art wie und wann dieses Einwirken stattfinden soll, ist von essentieller Bedeutung für das letztendliche Gelingen der Aufgabe.

Man ist in der Tat fähig, aus Pflanzen sehr symmetrische Formen zu schaffen, vollendet geformte Kuppeln zu züchten, was man sehr oft in pompös eingerichteten Schlossgärten beobachten kann. Hierzulande denkt man z. B., an die Gärten in Schönbrunn, wo ganze Wege an ihren Seiten durch lebendige Hainbuchenwände geschützt sind. Bei unserem Vorhaben wäre eine senkrecht wachsende, rechteckige Struktur nicht erwünscht. Zum einen ist diese äußerst schwer herzustellen und im Wachstum zu erhalten, zum Anderen ist diese Form auch keine natürliche, folglich keine statisch optimale. Des Weiteren ist, während der Entstehung auch eine präzise Pflanzung der Heister nicht nötig. Man kann ruhig, der Erdgrube nach, die Heister so anordnen, um zeitlich effektiv und auch der Grube nach optimale Anordnung zu schaffen. Bei vollendeten Strukturen konzentriert sich das menschliche Auge sofort auf Unregelmäßigkeiten, auf kleine Fehler in der Struktur, was uns bei unserem Vorhaben nicht ganz unwichtig ist. Wir müssen bedenken, dass nicht jede unserer Pflanzen die (ca. 15) Jahre überleben, die wir nur zum Betreten des Gesamtwerkes brauchen. Nicht zu erwähnen sind die Jahre danach, die das Werk weiterlebt. Bei der Formung der Rautenmuster und jeglicher Befestigungsarbeiten kommt es ab und zu vor, dass eine Pflanze abbricht. Nicht jede abgebrochene Pflanze kann sich jedoch, in so einer Struktur, erholen. Nicht jede Pflanze erhält während des Wachstumsprozesses genügend Licht, den diese genau in dieser Zeit auch braucht.

Um sich für jede Aufgabe, die während der Züchtung auf uns zukommt, entsprechend auch kümmern zu können, ist es wichtig unsere Arbeitsschritte zu optimieren. Deshalb doch bitte von vornherein der Pflanze ihren Weg zu geben, den diese ohnehin gehen würde.

¹ Wir pflanzen eine Laube, H.F. Block, Verlag Ökobuch, 2. Auflage, 2014 S 28

Abb. 54. Analyse - eine natürliche Form im Verhältnis zu einer geraden, rechtwinkligen Grundrissform. Man stellt schnell fest, dass die Natur nach ihren eigenen Regeln arbeitet, und der Aufwand eine rechtwinklige Form zu schaffen enorm ist, gleichzeitig die Probleme bei Pflegearbeiten, Erscheinung aber zunehmen.

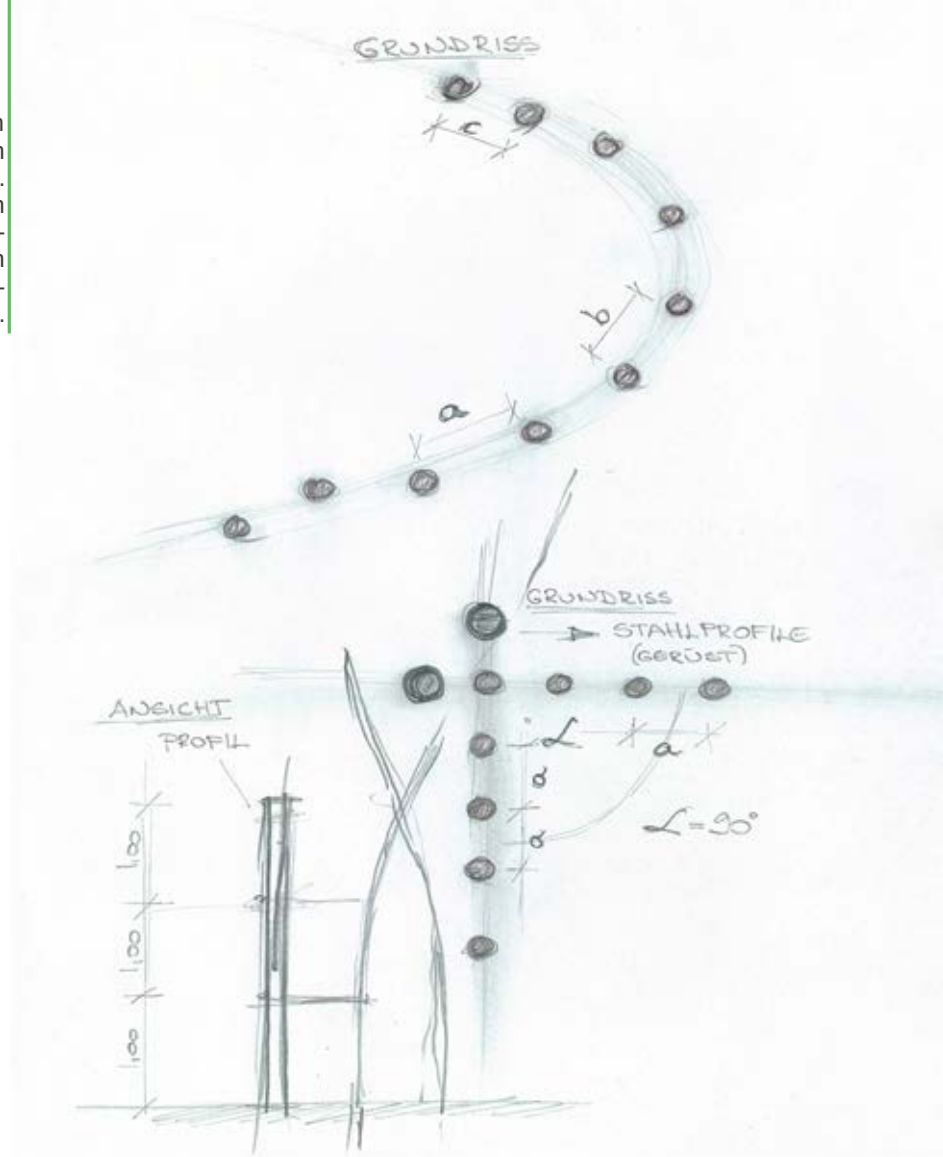
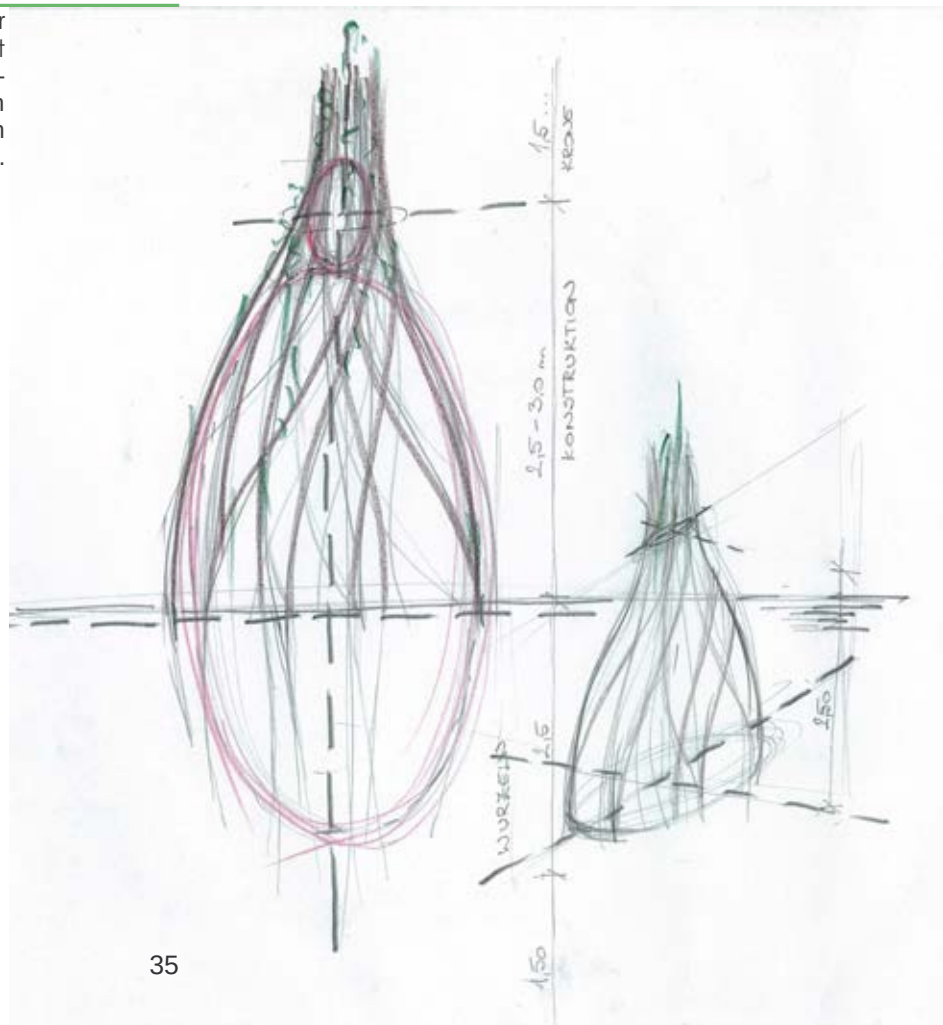


Abb. 55. Unabhängig wie wir unsere Struktur im Grundriss anlegen, die Pflanze tendiert immer zu einer kegelförmigen Kuppel aufzuwachsen. Daher ist es viel logischer, man legt die Heister so ein, dass man von vornherein Ordnung und rechte Winkel vermeidet.



Das Pflanzungsprinzip

Für die Erläuterung der ersten Schritte während der Pflanzung werde ich die Herangehensweise bei meinem Gartenprojekt beschreiben. Ziel war es, eine kleine Laubenwand aus Weidenästen zu züchten. Anhand dieser Laubenwand sollen die Verwachungen in einem zweiten Exemplar untersucht werden. Das Vorhaben wurde bereits im Buch behandelt, erstens war mir wichtig die enorme Anpassungsfähigkeit der Weiden auf die Probe zu stellen. Die nach einer Woche ausgeschlagenen Wurzeln aus jungen Ästen sind der wahre Beweis, dass sich die Weidenpflanze hervorragend für solch ein Projekt eignet.

Vor der Pflanzung sollte der Boden auf die einkommende Pflanzenart vorbereitet werden. Bei Silberweiden werden sandige, alkalische bis schwach saure Böden bevorzugt. In meinem Garten habe ich diese, wie in den Abbildungen dokumentiert, unter einer kleinen Betonwand und anderer Gartenpflanzen eingepflanzt. Man muss hierbei sagen, dass diese genauso gut überall wachsen würde, wo es nur gut gewässert ist. Wichtig ist, sich zu überlegen, wie man diese **Bewässerung** gewährleisten kann. Gibt es vor Ort vielleicht eine natürliche Wasserquelle, wie z. B. in meinem Entwurfsprojekt, wo man oberhalb der Anlage einen kleinen Teich vorfinden kann? Neben dem Wasservorkommen ist die Belichtung vor Ort wichtig. Hierbei ist nicht von der Belichtung in der letztendlich gepflanzten Anlage die Rede. Vielmehr wird man Schwierigkeiten haben, wenn man als Grundstück seinen eigenen Garten geplant hat, und das Haus steht 4-5 Sonnenstunden am Tag im Weg. Oder man ist in einem Waldgebiet, mit vorhandenen Bäumen, unterwegs.

Der Pflanzengraben wird mit einem Spaten ausgegraben, optional kann man zuerst die obige Grasschicht abtragen und zu Seite legen, um sie später wieder zurückzugeben. Wie in den Abbildungen beschrieben, wird erst die Grube bewässert und wenig gedüngt. Zu breit sollte die Grube nicht sein – die Pflanzen verlieren an Halt, welcher wichtig ist, wenn man bedenkt, dass die Pflanzen bereits bei der Pflanzung in bestimmte Richtungen gelenkt werden müssen.

Bei der Pflanzung der Heister ist es wichtig zu wissen, dass es sich hierbei nicht um bearbeitete Holzprodukte handelt, und nicht jeder Heister gleiche, millimetergenaue Querschnittsabmessungen hat. Zu achten ist, dass man etwas stärker gewachsene Stämmlinge in Bereiche einpflanzt, die später weniger Licht erhalten werden, z. B. zur Nordseite hin orientiert. Des Weiteren gilt es, die Pflanzen in diese Richtung einzupflanzen, zu welcher sie im vorherigen Standort lagen – d. h., wenn eine zur Sonne

hin geneigt war, dass sie beim Neuanpflanzen jetzt nicht in die entgegengesetzte Richtung blickt. Dies kann schon mal ein gutes Jahr einsparen, wenn die Pflanzen keine Kraft einsetzen müssen, um sich wieder an die neue Lage anzupassen. Sie sehen, der Mensch als Lenker, als Organisator der Pflanzenattraktion hat eine wichtige Rolle bei ihrer Entstehung, die oft bei so kleinen Details ersichtlich ist.

Die Pflanzen werden im **Rautenmuster** in die Grube eingesteckt, jeweils quer zu ihrer Nachbarspflanze. Dadurch schafft man später diese optimale Tragkonstruktion. Wie an den Skizzen auf der nächsten Seite ersichtlich, wäre für eine dichtere Struktur 10-12 Heister pro m² nötig, und für eine lockere 6-8 pro m². Diese Erfahrungszahlen stammen vom H. Block, wobei ich der Meinung bin, dass man ruhig auf einen Mittelwert von 7-8 Weidenheistern setzen kann, um sehr dichte Strukturen zu bekommen. An Stellen, in welchen wir Öffnungen erwarten, z. B. Eingänge in die Anlage, kann das letzte, abschließbare Exemplar nun senkrecht zum Erdreich eingepflanzt werden. Bei meinem Projekt habe ich dabei alle Pflanzen im Rautenmuster eingepflanzt, einfach eine Pflanze ausgesetzt, und die benachbarte würde später beim Wachstum einfach soweit gelenkt werden, dass man bequem an dieser Stelle die Konstruktion durchqueren kann. Man soll Eingänge einplanen, ruhig aber der Struktur die Zeit geben, eigenständig Orte zu schaffen, die für Öffnungen nutzbar sein können.

Nach einigen Heistern im Graben, kann man schon wieder wenigstens die Wurzeln mit etwas Erde bedecken, um die Pflanzen etwas zu festigen. Erst wenn alle Heister eingelegt sind, kann man mit der Bedeckung durch eine leicht gedüngte Kompostmischung beginnen. Es sollten nicht mehr als 40-50g Dünger pro m² Erde eingesetzt werden. Diese Kompostmischung sollte aber die Grube nur bis ca. $\frac{3}{4}$ ausfüllen, danach sollte man alles gut bewässern¹. Die Wasserzugabe senkt wieder die dazugegebene Erde, sodass man erst jetzt die Grube zur Gänze ausfüllen kann. Letztendlich gilt es Moos, Gras o. ä. um die Heister zu geben, um der Erde einen Schutz vor Austrocknung zu geben. Eine gewisse Feuchte sollte ständig gewährleistet werden. Oberhalb gilt es in wenigen Schritten, z. B. mit Kabelbindern die Heister miteinander zu befestigen, um sie in dieser Form weiterwachsen zu lassen.

„Nun überlassen wir alles der Pflanze selbst, der Mutter Erde und den Kräften der Natur: Sonne, Regen und den warmen oder erfrischenden Lüften.“ H. Block über den zweiten Teil der Züchtung, während sich der Mensch selbst zurücklegt.

1

Wir pflanzen eine Laube, H.F.Block, Verlag Ökobuch, 2. Auflage, 2014 S 39

11. Mai 2015

Abb. 56.

Vorbereitungen für die Pflanzung der bereits beschriebenen Weidenäste im eigenen Garten. Man gräbt einen Graben aus, wobei die Tiefe in etwa einen 1/3 bis 1/4 der Länge des einzupflanzenden Triebes entspricht. In meinem Fall waren dies ca. 25-30 cm. Die Breite hängt u.a. von der Wurzelbreite ab - diesspezifisch handelt es sich um einzupflanzende Äste wodurch ein enger Graben möglich ist. Zum Einen erleichtert ein Breiter die Düngerarbeiten, zum Anderen mindert er die lokale Stabilität.



Abb. 57. Im nächsten Schritt gießen wir etwas Wasser ein, um alles anzufeuchten. Zeitgleich düngen wir den Graben um alles gut zu vermischen. Optional können auch kleine Mengen Sand dazugegeben werden, um der Weide die Wasserzufuhr zu erleichtern. Für mein Experiment habe ich eine Hand voll Düngemittel (ca. 30g) eingeworfen - für die 9 einzupflanzenden Äste. Zu viel Düngemittel würde die schwachen Wurzeln regelrecht verbrennen.



Abb. 58, 59. Nun legen wir die zuvor vorbereiteten Pflanzen ein. Zu achten ist hierbei, dass diese nicht allzu lange Zeit aus dem Wasser herausgeholt stehen. Man legt sie vorsichtig in den Graben ein wobei man auf die Wurzeln achten muss, diese sollten nicht nach oben gerichtet werden. Jede Pflanze legt man bereits während der Pflanzung schräg zu der jeweils nächsten ein um ein Rautenmuster zu bilden. Dadurch erleichtert man im Start die späteren Flechtarbeiten.



Die zweite Laubreihe

Ein Jahr ist vorbei und es wartet wieder Arbeit auf uns. Besonders im Frühjahr sind Flechtarbeiten an unseren jungen Pflanzen durchzuführen. Der Arbeitsaufwand ist kein besonders hoher, da die Pflanzen noch nicht allzu dicht verwachsen sind, dennoch ist wichtig, ihre Kraft in die Haupttriebe, in die Höhe zu lenken. Neben den Flechtarbeiten sollte man auch mit der zweiten Pflanzung beginnen. Um dichte, mehrgeschossige Strukturen zu schaffen, ist es nützlich, Tragwerke aus zwei Schichten zu bilden, sog. räumliche Fachwerke. Um diese zu züchten, bedingt es einer **Pflanzung aus zwei Schritten** – die Innere Pflanzenreihe im ersten Jahr, die äußere im Jahr danach. Dadurch verschafft man der inneren Reihe einen gewissen Vorsprung im Wachstum, was ihr eine ausreichende Belichtung in den folgenden Jahren gewährleistet. Die genaueren Darstellungen dieser Abwicklung sind in den ersten beiden Grundrissen des Entwurfsprojektes ersichtlich. Während man die Pflanzung der Außenreihe vorbereitet, ist es praktisch zeitgleich die „Wartungsarbeiten“ der bereits ein Jahr alten Pflanzen durchzuführen.

Das Düngen in der zweiten Vegetationsperiode wird etwas intensiver als im vergangenen Jahr – bis zu 20g Düngemittel pro Gehölz sind nötig¹. Dieser wird aber nur in unmittelbarer Nähe zu den Stämmchen aufgeschüttet, letztendlich mit einer Mulchschicht, Blättern u. Ä. bedeckt, um nicht auszutrocknen. Je älter die Gehölzer werden, desto weniger muss bewässert werden, dennoch sind in der 2. und 3. Vegetationsperiode, je nach Wetter, bis zu 10 Bewässerungen notwendig. Diese sind von Frühjahr bis zum Spätsommer durchzuführen – wenn man erst einmal mit der Bewässerung anfängt, sollte man diese nicht mehr auslassen, d. h. ca. 2 mal pro Woche bewässern. Die Menge an Wasser pro Bewässerung ist hierbei kein Thema – bei sandigen Böden, bei Weidenarten kann es nie zu viel Wasser sein. Meiner Erfahrung nach füllt man einfach die Düngergraben um die Pflanze herum, bis ein Wasserfluss für ca. 10 Sekunden entsteht. Hierbei sei wichtig zu erwähnen, dass man indirekt, durch die künstliche Bewässerung, die Fundamentierung unserer Behausung lenkt – die Wurzeln einer Pflanze würde ich als faul bezeichnen. Wenn man gezielt auf einen Bereich über einen Zeitraum Wasser einfließen lässt, so richtet sich die Wurzelmasse am stärksten unter diesem Bereich. Diese **Steuerung der Wurzelmasse** ist nur bedingt möglich, weil diese u.a. auch die Funktion der Stabilität der Pflanze erfüllen – jedoch ist hier, bei im Verband wachsenden Pflanzen, die Stabilität eine komplexere Angelegenheit.

Neben der Bewässerung sind im zweiten Jahr erneut die **Flechtarbeiten** im Programm, vor Allem im Frühling, (spätestens bis zum Spätsommer). Im Frühling ist auch die Zeit, die abgestorbenen Stämmchen durch neue zu ersetzen – bei natürlichen Formen kein schwieriges Unterfangen. Verwachsene Pflanzen sollte man etwas auflockern, dass diese im Frühlingwachstum mehr Kraft in die Haupttriebe stecken. Ab und zu findet man Seitentriebe vor, die sehr nützlich sein können, obschon diese nicht zum Flechten in die Hauptstruktur geeignet sind. Diese können z.B. später, in die zweite Pflanzenreihe geflechtet werden, oder in den nächsten Jahren bei einer Ausweitung der Anlage die „Grundsäulen“ sein, an die man anbaut. Über die Sommermonate hat man ab und zu die Aufgabe, an seinem Haus zu stricken. Dies ist, in meiner bisherigen Erfahrung mit zwei kleinen Gartenprojekten und Obstgärten meiner Familie, eine wunderschöne Aufgabe. Das Einzige, was so eine Arbeit in der Natur etwas moralisch zerstören kann ist die Tatsache, dass man noch nicht viel von seinem Werk erlebt, während der Aufwand aber präsent ist. Man kann quasi die Früchte seiner Arbeit relativ spät erst ernten, was durchaus manchmal zu einer geringeren Wertschätzung führen kann.

In der dritten Vegetationsperiode, nach einem erholsamen Sommer, fängt die Arbeit langsam wieder an. Düngen muss man mehr als im Jahr davor, die Bewässerung ist immer im ähnlichen Ausmaß wichtig. Nun sollten auch bereits die ersten Verwachsungen relativ gut zusammenverwachsen sein – ich würde diese aber immer noch nicht zu stark beanspruchen. Alle unnötigen Seitentriebe gilt es wieder zu entfernen. Dabei können es in diesem Jahr doppelt so viele sein, wie im vergangenen. Diese Arbeit erscheint mühsam, man hat aber „alle Zeit der Welt“, quasi mehrere Monate, und kann dies auch in kleineren Etappen erledigen. Die Pflanzen wären meiner Schätzung nach, nach ca. 6 Jahren bereit, erste Kuppeln zu formen. Man sollte sie also langsam darauf hin wachsen lassen. Im Jahr darauf kann man mit der Formung der Kuppelspitze beginnen, wobei dies die erste Situation wäre, wo man eine zweite und dritte Hilfskraft in dem Ausmaß zur Hilfe bitten müsste. Alles andere wäre für eine Person zu bewältigen.

¹ Wir pflanzen eine Laube, H.F.Block, Verlag Ökobuch, 2. Auflage, 2014 S 47

Abb. 60. Zum Schluss bedeckt man die Pflanzen mit der zuvor ausgegrabenen Erde. Optional kann man den abgetragenen Rasen wieder zurückgeben, indem man ihn bereits bei der Abtragung mit einem Spaten bei einer Tiefe von 5cm flach abschält. Dadurch werden Eingriffe im Garten nur minimal sichtbar.



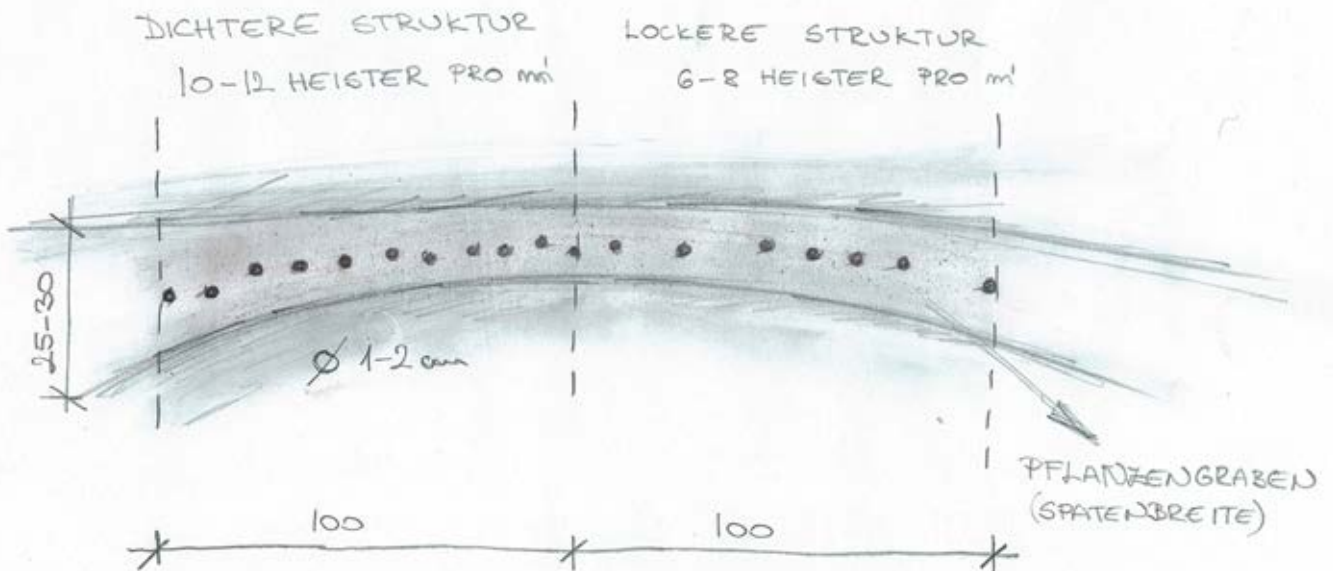
Abb. 61.

Es ist noch zu früh um die Verwachsungsverbindungen zu formen. Wichtig ist nur die Pflanzen quer zu ihrer benachbarten Pflanze einzulegen, um sie zu kreuzen. Die Abstände hierbei betragen in etwa denen, die ich in meinem Projekt erwarte - nötig um eine relativ dichte Struktur zu schaffen, zeitgleich aber auch um die Pflanzen herum arbeiten zu können.

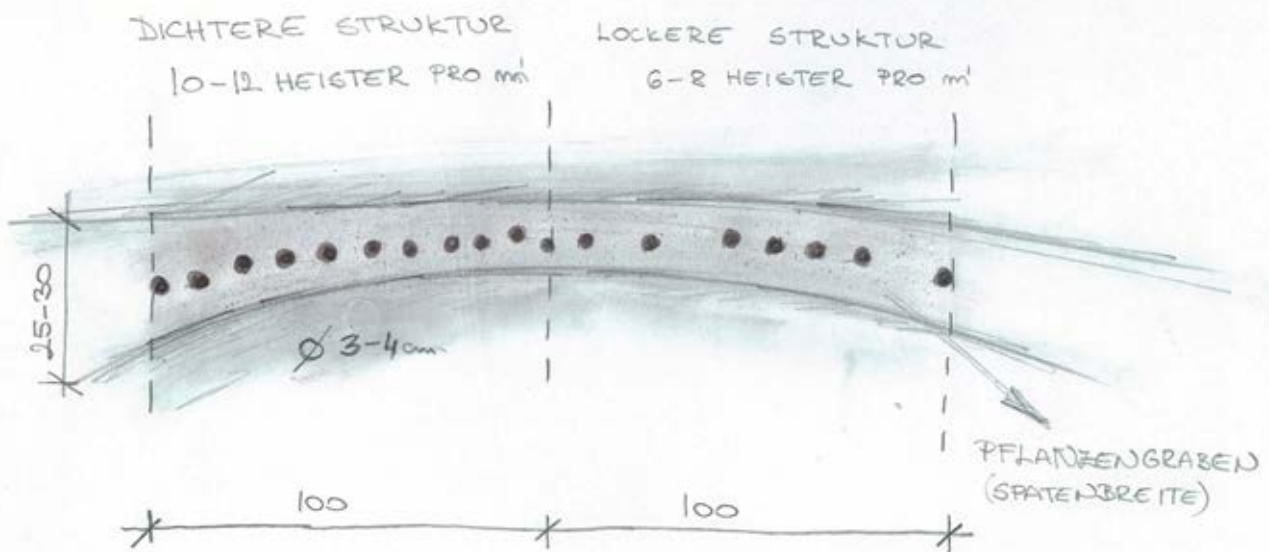


Abb. 62. Ein weiterer, essentieller Punkt, den man während der Pflanzung beachten soll, ist die Himmelsrichtung, relativ zu der Ausrichtung der jeweiligen Triebe. Man sollte versuchen, die Pflanze und ihrer Blätter in etwa in diese Richtung zu positionieren, in welche ihre Blätter zeigen - d.h. in die Richtung zurück, in welcher sie bereits gewachsen ist. Somit spart man sich schnell ein Jahr im Wachstum der Pflanze - es dauert einige Zeit bis die Pflanze sich wieder an die neuen Gegebenheiten anpassen kann und eventuell weiterwachsen.





... Ein Jahr später



Die Pflanzung im Grundriss.

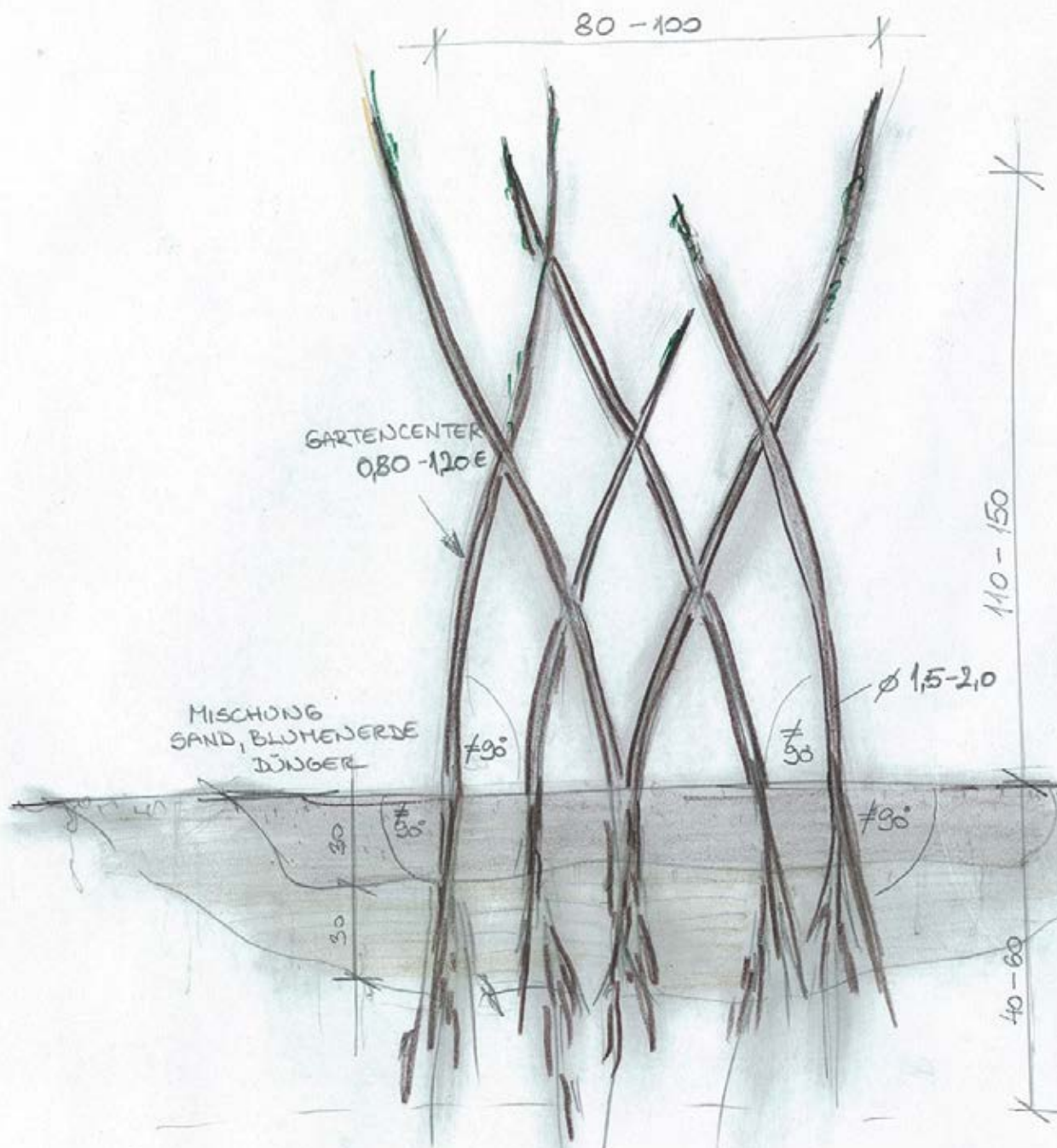
Abbildung 63 - die Pflanzung

Abbildung 64 - ein Jahr später

Um eine dichtere Struktur, z.B. für geschlossene Räume zu schaffen, benötigt es ca. 10-12 Heister/Sämlinge pro m² Erde. Eine etwas lockere Struktur schafft man mit 6-8 Heistern pro m² Erdreich. Diese wäre für Übergangsräume ideal. Die Werte wurden aus Blocks Buch Wir pflanzen eine Laube entnommen. Für mein Projekt setze ich eine mittlere Dichte von 7 Heistern ein, da mir 12 Pflanzen im Laufmeter Erde bereits nach 2 Jahren zu eng wirken.

Abb. 65. 6-7 Weidenruten werden, wie bereits im Buch beschrieben, jeweils quer zueinander in die Erde eingelegt, um ein Rautenmuster zu bilden. Anhand dieser Skizze bekommt man das Gefühl der tatsächlichen Dichte der Pflanzenkonstruktion. Durch die Haupt- und Seitentriebe wird ein stabiles, nicht zu geschlossenes Skelett gezüchtet.

Die Größe der abgebildeten Pflanzen entspricht in etwa der, im Gartencenter gekauften Exemplare.



Die natürliche Form

Wie bereits beschrieben, ist eine natürlich angelegte Form, unter Berücksichtigung von Licht- und Wasservorkommen das beste Rezept für das Gelingen der lebendigen Behausung. In wenigen Aspekten werden wir die Pflanzung im größeren Maßstab betrachten, da meine Gartenversuche lediglich kleine Ausschnitte behandeln können, wir für den Entwurf aber ein Gesamtbild brauchen.

Die zu Verfügung gestellte Fläche, die wir für das Projekt einplanen, hängt sehr von der jeweiligen Pflanzenart ab, sprich von ihrem Wachstumsvermögen. Dies hat zu Folge, dass die Spannweiten und Abmessungen der Behausung sich von Art zu Art ändern. **Die Spannweiten** in meinem Entwurfsprojekt, mit ca. 3-4m angenommen, können bei der Silberweide ruhig großzügiger angesetzt werden (bis zu 10m) da dies eine großkronige Pflanzenart ist. Das Resultat einer engeren Struktur ist eine zeitlich und statisch günstigere Entstehung. Hermann Block beschreibt in seinem Buch die Spannweite, sprich den Durchmesser der Pflanzenkuppel mit ca. $\frac{1}{4}$ der maximalen Höhe des verwendeten Gehölzes. Als Beispiel beschreibt er die Hainbuche, die ca. 16m hoch wird, so kann man im überschaubaren Zeitraum vier Meter große Räume schaffen¹. Wie bereits besprochen, ist der Aufwand bei der Entstehung am geringsten, wenn wir organische, runde Formen bepflanzen. Die zusätzlichen Hilfsmittel werden schließlich nur auf die Stöcke minimiert, die man für die Bildung einer abschließenden Kuppel benötigt. Diese Kuppel stellt die eigentliche „Geschoßdecke“ dar, auf der wir uns in einer oberen Ebene befinden. Genauere Darstellungen kann man im Entwurfsprojekt, bei Abbildungen vom Ausschnittsmodell einsehen.

Die Form einer solchen Laube ähnelt einem Tipizelt, und der Abschluss erinnert, meiner Meinung nach, nach einer Granatapfelkrone. In diesem Bereich und oberhalb davon, wäre die eigentliche Baumkrone und die Blattmasse der Pflanzen. Andere, unterhalb befindlichen Seitentriebe, Äste und Blätter können wir nicht gebrauchen, weil sie die Kraft von der eigentlichen Wachstumsrichtung abziehen. Die Kuppel nach oben, muss keineswegs zugebunden und geschlossen verwachsen. Durch bestimmte Abstandhalter beim Zusammenziehen kann man später kleine „**Lichtzylinder**“ haben, die für Belichtung und Belüftung geeignet sind. So ein Lichtzylinder wurde im Ausschnittsmodell dargestellt, in der zweiten Ebene. Nach dieser Tragwerksstruktur geht es jetzt um die abschließende Innenhaut innerhalb der tragbaren Pflanzenkonstruktion, die wir im folgenden Kapitel behandeln werden.

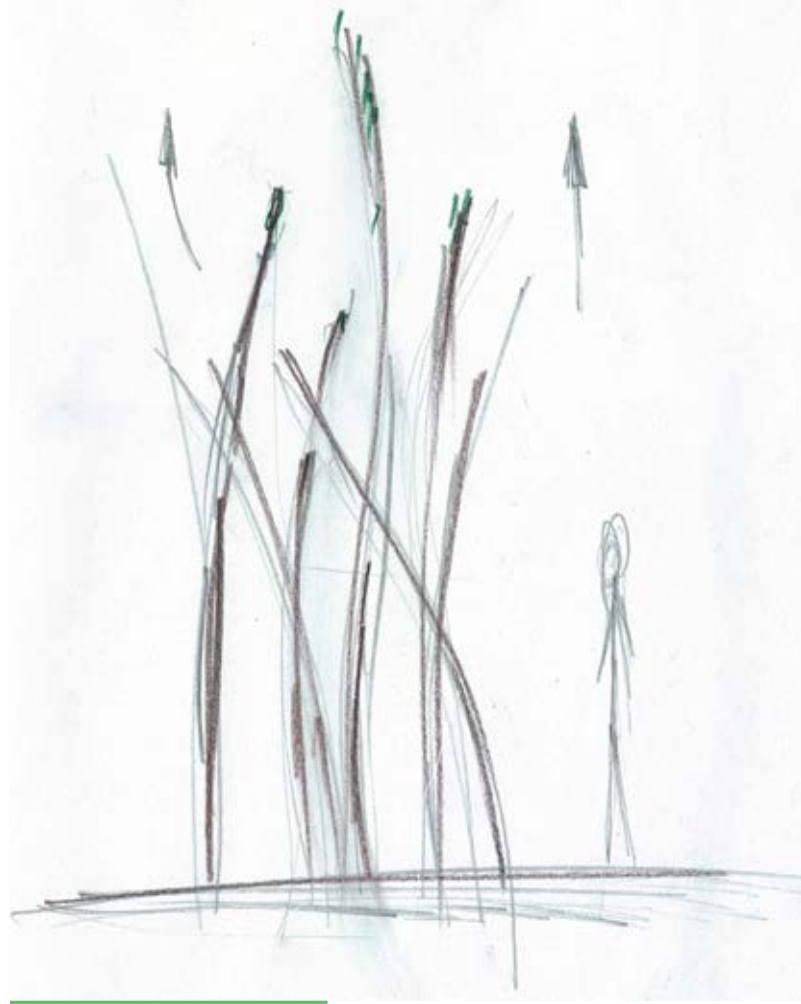
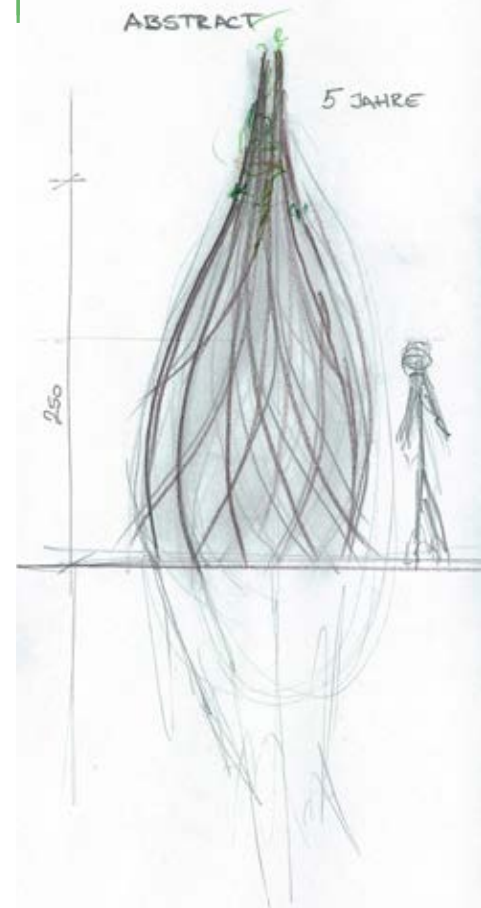


Abb. 66,67.
Abstrakte Analysen während der Formfindung.



1

Wir pflanzen eine Laube, H.F.Block,
Verlag Ökobuch, 2. Auflage, 2014 S 27

Abb. 68. Die Formung eines Daches/ bzw. eines Obergeschoßes. Alles was man braucht, sind Stöcke und Seile. Dieser Teil der Arbeit erfordert auch eine Hilfskraft, wegen der erf. Zugkraft.

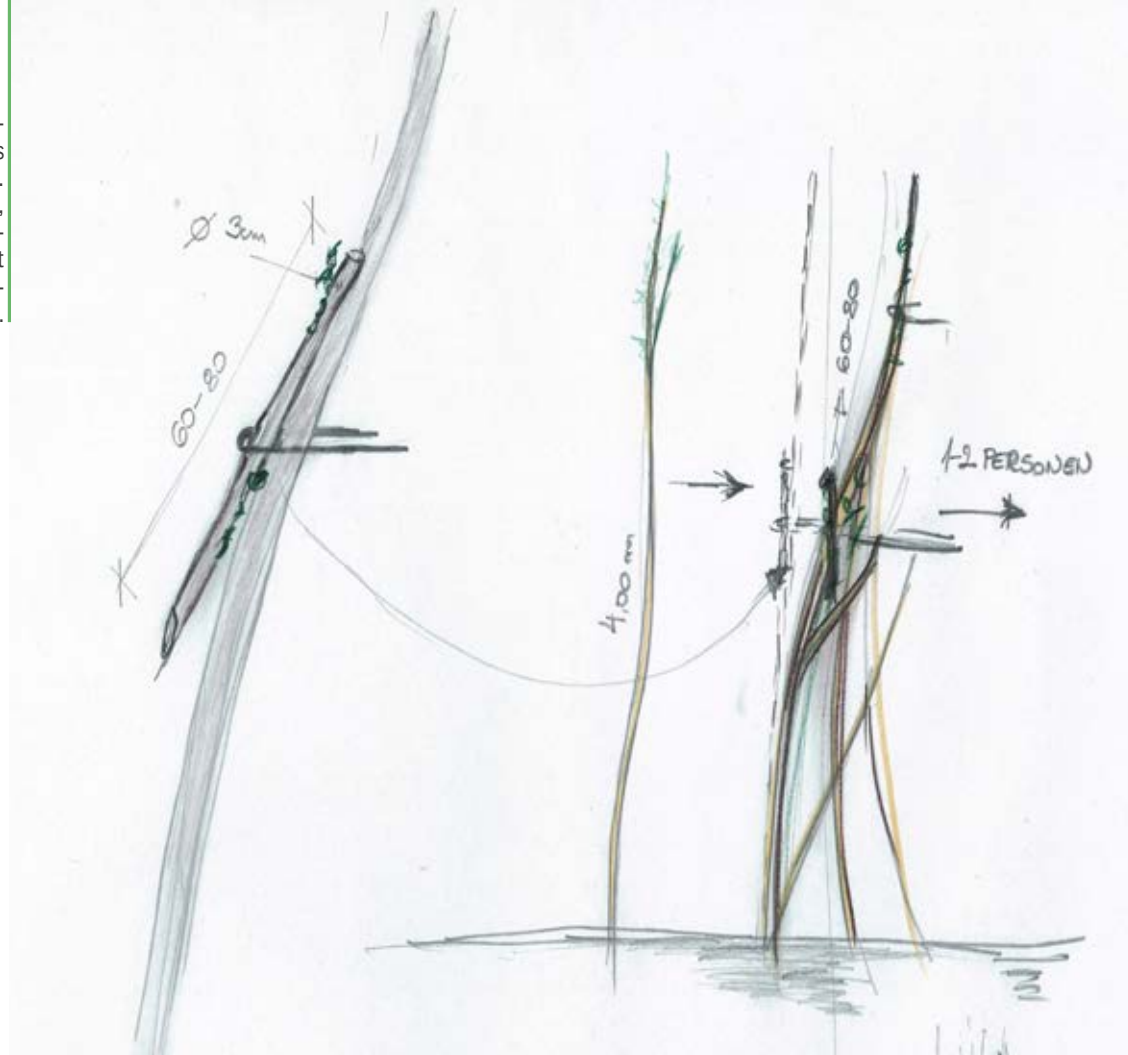


Abb. 69. Eine fertig zugebundene Struktur. Diese Form erlaubt der Pflanze sich problemlos weiter auszubreiten und zu atmen. Die Baumkrone und die Blattmasse würde kollektiv, für alle Pflanzen, im obigen Bereich ausgebildet sein. Diese kegelförmige Öffnung eignet sich auch für eine Lichtöffnung für unsere Innenräume.



05 Die fungale Innenhaut

Wo fangen Pilze an?

Für das zweite, wichtige Medium begeben wir uns in das Reich der Pilze. Wie auch bei den Pflanzen, ist die Idee dahinter sehr einfach und das Nutzungspotenzial sehr hoch!

*„Der Mensch sollte ihnen mit Rücksicht begegnen, seinen Sammeltrieb mäßigen und sie keineswegs mutwillig zerstören, auch wenn sie ihm alt, unbekannt, ungenießbar oder giftig erscheinen.“
- über Pilze im Vorwort zu „Pilze des Waldes“, 6. Auflage, Melsungen 1985, S. 5*

Pilze zersetzen organische Stoffe und binden Sie in ihren eigenen Körper ein. Während dem Prozess entsteht ein sehr harter **Polymer**, welcher mit deutlich weniger Energie erzeugt werden kann als so manche herkömmliche Materialien.

Neben den parasitären Pilzen, gibt es viele Arten die totes organisches Material zersetzen und die die Pflanzen bei ihrem Wachstum unterstützen. Man schätzt, dass 80-90% aller Pflanzen bei ihrem Wachstum von Pilzen unterstützt werden. Die Eigenschaft der Pilze CO₂ zu binden ist von großer Bedeutung für unsere heutige Gesellschaft – denken Sie nur an den Treibhauseffekt und die globale Erderwärmung.

Saprophyten oder Saprobionten, Pilze die sich von toten organischen Teilchen ernähren sind ideal für unser Vorhaben. Ein Material zu haben, welches organische Partikel von abgestorbenen Pflanzen und Tieren in sich bindet und dadurch wächst, ist genau das was in unserer heutigen Zeit von großer Bedeutung ist. Es schließt Bioabfall in sich ein, lebt davon, aber gleichzeitig wächst es um andere Materialien die es nicht aufnehmen kann, einfach herum. Dies ist von Vorteil wenn man z.B. Fenster, Türen und andere Hilfsgeräte und Konstruktionen in seine Behausung einbauen will.

Was für uns wichtig ist, ist die Unterscheidung zwischen dem eigentlichen Pilz und dem Fruchtkörper. Wie bei einem Apfelbaum, wird als Apfel nur die Frucht bezeichnet. So denkt man oft, umgangssprachlich mit „Pilz“ nur an seinen **Fruchtkörper**. Der essentielle Teil liegt jedoch tief verborgen, oft unsichtbar, im Holz, im Boden, in der Luft etc. Eigentlich bestehen Pilze aus mikroskopisch kleinen, fadenförmigen Zellen, sog. Hyphen, die sich überall ausbreiten. Eine Ansammlung dieser Hyphen nennt man Myzel.

Durch diese Fäden und kleine Sporen sind Pilze **miteinander verbunden** – man kann schwer sagen wo ein Pilz anfängt und wo er aufhört. Der sichtbare Teil des Pilzes ist daher nur ein Teil seiner Einheit, es

ist möglich, dass der Organismus mehrere Tonnen wiegt und in verschiedenen Wäldern gleichzeitig lebt. Er kann genauso gut einen Fruchtkörper an einer Stelle im Wald haben und gleichzeitig hunderte Meter entfernt an anderen Stellen weiterwachsen. Weiterführend kann man davon ausgehen dass Pilze nahezu **„ewig“ leben**, durch diese Sporen und Verbreitung. Man kann nicht klar behaupten ob Pilze sterben – es gibt dort quasi keine Individualität die stirbt¹.

In der Tat wusste man von der Fortpflanzung von Pilzen bis ins 18. Jhd eher wenig. Man glaubte sie entstünden einfach so, aus der Fäulnis im Boden her².

Pilze wachsen oft an derselben Stelle im Wald wieder, an der man sie gepflückt hat. Der Grund hierfür ist, dass sie sich durch „Stammzellen“ **regenerieren** können wobei ihr ganzer Körper eine Stammzelle ist.

In der zweiten Hälfte des 20. Jhs ist man in der Pilzforschung um einiges weitergekommen. Man versucht vermehrt, Pilze zu kultivieren und gezielt wachsen zu lassen. Phill Ross, ein Künstler und Architekt aus San Francisco forscht die letzten 20 Jahre am Gebiet der Pilzzüchtung. Seine Ideen und Experimente aus Pilzen Möbelstücke und Baumaterial zu schaffen haben mich besonders inspiriert. Ross's Forschung auf diesem Gebiet war ausschlaggebend für meine Recherche und letztendlich einen Teil meiner Arbeit. Im Quellenverzeichnis sind nützliche Links von seinen Arbeiten und Vorlesungen, die er weltweit führt, aufgelistet. Zu erwähnen sind diverse Ausstellungen, z.B. in der Kunsthalle Düsseldorf - in der Eat Art Ausstellung 2009, wo man ein Gewölbe aus Pilzblöcken ausstellte. Diese Pilzblöcke wurden aus den USA nach Deutschland für die Ausstellung transportiert. Man hatte auch die Möglichkeit einen Tee zu kosten, aus dem selben Pilz, aus welchem auch das Gewölbe errichtet wurde. Des Weiteren zeigt Ross die Steuerung von Pilzfruchtkörpern durch UV-Licht, hin zu kleinen Skulpturen, wo er eine Palette diverser Möglichkeiten einer Formgestaltung von Pilzblöcken aufweist.³

1 Vortrag von Phil Ross, in Parsons School of Design, Frühjahr 2014, angesehen auf Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=7q5i9poYc3w>

2 Artikel über die Fortpflanzung der Pilze, von Lothar Schreier, http://www.pilzeonkel.de/?Pilzkundliches:Fortpflanzung_der_Pilze

3 Das Wachstum von Pilzfruchtkörpern, Blog von Phil Ross, <http://philross.org/#projects/pure-culture>



Abb. 70. Ein von Pilzen befallener, abgestorbener Baum. Man kann sich anhand dieser Abbildung gut vorstellen, dass es sich hier nicht um mehrere Pilze handelt, es sind lediglich nur die Fruchtkörper einer Gesamtstruktur.



Abb. 71. Von den rd. 100 000 bekannten Arten gibt es parasitäre Pflanzenschädlinge, Arten die sich nur durch abgestorbene organische Materie ernähren, Arten die in einer Art Symbiose mit der Pflanze leben. Der Unterschied und die Zuordnung zu diesen 3 Hauptgruppen ist oft nur indirekt, z.B. bei der Pflanze selbst, sichtbar.



Abb. 72. Eine Symbiose zwischen Pilz und Pflanze mit aufgelistetem Stoffaustausch. Die unteren Pfeile zeigen der Austausch durch den Nährboden - Mineralien und Glukose.

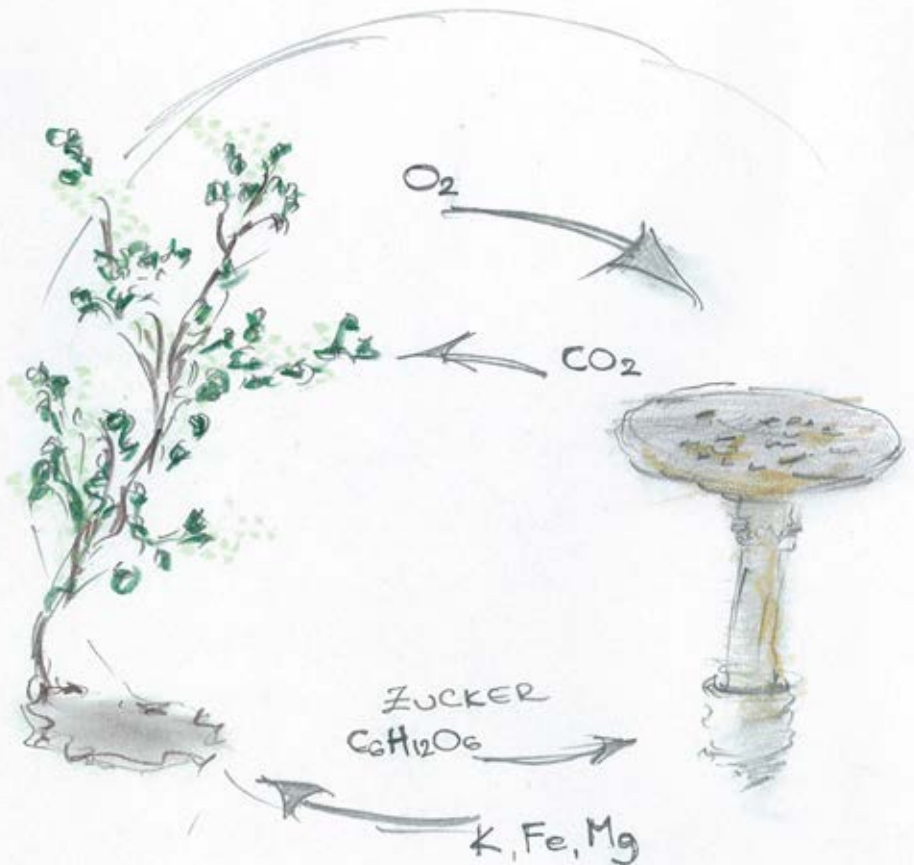


Abb. 73. Ein symbolischer Schnitt durch einen Pilzkörper. Man erkennt eine Verbindung zwischen den für uns sichtbaren Teilen und den tief verborgenen, unsichtbaren. Die Hyphen, fadenförmige Zellen, sind hier wie eine Art Wurzelsystem dargestellt, was an einen Baum erinnert.

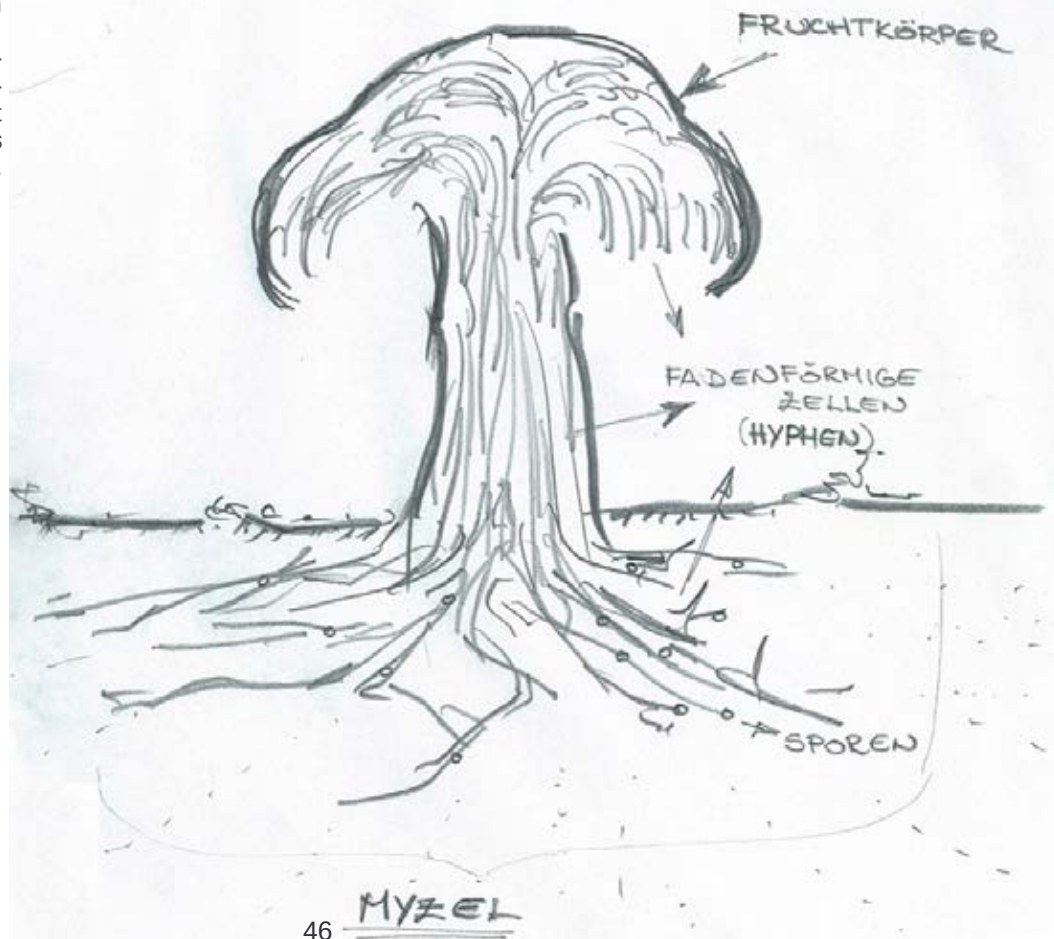


Abb. 74. Diese Skizze zeigt die für uns wesentliche Form und Lage des Polymer welcher im Projekt als Innenhaut eingesetzt wird. Man merkt, wie die Pilzfruchtkörper aus dem Myzelblock wie Blumen aus der Erde herauswachsen.

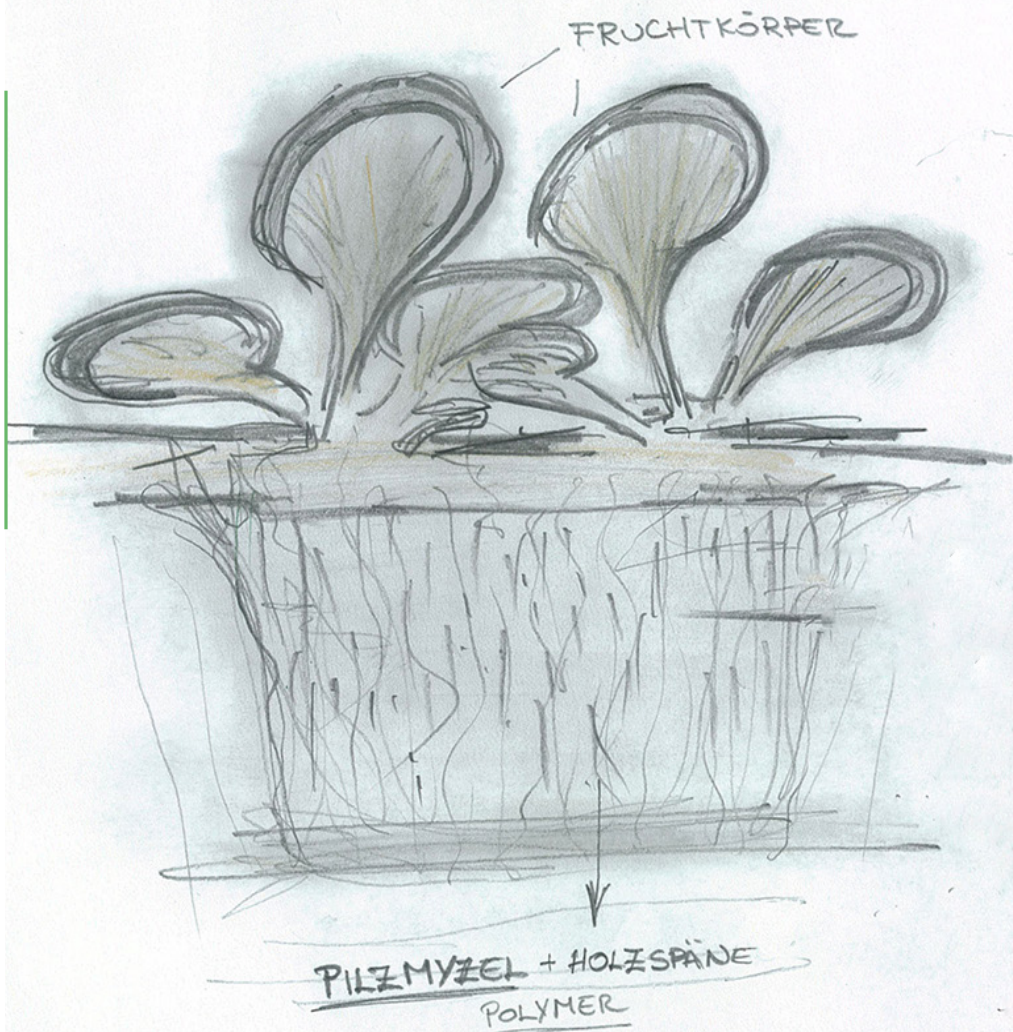
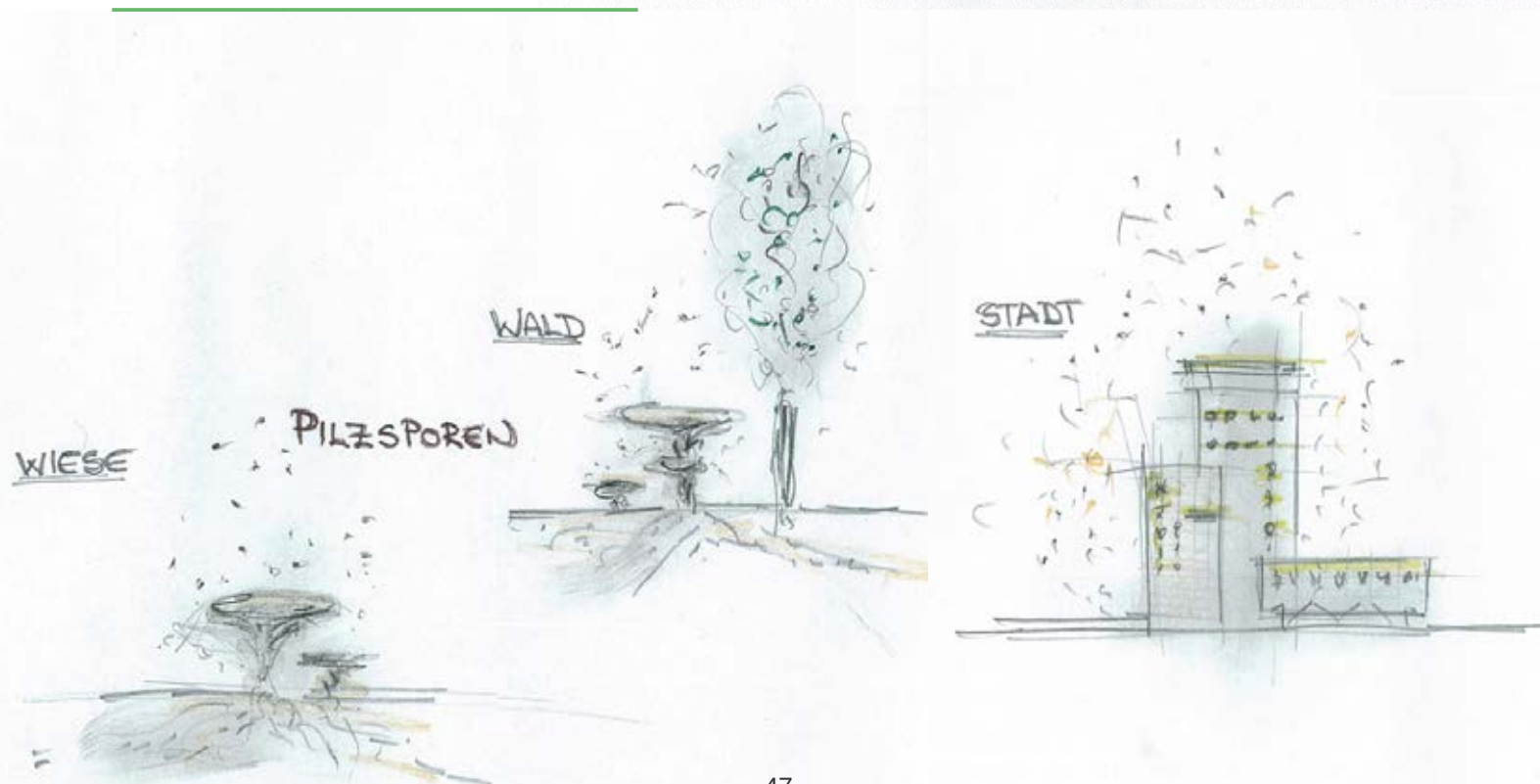


Abb. 75. Bei Pilzen weiß man oft nicht, wo sie eigentlich anfangen, und wo sie aufhören. Anhand dieser Skizze wird veranschaulicht, dass ein Organismus genauso gut an unterschiedlichen, oft kilometerweiten Orten existieren kann. Dies auch in einer urbanen Region, wo man keine Fruchtkörper vorfinden kann.



Der Pilz der Unsterblichkeit

Zwei Pilzarten der Saprophyten habe ich im Laufe meiner Recherche untersucht, namentlich Shiitake (*Lentinula edodes*) und Reishi (*Ganoderma lucidum*). Hier nur gezielte, projektrelevante Eckdaten, im nächsten Kapitel werden schließlich die bauphysikalischen Eigenschaften untersucht.

Der **Reishi Pilz**, auf Deutsch „Glänzender Lackporling“, ist ein weltweit verbreiteter Holzbewohner. Vor allem bewohnt er jedoch wärmebegünstigte Wälder wie z.B. Eichen- und Buchenwälder. In Ostasien ist er seit ca. 4000 Jahren als Heilpilz bekannt. Als Speisepilz wird dieser zähe und harte Pilz nicht verwendet, wohl aber als Pulver, z.B. im Tee. In China bedeutet sein Name übersetzt „Pilz der Unsterblichkeit“. Interessant ist, dass viele seiner, der über Jahre überliefernden, heilenden Wirkungen heute inzwischen auch nachgewiesen sind. Der Gedanke, in seiner eigenen Behausung zu sitzen, gleichzeitig auch einen heilenden Tee aus den Extrakten der Baumaterialien zu genießen ist wahrlich ein faszinierender.

Der **Shiitake Pilz**, (deutsch Pasaniapilz) ist auch ein seit Jahrtausenden bekannter Pilz in Ostasien. Im Unterschied zum Reishi, wird er neben seiner heilenden Eigenschaften auch als **Speisepilz** verwendet. Verzehrt schmeckt der Shiitake in der fünftwahrnehmbaren Geschmacksqualität – Umami, was ihn sehr interessant für ein „Baumaterial“ macht.

Die Pilzbrut beider Pilze bildet eine sehr harte Schale, was sie beide genauso gut für unser lebendiges Haus macht. Shiitake und Reishi trocknen schnell, ohne weiteres und können für viele Monate gelagert werden, Reishi bis hin zu 5 Jahre¹. Wegen der weltweiten Verbreitung in der Natur und seines Bekanntheitsgrades habe ich mich letztendlich für den Reishipilz in meinem Projekt entschieden.

Geplant ist, die Innenhaut der Weidenkonstruktion mit Pilzplatten zu beplanken und diese dann zusammenwachsen zu lassen um eine thermisch abgetrennte Einheit zu schaffen.

Die Idee ist es, ein **Gesamtkunstwerk** zu schaffen, Möbelstücke aus der Konstruktion herauswachsen zu lassen und umgekehrt. Was ich hierbei bei den Pilzkörpern sehr schätze ist, dass Möbelstücke wie 1000 jährige Antiquitäten wirken – alles ist in die Struktur und Textur reingeschrieben. Die Möbelkörper würden bei Zimmertemperatur wachsen – der ganze Wachstum ist der Mutter Natur überlassen und man braucht wenig Energie für die Produktion.

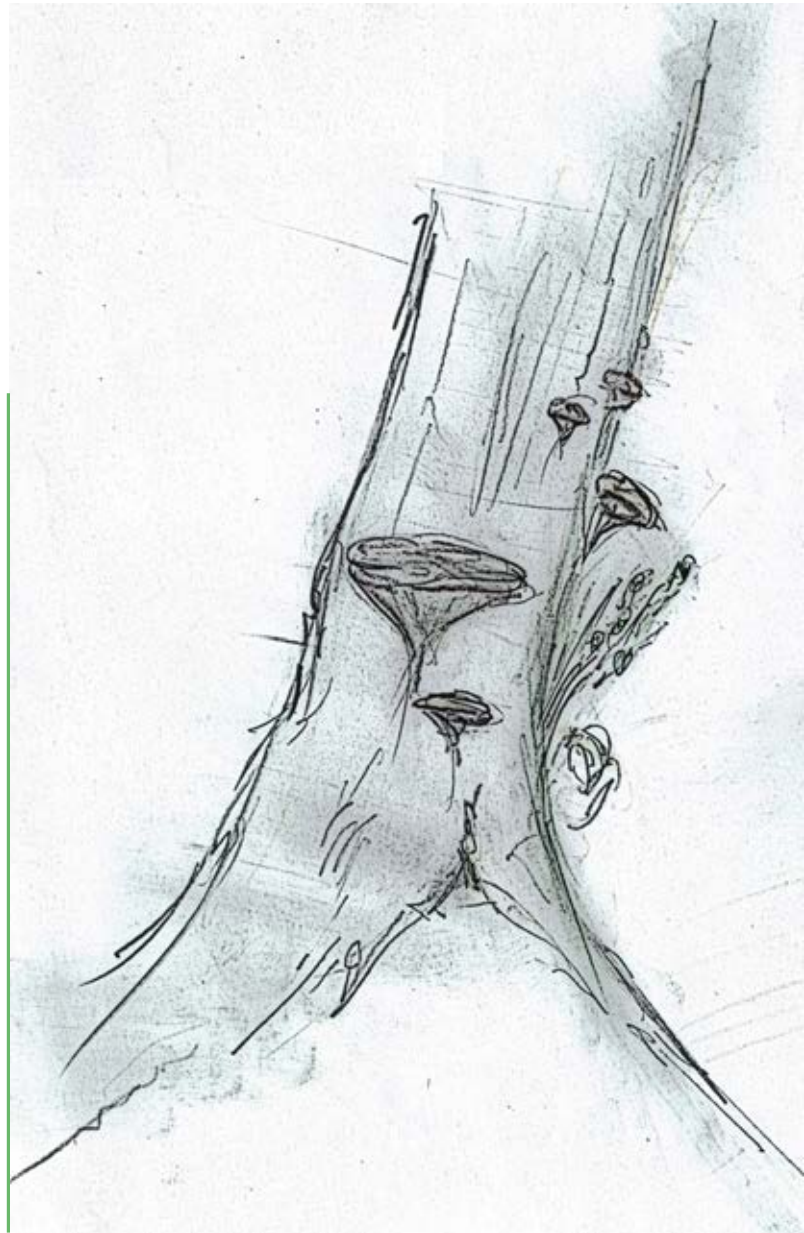


Abb. 76. Skizze von einem natürlichen Lebensraum des Reishi Pilzes. Auch wenn man ihn oft auf Bäumen vorfindet, ist er als Holzschädling unbedeutend.

¹ „Growing gourmet and medicinal mushrooms“, Paul Stamets, Verlag Ten Speed Press, 1993, S 360 u. 427



Abb. 77. Eine Nahaufnahme von meinem Reishi Kulturblock. Ähnlich könnte man sich die Textur der Innenhaut in den geschlossenen Räumen vorstellen.

Ein Pilz für die Belichtung

Ein lebendiges Haus sollte auch einen gewissen Grad an Belichtung im Inneren gewährleisten können. Am einfachsten ist es, Glasbausteine oder kleine Fenster in die bestehende Rautenstruktur einzubauen. Diese würden dann über die Jahre mit der Struktur der Pflanze und der Pilzhaut verwachsen, d.h., die lebendigen Elemente wachsen um Sachen herum, die diese nicht zu sich aufnehmen können, wie z.B. Metall etc.

Die hier gezeigte Idee ist vielleicht der utopischste Teil der gesamten Arbeit - einen **transluzenten Pilz** als Glasersatz einzusetzen. Zwei Pilzarten werden hierfür aufgelistet - beide essbar, ungiftig und keine Holzschädlinge. Die bewohnen zwar hauptsächlich abgestorbene Gehölzer, eingebaut zwischen die Reishi Haut und die Pflanzenkonstruktion würden sie um einiges profitieren. Feuchte, Nährstoffe wären hierbei kein Problem mehr, da man ohnehin den Reishi pflegen und ab und zu mit Holzspäne beschütten muss. Da diese Pilze global nicht so verbreitet sind, bleibt der Reishi der Hauptakteur in Sachen Innenverkleidung.

Silberohr (*Tremella fuciformis*), ein Speise- und Heilpilz ist ein Pilz einer speziellen, äußerst exotischen Gattung, auf Englisch auch Jelly Fungus genannt. Mittlerweile kann man ihn in Deutschland, in getrockneter Form auch online, auf Ebay erwerben.

Der **Goldgelbe Zitterling** (*Tremella mesenterica*) ist auch ein interessanter Kandidat für unsere transluzente Belichtungsschicht. Weltweit verbreitet, hauptsächlich aber in Asien, besiedelt der Pilz abgestorbene Laubbäume. Man kann ihn meistens nur in feuchten Regionen vorfinden - bei einem Tragwerk aus Weidenbäumen eigentlich kein Hindernis.



Abb. 78 oben.
Silberohrpilz - der quallenartige Fruchtkörper hat eine eher farblose Körperschicht

Abb. 79 Mitte und 80 unten.
Goldgelber Zitterling, in trockener Form und lebendig, in feuchten Gebieten. Seine gelbliche, **transluzente Schicht** wäre eine alternative zum Silberohr, für gelblich getönte Innenräume.

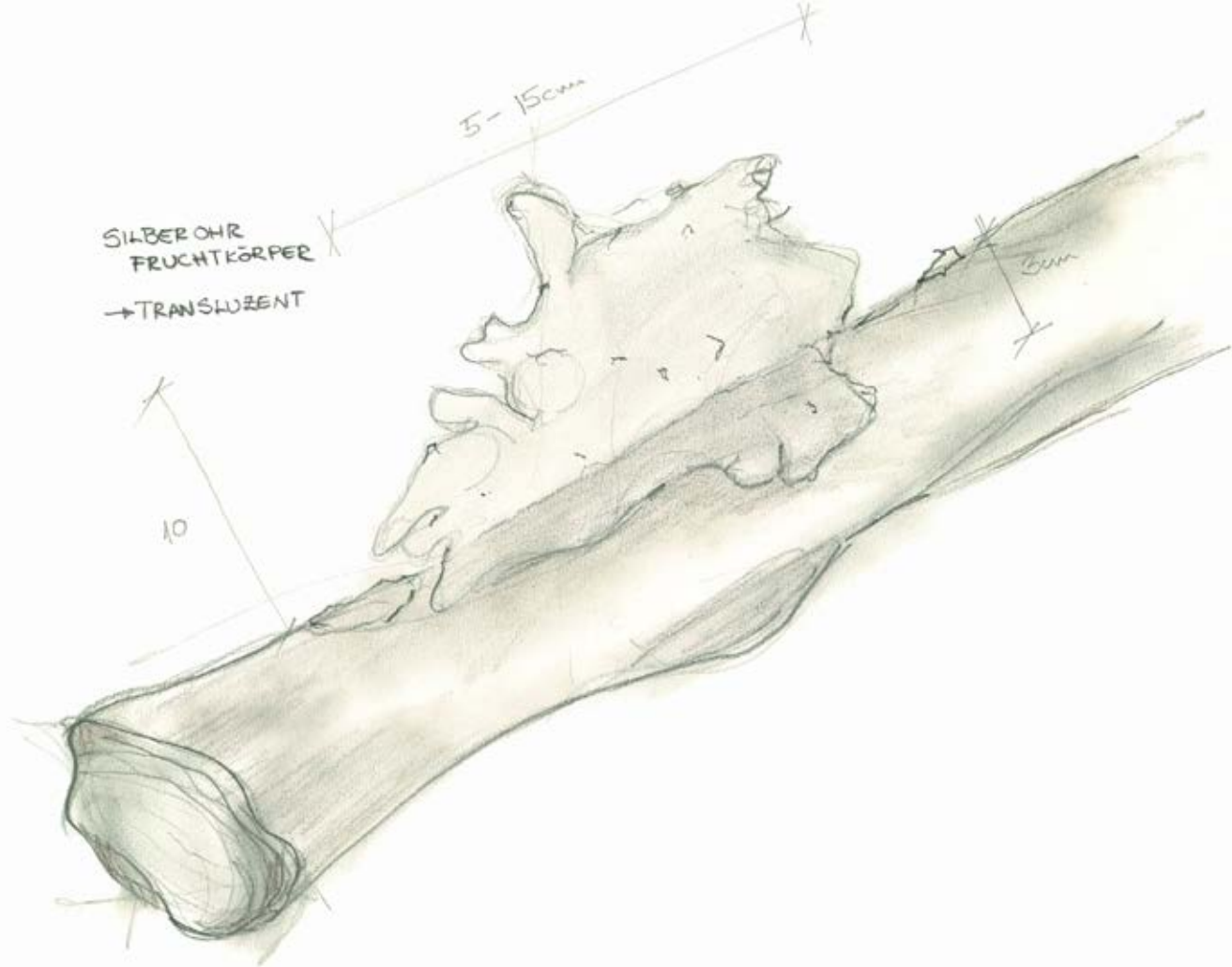


Abb. 81 Analyseskizze zum transluzenten Pilzfruchtkörper

Abb. 82 Silberohrpilz



Die Kunst der Züchtung



An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich beim Pilzzüchter Phillip Förster bedanken, ohne sein Mitwirken wäre dieser Teil meiner Arbeit, in diesem Ausmaß nicht möglich. Details und ergänzende Informationen sind im Quellenverzeichnis aufgeführt.

Ich hatte das Glück und die Ehre einen äußerst kooperativen Pilzzüchter in Deutschland auswendig zu machen. Nach einer Einleitung meinerseits über das Vorhaben eine Behausung aus Pilzen zu züchten stellte er alle Utensilien und Zutaten für die Züchtung von Pilzblöcken zu Verfügung.

Menschen die ihr ganzes Leben der Forschung der Pilze gewidmet haben sollten an dieser Stelle mein Buch weiterführen wenn es um die Kultivierung und Züchtung von Pilzen geht. Mit anderen Worten, dieses Thema ist ein äußerst komplexes und spezielles. Ich werde hier nur meine Erfahrungen dokumentieren, die ich innerhalb meiner Recherche gesammelt habe.

Pilze (die Pilzbrut) wachsen unter idealen Bedingungen **exponentiell schnell** – aus wenigen Gramm an Pilzsporen wird in wenigen Wochen das Volumen vervielfacht. So kann man aus wenig Getreidebrut oder Flüssigmyzel (10-15g) in 4-5 Wochen einen Pilzblock in der Größe von 20x12x8cm bekommen. Man stelle sich vor, wie einfach die Schaffung einer Menge an Blöcken ist die für eine durchschnittliche Hütte benötigt werden. Das Problem ist, dieser exponentielle Wuchs findet nur unter Laborbedingungen statt. Man kennt heute leider keine Methode wie man dies in der Natur in dieser Effizienz erreichen würde. In meinem Projekt würde man die Blöcke im Inneren bis zu einer bestimmten Größe vorbereiten, sodass sie später im Freien verbaut, lediglich nur gegenseitige Zwischenräume umwachsen würden. Geplant ist die Blöcke als Platten in Holzschablonen züchten zu lassen, Abmessungen ca. 60x30x8 cm, welche man dann immer durchschneiden und anpassen kann. Ich gehe davon aus dass die Beplankung der Innenräume einer Pflanzenkonstruktion ohnehin keine Platten exakter Maße benötigt, besser ist diese Platten an Ort und Stelle anpassen zu können. Präzise muss dieses Unterfangen nicht sein – die Pilze würden sich schließlich ausbreiten und die leeren Zwischenräume ausfüllen. Wie auch andere Teile des lebendigen Hauses, würde die Innenhaut auch nach dem Einbau weiterwachsen und sich ausbreiten. Dieses Maß wäre von der Luftfeuchte und Zusammensetzung, wie von der Temperatur abhängig – wäre aber sicherlich für eine Person steuerbar. Schrubben und Abreiben sind ab und zu nötig, da die Geschwindigkeit des Pilzwachstums keine hohe mehr ist. Pflegen sollte man sein Haus.

Eine Veranschaulichung der Pflegearbeiten, die man regelmäßig auch am lebendigen Haus durchführen müsste, um eine gewisse Nutzbarkeit gewährleisten zu können.

Abb. 83. Mehrmals im Jahr (vor Allem aber Februar und März) muss man die überschüssigen Nebentriebe entfernen. Gleichzeitig gilt es auch ab und zu, die Aufenthaltsbereiche von unnötigen und störenden Ästen zu befreien.

Abb. 84 unten u. 85., unten rechts. Den Pilz muss man gezieht wachsen lassen, d.h. unnötige Schichten und Bereiche ggf. entfernen.



Anleitung zum Selbermachen

Die Vorbereitung der Kulturböcke erfolgt wie beschrieben unter Laborbedingungen im Inneren. Ausreichend ist hierfür ein steriler, luftreiner Raum. Man fertigt zuerst die Negativform her, am einfachsten sind Holzschablonen in benötigten Formen und Maßen. Für das Wachsen der Getreidebrut benötigt man abgestorbene organische Materie, am besten dafür eignet sich Holzspan¹. Sägespäne sind die Nahrung für die Pilzbrut. Eichen-, Buchen- und Ahornspäne sind hierbei die beste Wahl. Nun wird der Vorgang in kurzen Punkten beschrieben und durch Abbildungen dokumentiert.

- Sägespäne mit Wasser anfeuchten und Substrat gut abtropfen lassen.

Man muss sichergehen, dass der Holzspan sterilisiert wird. In der Regel erfolgt dies in einem Autoklav, anschließend das Beimpfen in einer sterilen Werkbank. Nur so können Kontaminationen durch Fremdpilze aus der Luft, insbesondere Hefe vermieden werden.

- Einfüllen des Substrates in einen Mikrofilterbeutel. Geeignet hierfür sind z.B. Unicorn Mycobags die speziell für die Pilzkultivierung eingesetzt werden, die für rd. 1,30€/Stück erhältlich sind.

- Substratblock in die zuvor produzierte Schablone bringen.

- Beimpfen des Substrates mit Flüssigmyzel oder Getreidebrut. Man kann sogar Teile von frischen Pilzen verwenden, Getreidebrut und Flüssigmyzel eignen sich jedoch viel besser für die Züchtung. Eine sehr kleine Menge an Flüssigmyzel, ca. 20ml mit einer großzügigen Menge an Holzspan durchmischen. Nun sollte der Beutel luftdicht abgeschlossen werden - wenige Schritte sind so wichtig für den Erfolg unserer Züchtung wie dieser. Auch eine einfache mechanische Schließung steriler Beutel kann unterschiedliche Auswirkungen auf das Endergebnis haben. Alle anderen Schritte können perfekt verlaufen und dennoch, bei einer falschen Abschlüßung des Beutels würde der ganze Block verdorben sein.²

- Nach 4-6 Wochen sollte der Block soweit durchgewachsen sein, dass man mit der künstlichen **Trocknung** beginnen kann. Dadurch stellt der Pilzkörper sein Wachstum ein, da Reishi Fruchtkörper eine hohe Luftfeuchte zum Wachsen benötigen. Das Zeitfenster hängt von der jeweiligen Größe der Schablone ab. In meinem Experiment, den ich mit Hilfe von Herrn Förster durchgeführt habe, waren für einen 25x12x8cm Block 6 Wochen nötig.

- An dieser Stelle beginnt der Trocknungsprozess. Herr Förster hat mir einen Pilzblock, gut verpackt, per Post zugeschickt (der Transport von Kulturböcken lief reibungslos). Diesen habe ich dann im Baustofflabor der TU Wien in den Trockenofen gestellt. Die ersten zwei Tage auf einer Temperatur von 28°C und Lüfter 40% im Trockenofen, dann auf 34°C für zusätzliche drei Tage. Die Temperatur habe ich in meiner Recherche dem Atelier von Phill Ross entnommen, wo er mit zwei Zimmerventilatoren und zwei kleinen Radiatoren einen Raum während ein paar Tage erhitzt hat und für die Trocknung der Pilzböcke verwendet hat. Wahrscheinlich kann diese Trocknungstemperatur auch erhöht werden, wie ich in einigen Literaturangaben erfahren habe, mir war es aber jedoch ein zu hohes Risiko für einen einzelnen Pilzblock den ich zu Verfügung hatte. Vollkommen abgetrocknete Böcke sind dann sehr hart, Details dazu im folgenden Kapitel.

- Nach der Trocknung kann man die Böcke bei normaler Zimmertemperatur beliebig lang aufbewahren. Hierbei wartet man auf die Wintermonate um an der Laube die Beplankungsarbeiten durchführen zu können. Da Reishi selbst ein Heilpilz ist, besteht keine Gefahr während der Aufbewahrung für Mensch und Mobiliar.

- Die abgetrockneten Böcke nun in kaltes Wasser für 24h eintauchen, um den Pilz schließlich **wiederzubeleben**. Dies sollte unmittelbar vor der Beplankung am Haus selbst stattfinden. Dadurch können die Pilze schließlich eine Innenhaut bilden.

- Die Böcke nun an die gewünschten Stellen am Haus, an der Weidenkonstruktion befestigen – jegliche Art von Verbindung ist zulässig – Metallschrauben, Seile, etc.

1 Growing gourmet and medicinal mushrooms, P. Stamets, S 155
2 Growing gourmet and medicinal mushrooms, P. Stamets, S 157



10. Mai 2015

Abb. 86. Zwei Holzschablonen (20x12x8cm und 25x20x10cm) wurden seitens Phillip Försters gefertigt. Diese Abmessungen wurden aus praktischen Gründen ausgewählt - Handhabung, Transport nach Wien, Untersuchung im Labor etc. Wichtig ist hierbei lediglich die Dicke der Blöcke, diese würde mit 8 - 10cm einer Wärmedämmschicht entsprechen. In diese Holzformen wurden Substratbeutel (Substratmischung aus Buchenmehl und Buchenspänen) platziert.



11. Mai 2015

Abb. 87. Einen Tag später wurde das Substrat sterilisiert und mit Pilzbrut beimpft. Als Beutel kommen Unicorn Mycobags in Frage. Der Kulturblock wuchs für 6 Wochen, unberührt, bevor er nach Wien zugesandt wurde. Die erste Lagerung und die Wachstumsphase sind von der Größe des zu kultivierenden Blocks abhängig. Mit 45 Tagen von einigen Gramm bis hin zu einem verwachsenen Block war ich positiv überrascht.



30. Juni 2015

Abb. 88 u. 89 unten. In 4 Tagen kam der Pilz durch die DHL nach Wien. Die Aufwendigkeit der Verpackung ist den Abbildungen zu entnehmen. Der Pilzblock war immer noch gut verschlossen im Mikrofilterbeutel, der erst vor der Trocknungsphase geöffnet wurde. Man kann sich ähnliche Szenarios und Kooperationen zwischen Architekten und Pilzzüchtern vorstellen, auch mit größeren Mengen.





1. Juli 2015

Abb. 90, 91, oben. Der Pilzblock im Baustofflabor der TU Wien, vor der Trocknungsphase. Haptisch handelte es sich um eine feuchte, knetenähnliche Substanz. Ich war meinerseits wegen der auszutretbaren Gerüche während der Öffnung des luftdichten Beutels bedacht. Nach 1-2 Sekunden füllte sich der Beutel mit Luft an, keine unangenehmen Gerüche sind ausgetreten. Auch später hatte der Block nur einen recht milden Duft, meiner Meinung nach, nach Blütentee.

1.-5. Juli 2015

Abb. 92. Die Trocknungsphase im Trocknungssofen hat begonnen. In dieser Zeit stellt der Pilz sein Wachstum ein, der Block nimmt an Härte zu. Eckdaten für diese Phase habe ich einem breiten Feld an Quellen entnommen - hauptsächlich aber Abbildungen von einem Trocknungsvorgang im Atelier von Phil Ross. In einem Raum wurden mittels Zimmeradiatoren und Ventilatoren für einige Tage mehrere Blöcke getrocknet. Somit habe ich ähnliche Bedingungen im Baustofflabor der TU Wien geschaffen.



3. Juli 2015

Abb. 93. Eine Zwischenstufe der Trocknungsphase. Die ersten zwei Tage wurde der Pilzblock bei einer Temperatur von 30°C und Lüftung (Ventilator) von 40% aufbewahrt. Die letzten drei Tage wurde die Temperatur auf 37°C erhöht (bei gleicher Umluft). Zu diesem Zeitpunkt war mir eine höhere Temperatur, angesichts der Verfügbarkeit neuer Pilzblöcke und mangelnder Erfahrung, zu riskant.





6. Juli 2015

Abb. 94, oben u. 95, oben rechts. Nahaufnahme des bereits fertig ausgetrockneten Pilzblocks. Haptisch ist er etwas härter geworden, äußerlich hat sich kaum was verändert. In der ersten Abbildung kann man noch genau die Buchenspäne erkennen.



Abb. 96. Der Pilz wurde am selben Tag in die Klimakammer versetzt, wo er bei einer konstanten Temperatur von 20°C und Luftfeuchtigkeit die Sommermonate verbrachte. In dieser Zeit war das Baustofflabor geschlossen und diese Kammer war der beste Aufbewahrungsort für den kommenden Monat.



25. August 2015

Abb. 97. Prof. Karl Deix hat den Pilzblock aus der Klimakammer herausgenommen. Bis zur Untersuchung im Oktober wurde der Block bei Zimmertemperatur aufbewahrt.



06 Untersuchungen im Baustofflabor

Weidenverbindungen

Das esentielle Element der Tragkonstruktion, sowie des Möbelausbaus, bilden die pflanzlichen **Verwachsungen**. Da diese Knotenbildungen im Rahmen meiner Arbeit, zeitlich unmöglich zu züchten sind, wurde eine alternative Herangehensweise ausgewählt. Ein Gabelwuchs eines Baumes ist vom molekularen Aufbau her ähnlich einer Verwachsung von zwei unterschiedlichen Pflanzen gleicher Art. Die Idee ist es, in der Natur bereits vorgefundene Vergabelungen der Silberweide zu untersuchen. Hierfür wurden jüngere Pflanzenexemplare ausgewählt. Richtwerte aus den Ergebnissen werden ggf. hochgerechnet – je nach Stärke des Querschnitts und der Knotenlage, um sie an das eigene Projekt anwenden zu können.

Zwei Druckversuche werden vorgenommen, jeweils zwei unterschiedliche Querschnittsstärken werden auf der Presse untersucht, um für die Hochrechnung und Anpassung an reelle Bedingungen präzisere Daten zu haben.

Im nächsten Schritt werden die Daten mit einer untersuchten hölzernen **Zimmermannsverbinding** verglichen um den Unterschied zwischen Baum und seinem Holzprodukt beim Druckversuch zu untersuchen. Passend hierfür habe ich eine Stirnversatz Verbindung hergestellt, die oft im Detail des Anschlusses Kopfband an den Stiel in einer Dachkonstruktion vorkommt. Diese ähnelt den bereits untersuchten pflanzlichen Verbindungen.

Die Untersuchung auf Durchbiegung wird im zweiten Schritt vorgenommen, um das Verhalten des Elements bei Biegezugbeanspruchungen zu analysieren.

Abb. 98 oben.
Ein Ausflug in die Natur um Silberweiden Gabelwüchse zu finden. Diese werden schließlich im Labor untersucht.
Abb. 99 Mitte u. 100 unten.
Einer dieser Gabelwüchse wird im Labor noch einmal für die Presse aufbereitet

Abb. 101 Hintergrund - ein Stimmungsbild, die Prüfobjekte im Baustofflabor



Druckversuch 1

Der erste Druckversuch wurde drei mal ausgeführt. Wegen der Anfangsangabe im System, dass die Presse je Sekunde 15N Kraft einbringt, wartete man nach mehreren Minuten vergeblich auf eine Reaktion am Diagramm (grüne und rote Linie - bis 5000N). Letztendlich erhöhte Prof. Deix den Kräfteinfluss auf 50N/s - die blaue Linie.

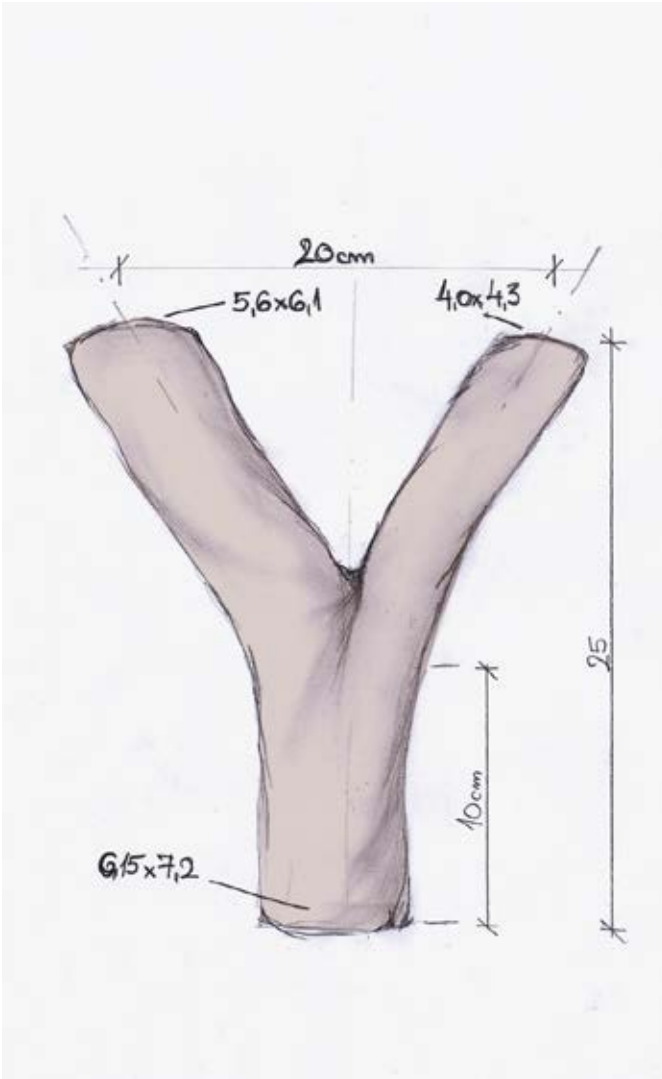
Die jeweiligen Einschnitte in der Kurve, bis ca. 18 000 N entstehen nur wegen der Auflagerung des Testobjektes und seiner unebenen Form.

Ab ca. 18500 N fing der Knoten an zu versagen. Würde man aber in der Natur diese Kraft erreichen, und bei einer konstanten Einwirkung beibehalten, würde sich der Baum wieder erholen und seine Baummasse dorthin optimieren.



Abb. 102. Vorbereitungen auf der Presse

Abb. 103. Skizzenabmessungen der ersten Astgabel



Diagrammwerte bei A_{Knoten} : $34,77\text{cm}^2$

Spannung

$$\delta_{\text{max}} = 7,53 \text{ N/mm}^2$$

Einwirkende Kraft

$$F_{\text{max}} = 19900,56 \text{ N}$$

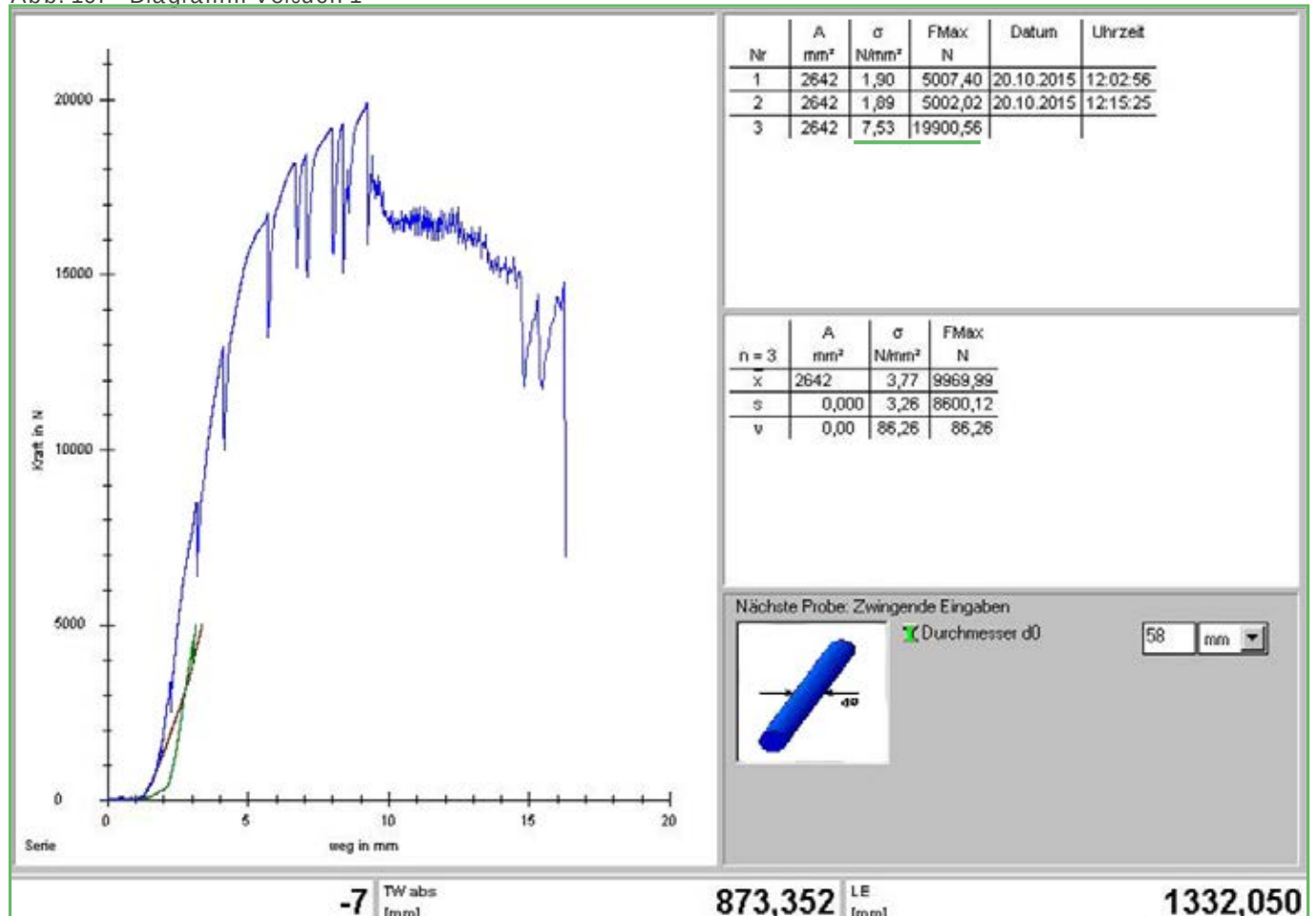


Abb. 104 oben und 105 oben rechts. Das erste Versuchsobjekt auf dem Prüfstand, vor und nach der Prüfung.

Abb. 106. Der durchgebrochene Gabelwuchs. Abstand von Mark zum Kambium - 5,09cm



Abb. 107 - Diagramm Versuch 1



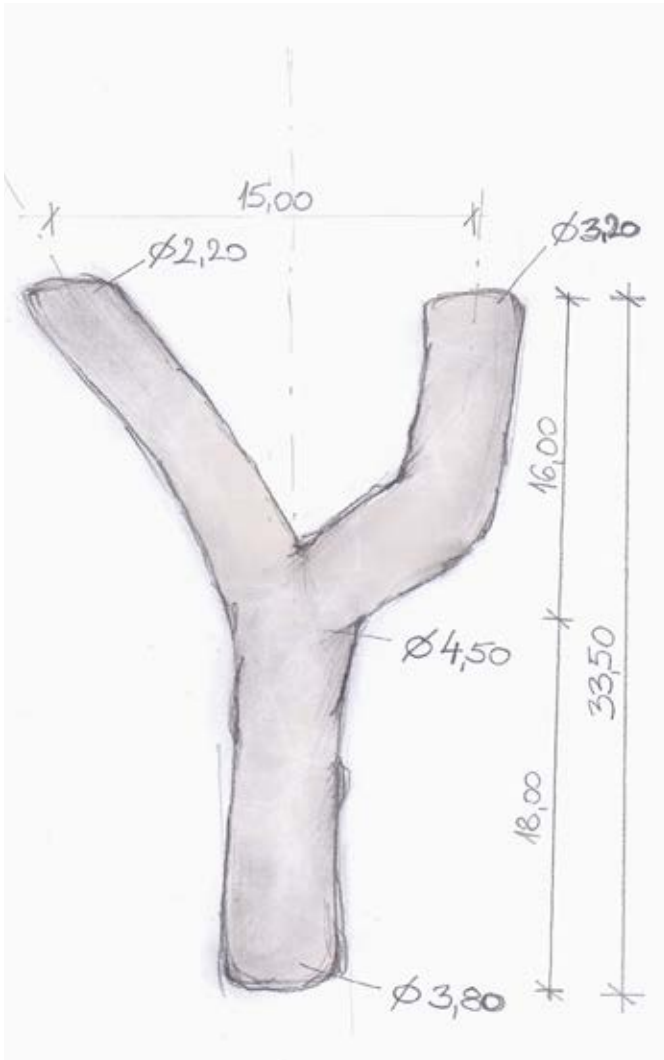
Druckversuch 2

Mit dem Ziel, genauere Daten von verwachsenden Bäumen zu Verfügung zu stellen, startete der zweite Druckversuch. Da diese Verbindungen, wie auch die getesteten Gabelwüchse, von Exemplar zu Exemplar unterschiedlich gewachsen sind, habe ich bei der zweiten Probe eine schwächere Astverzweigung untersucht.

Schwächer ist die zweite Probe im Vergleich zur ersten Probe, vor allem im Durchmesser der Äste und der Verzweigung, noch dazu tritt ein Ast etwas verschoben, eher seitlich aus.

Die Daten der beiden Versuche werden, wenn von den Querschnitten rechnerisch angepasst, für ein Mittelmaß verwendet.

Abb. 108. Skizzenabmessungen der zweiten Astgabel



Diagrammwerte bei $A_{\text{Knoten}}: 15,90\text{cm}^2$

Spannung

$$\delta_{\text{max}} = 2,22 \text{ N/mm}^2$$

Einwirkende Kraft

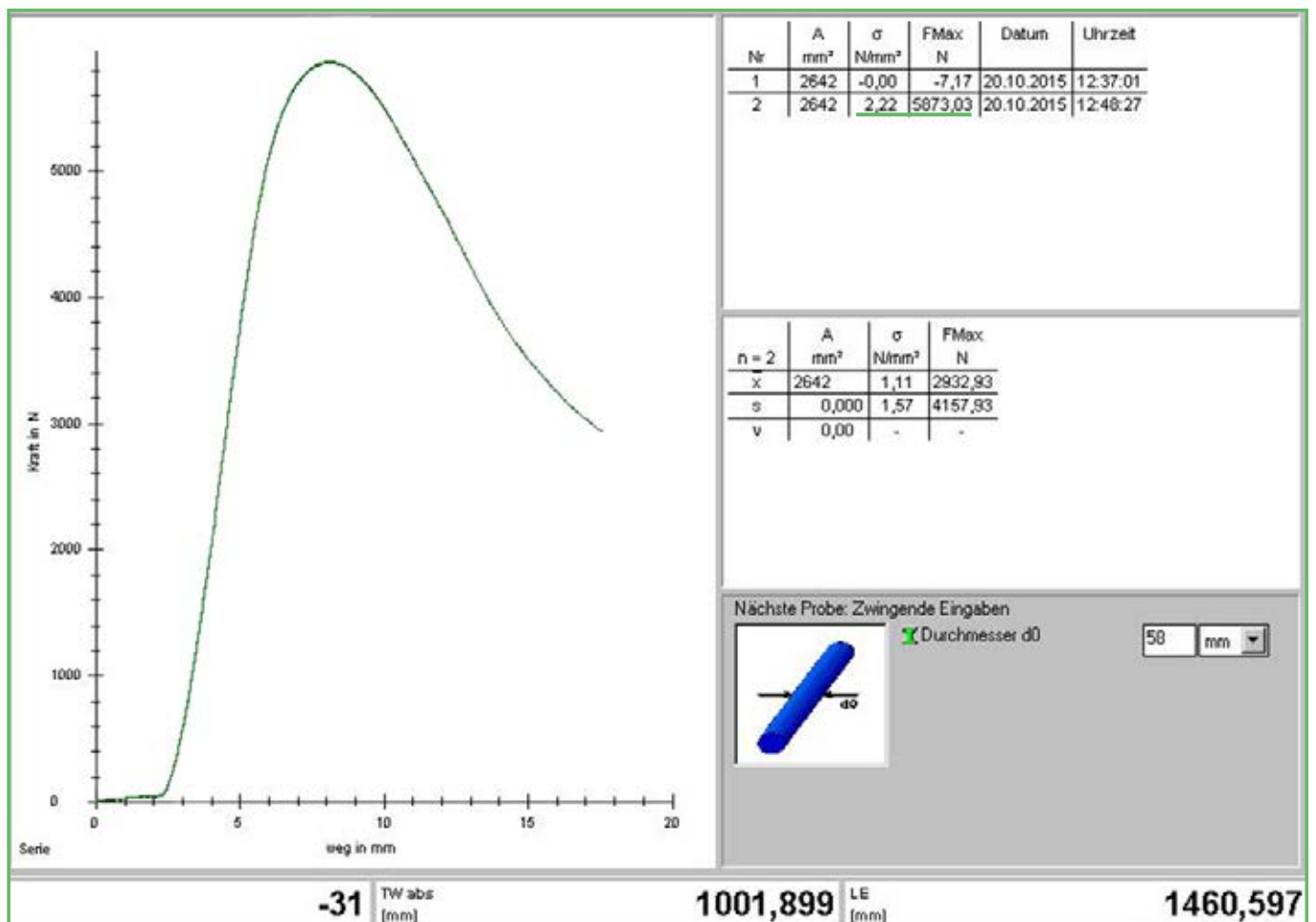
$$F_{\text{max}} = 5873,03 \text{ N}$$

Abb. 109

Im Gegensatz zum vorherigen Versuchsexemplar, dieser Gabelwuchs hat eine etwas versetzte, mehr seitliche Knotenbildung. Bei rechnerisch angepassten Werten für die jeweiligen Querschnitte, kann man jedoch beide Systeme für äußerst stabil annehmen.



Abb. 110. Das Diagramm vom zweiten Versuch, man bedenke, dass die Querschnitte der zwei Proben unterschiedlich sind.



Druckversuch 3 - Zimmermannsverbindung

Zimmermannsverbindung - Stirnversatz

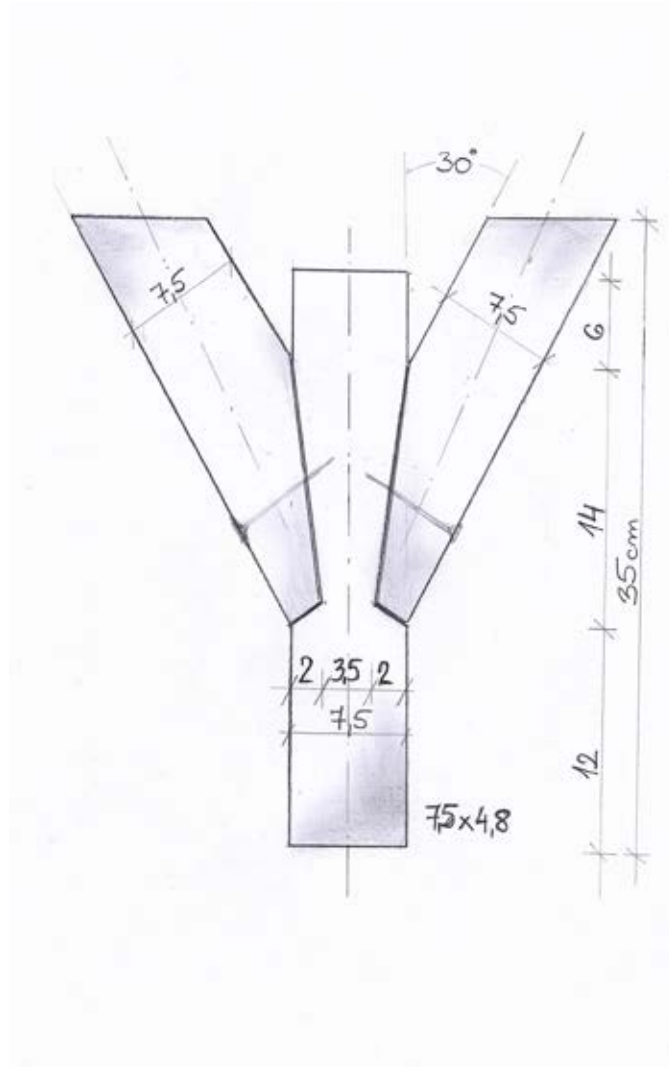
Verbindung für Streben, Kopfbänder.

Lagesicherung von Versätzen erfolgt mittels Schrauben. Es werden seitlich je zwei Schrauben eingebohrt, Seitenlatten werden absichtlich nicht eingesetzt um die Massivität der Verbindung nicht zusätzlich zu verstärken. Diese soll präziser mit den Astgabelversuchen verglichen werden können.

Abb. 111, rechts - Holz - 5/8 Balken, während der Zusammensetzung.



Abb.112. Skizzenabmessungen der Stirnversatzverbindung



Diagrammwerte bei

$$A_{\text{Verbindung}}: \text{ca. } 14,00 \times 4,8 \text{ cm} = 67,2 \text{ cm}^2$$

Spannung

$$\delta_{\text{max}} = 14,21 \text{ N/mm}^2$$

Einwirkende Kraft

$$F_{\text{max}} = 37538,95 \text{ N}$$

Versagen an der Metallverbindung bei ca. 35000 N.

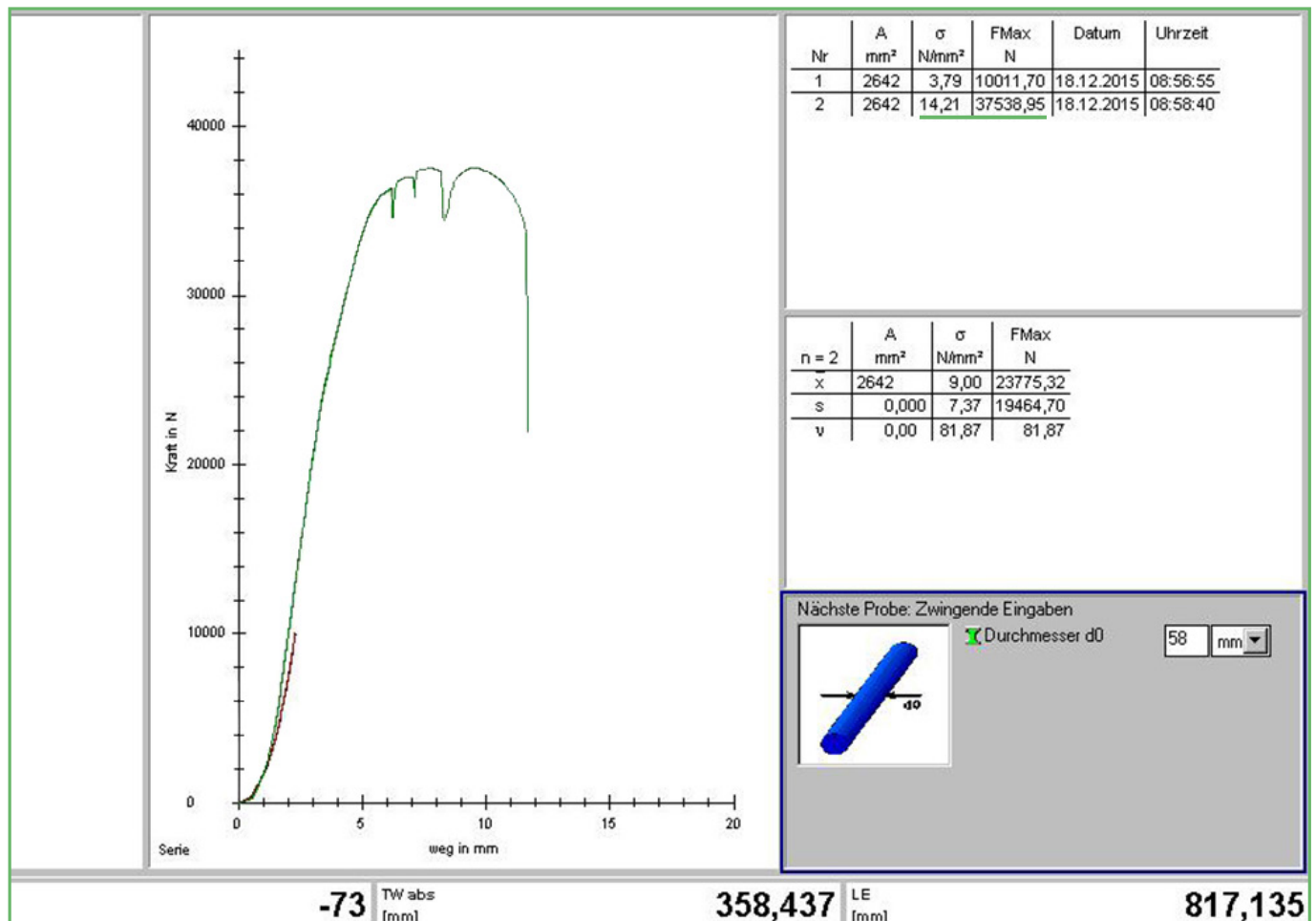
Abb.116 rechts. Das Druckdiagramm der Stirnversatzverbindung. Das Versuchsobjekt hat an der Verbindung versagt.



Abb. 113. Das Versuchsobjekt wurde mit 4 Schrauben verbunden, letztendlich auf der Presse geprüft. Ohne seitliche Latten versagt die Verbindung an den Schrauben, die Daten sind der Grafik zu entnehmen.



Abb. 114 u. 115, oben rechts - Das Versuchsobjekt auf der Presse



Biegeversuch

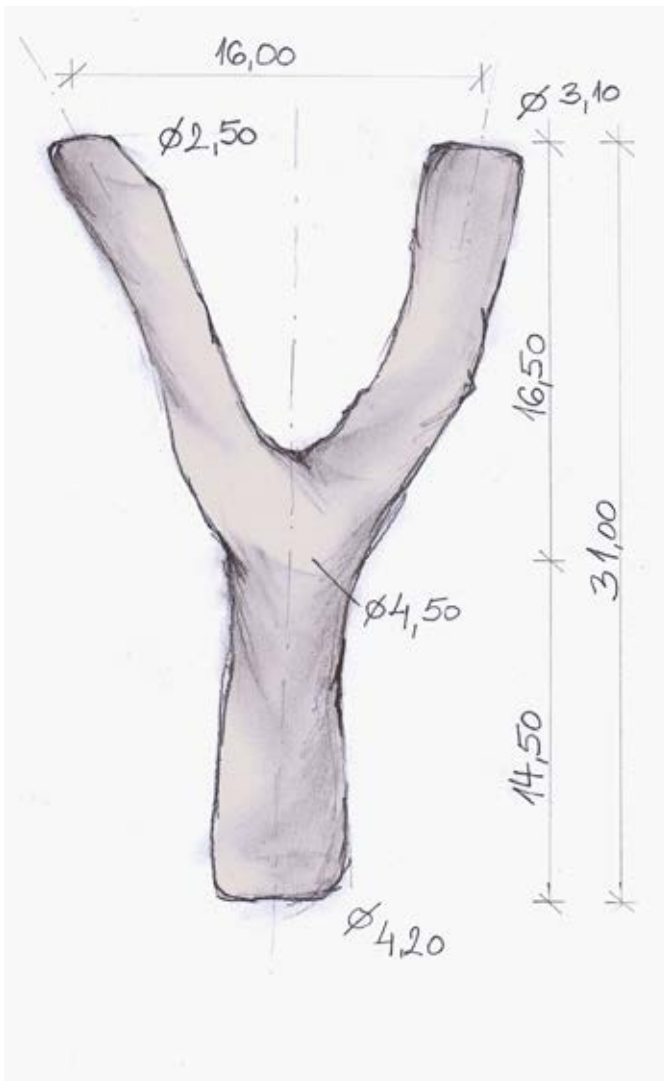
Abb. 120. Diese Grafik zeigt zwei Versuche des Biegezugtests.

Der erste Versuch, in dunkelrot dargestellt, wurde bei 1500N unterbrochen weil die Gefahr bestand, dass das Objekt aus der Presse wg. der Lage herauspringen würde.

Die grüne Linie zeigt den zweiten Test, wo man bei **1800 N** erste Materialermüdungen feststellen kann.

Bei der zweiten Positionierung nahm das Objekt eine größere Last auf.

Abb.117. Skizzenabmessungen der dritten Astgabel



Diagrammwerte bei A_{Knoten} : 34,65cm²

Spannung

$$\delta_{\text{max}} = 20,30 \text{ N/mm}^2$$

Einwirkende Kraft

$$F_{\text{max}} = 1835,45 \text{ N}$$

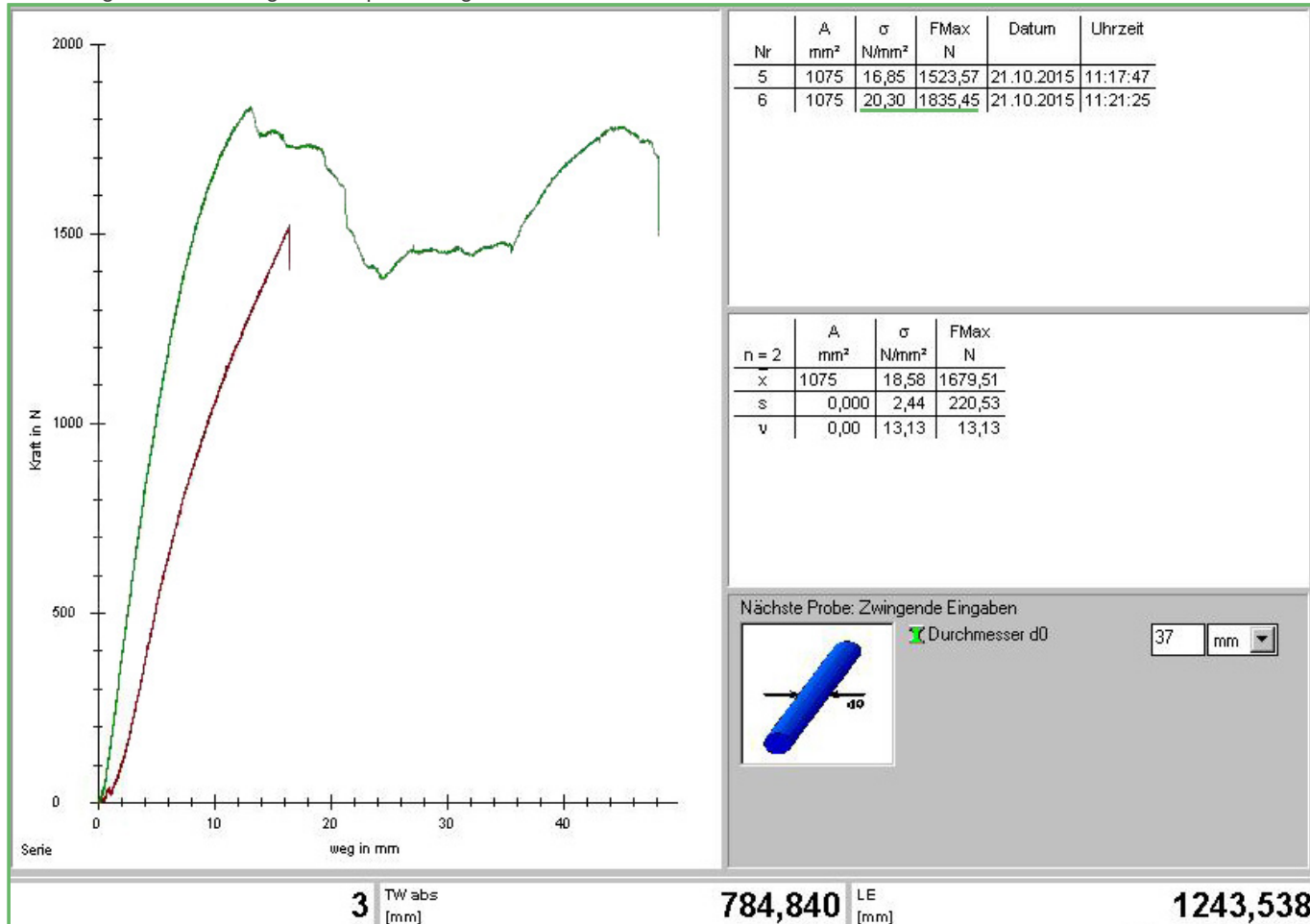
Abb. 118. Die Positionierung des Versuchskörpers an der Presse. Ziel war es, die Beanspruchung am Knoten zu testen.



Abb. 119. Während des Tests, rutschte die Astgabel von den Auflagern ab, was man im Diagramm bei der roten Kurve beobachten kann. Bei einer Neuauflagerung und wiederholtem Versuch wurden letztendlich die Werte der grünen Kurve erreicht.



Abb.120.
Das Diagramm der Biegebeanspruchung



Verformungsversuche in der Natur

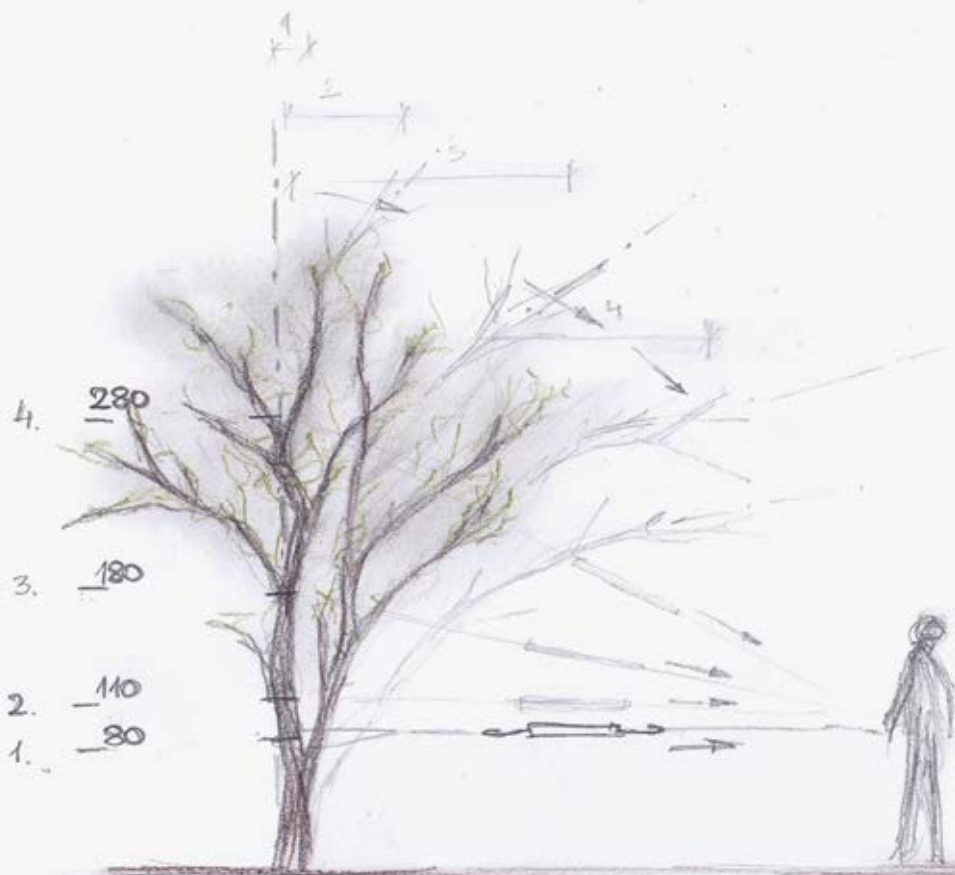
Ein wichtiger Aspekt der lebendigen Behausung ist in einer Baumkrone zu leben und die alltäglichen Aufgaben in und mit ihr zu meistern. Wie bereits im Buch angedeutet, muss man sich im Klaren sein, dass solch ein **Naturwerk** sich den aufkommenden Belastungen unterschiedlich entgegensetzt als die konventionellen Baustrukturen.

Pflanzen sind in der Lage, viel stärkere Verformungen einzunehmen und abzuleiten im Gegensatz zu von Menschen errichteten Gebäuden. Um sich ein Bild davon zu machen, bei welcher Zugkraft und an welchen Stellen am Baum sich die Verbiegung und Veränderung am meisten spürt, habe ich ein kleines Experiment mit Freunden durchgeführt.

Abb. 122 unten. Die Skizze zeigt den, ca. 4m hohen, ca. 5 Jahre alten Walnussbaum, der an 4 Stellen (gezielt gewählte Höhenpunkte) mit je gleicher Kraft gezogen wird. Die 4 errechneten Diagramme werden auf der nächsten Seite gezeigt.



Abb. 121. oben. Die Verformungen werden in cm anhand eines Referenzstocks gemessen.



09.November 2015

Abb. 123. Der erste Versuch startet noch am relativ festen Baumstam, auf einer Höhe von ca. 80cm. Die Werte sind auf der nächsten Seite im ersten Diagramm ablesbar.



Abb. 124. Beim zweiten Versuch wird auf einer Höhe von 1m gezogen. Die Höhe wurde ausgewählt weil sich bei diesem Baum hier schon eine erste Verzweigung formiert und langsam die Baumkrone anfängt. Es ziehen insgesamt zwei Personen am Seil, um eine 60-80kg Zugkraft zu erreichen.



Abb. 125. Ohne Teamarbeit geht nichts. Der dritte Versuch bei ca. 1,80-1,90m.



Abb. 126. Versuch 1 - $h = 80\text{cm}$ vom Boden

Punkt 1 - Bei 30kg Zugkraft verformt sich der Baum 2cm

Punkt 2 - Bei 60kg Zugkraft - Verformung 6cm

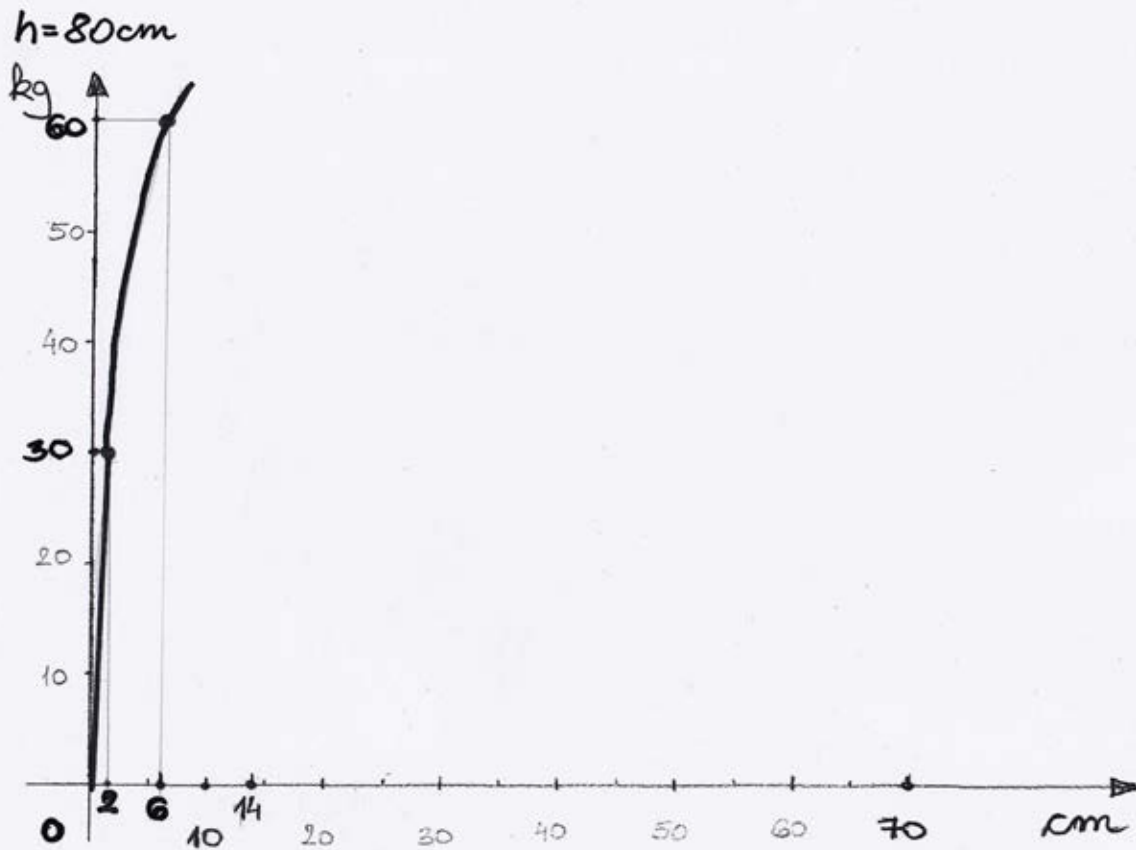


Abb. 127. Versuch 2 - $h = 110\text{cm}$ vom Boden

Punkt 1 - Bei 30kg Zugkraft verformt sich der Baum 4cm

Punkt 2 - Bei 60kg Zugkraft - Verformung 9,5cm

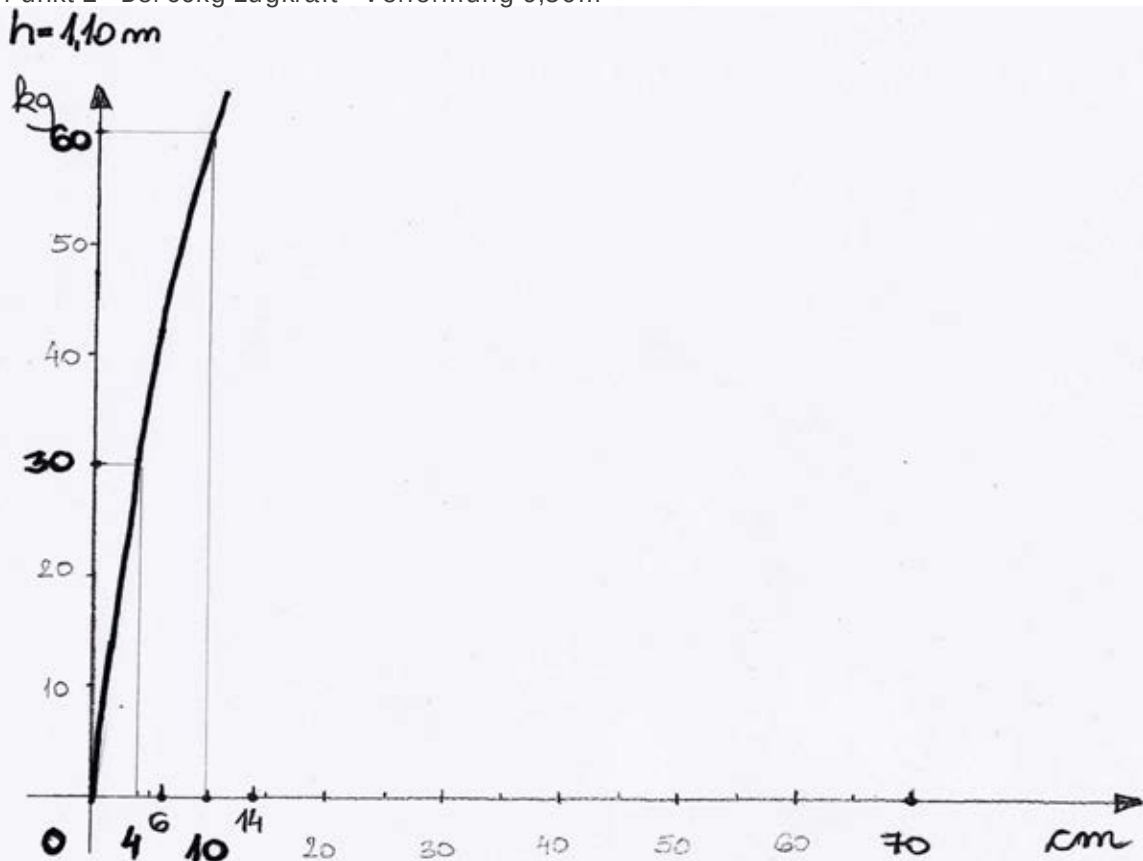


Abb. 128. **Versuch 3** - $h = 180\text{cm}$ vom Boden

Punkt 1 - Bei 30kg Zugkraft verformt sich der Baum 6cm

Punkt 2 - Bei 60kg Zugkraft - Verformung 14cm

$h = 1,80\text{m}$

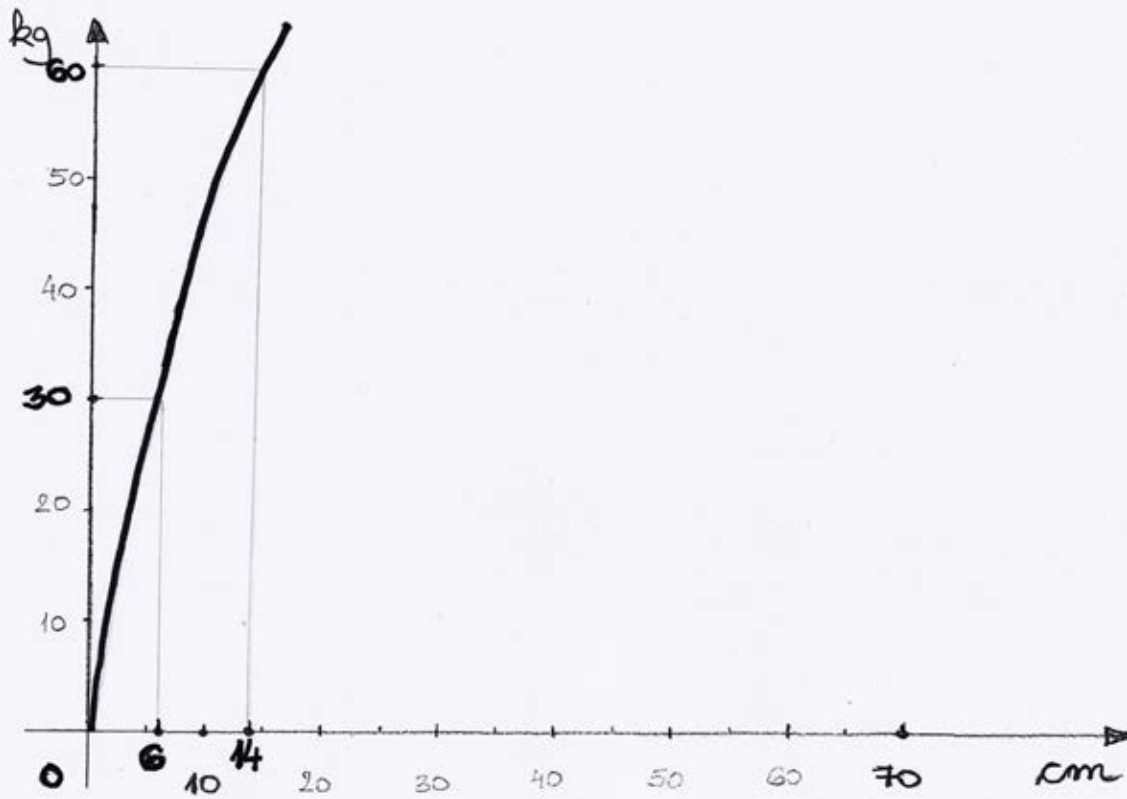
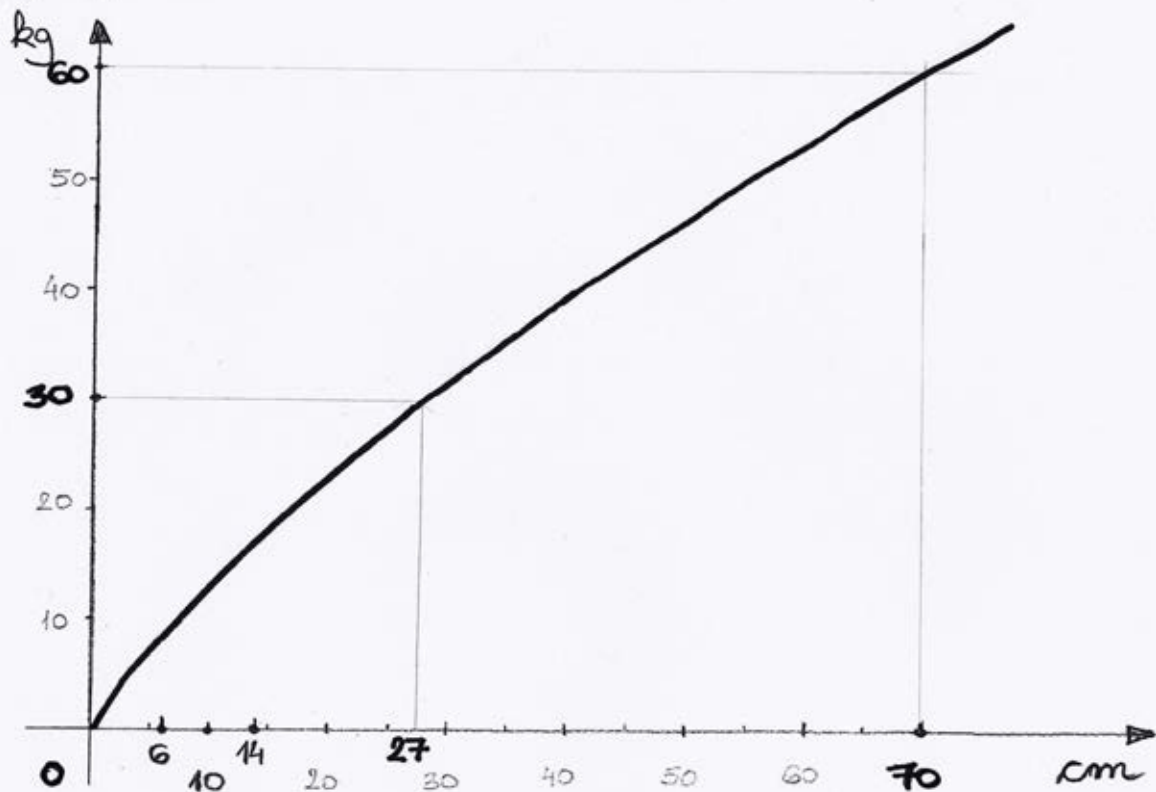


Abb. 129. **Versuch 4** - $h = 280\text{cm}$ vom Boden - Baumkrone

Punkt 1 - Bei 30kg Zugkraft verformt sich der Baum 27cm

Punkt 2 - Bei 60kg Zugkraft - Verformung +70cm

$h = 2,80\text{m}$



Reishi auf dem Prüfstand

Der Reishi Pilz ist das Flächenelement im Projekt, eine Innenhaut, die **Witterungs- u. Wärmeschutz** bieten soll. Hinsichtlich dieser Aufgaben werden diesbezügliche Punkte und Kriterien untersucht. Im Laufe meiner Recherche habe ich keinerlei Daten für die Härte dieser Kulturböcke gefunden – lediglich ein Internetvideo, in welchem Phil Ross mit einem Reishiblock eine Metalldose zertrümmert.

Untersucht wurde, neben der Druckpresse, die mittlere Dichte, die Abbrandgeschwindigkeit, der U-wert. Im weiteren Schritt wurden grobe Messungen vorgenommen – welche Materialstärke für einen funktionstüchtigen Einsatz nötig ist.

Da diese Daten stark von der Pilzzüchtung und Blockzusammensetzung abhängen, variieren die berechneten Ergebnisse von einander – es gilt hierbei weitere Tests durchzuführen, bis man eine compatible Züchtungsmethodik erreicht. Die Böcke von Herrn Ross sind einerseits das Produkt seiner über 15 Jahre andauernden Erfahrung auf dem Gebiet der Pilzzüchtung. Ich gehe stark davon aus, dass dieses junge Baumaterial in Zukunft auch viel öfter in der Praxis und Literatur vorkommen wird. Man wird Wege finden, genau wie bei anderen Materialien zuvor, wie man ihre Eigenschaften optimieren kann und das Beste aus ihnen herausholen.

Um aus einem Pilzblock verschiedenste Untersuchungen durchführen zu können, wird im ersten Schritt der Block in kleinere Streifen unterteilt. Diese werden dann in den Experimenten verwendet.



Abb. 130. Prof. Karl Deix beim Schneiden des Pilzblocks in regelmäßige, kleinere Streifen, die dann in den Tests verwendet wurden.

Abb. 131. Zuvor wurde aber der rechte, größere Teil für die Berechnung des λ -Wertes verwendet.

Dichte der Pilzquader

Quader 1

Abmessungen:

$$V_1 = 15,76 \times 4,29 \times 4,56 \text{ cm} = 308,30 \text{ cm}^3$$

Masse:

$$m_1 = 83,3 \text{ g}$$

Dichte 1

$$\rho = m / V = 83,30 / 308,30 = 0,273 \text{ g/cm}^3$$



Quader 2

Abmessungen:

$$V_2 = 15,92 \times 4,41 \times 4,50 \text{ cm} = 315,93 \text{ cm}^3$$

Masse:

$$m_2 = 78,4 \text{ g}$$

Dichte 2

$$\rho = m / V = 78,4 / 315,93 = 0,248 \text{ g/cm}^3$$

Mittlere Dichte Kulturblock = 0,259 g/cm³



Von oben nach unten - Abb. 132, 133, 134.
Abmessungen für die Berechnung der mittleren Dichte.

Druck- und Biegeversuch

Die Untersuchungen an den Pilzstreifen liefen eher unerwartet, wenn man die Werte beobachtet. Der Pilzblock an sich war relativ spröde, man hat das Gefühl, dass sein Myzel die Sägespäne nicht richtig eingebunden hat, dass quasi sein Bindemittel versagt hat.

Die Festigkeitswerte sind bei diesem Exemplar relativ niedrig im Gegensatz zu den Blöcken die Herr Ross präsentiert.

Dies kann u.a. an einer zu kurzen Wachstumsphase liegen, oder nicht optimierter Trocknungsperiode. Ich gehe davon aus, dass die Trocknung länger und bei höheren Temperaturen durchgeführt werden sollte. Wie aber bereits im Kapitel über den Pilz beschrieben, war es mir zu riskant, die Temperatur oder Zeit (Dauer) zu erhöhen.

Ein weiterer Punkt ist der Feuchtegehalt im Pilz. Im natürlichem Zustand, wenn „wiederbelebt“ und am Haus eingesetzt, ist der Pilz nicht so trocken wie bei den Versuchen im Baustofflabor. Für eine genaue Ermittlung der Werte müsste man schließlich einen Einschnitt in die Behausung wagen, und diese Pilzprobe schnellstmöglich untersuchen.

Herr Förster, der den Pilzblock gezüchtet und geschickt hat, meint auch, dass für die Qualität des gezüchteten Pilzes, eine Menge an Faktoren eine Rolle spielen kann. Genauere Antworten wird man aber leider auf diese Art nie bekommen können. Der sicherste Weg, wie so oft in der Forschung ist weiter zu züchten und weiter auszuprobieren. Der Beweis, dass es geht, wird spätestens bei den Videos und Werken von Phill Ross geliefert.



Abb. 135 und 136. Biegeversuch vom Pilzstreifen. Im Gegensatz zum Pilz in der Natur, war diese Probe sehr trocken und spröde. Die Werte die erreicht wurden werden hier ohne Grafik aufgelistet:

Spannung
 $\sigma_{\max} = 0,05 \text{ N/mm}^2$

Einwirkende Kraft
 $F_{\max} = 44 \text{ N}$

Abb. 137. Eine übrig gebliebene Hälfte des Pilzstreifens wurde letztendlich auf der Presse auf die Druckfestigkeit untersucht. Die Daten kann man der Grafik entnehmen.



Diagrammwerte Druckversuch Pilz d=5cm

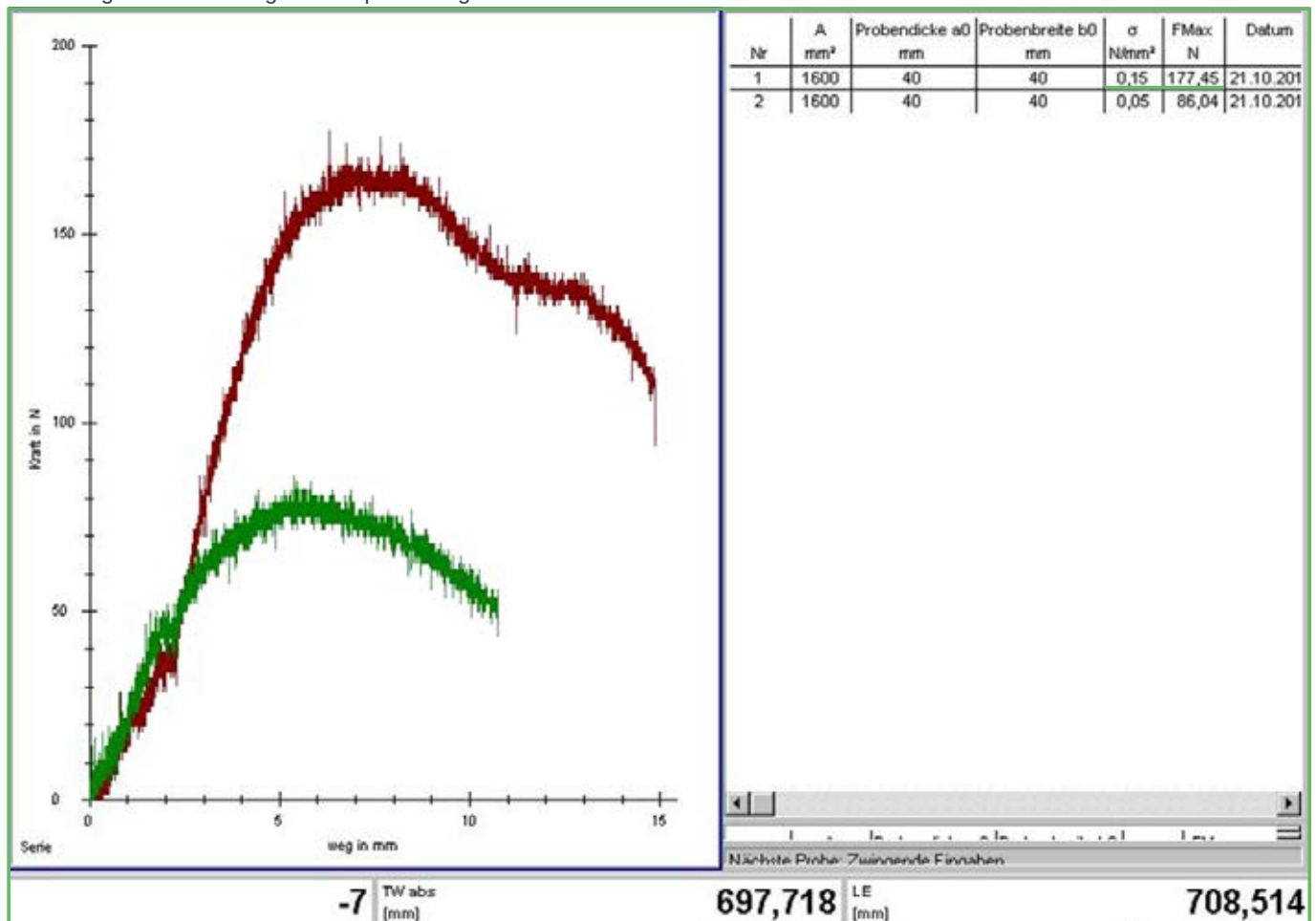
Spannung

$$\delta_{\max} = 0,15 \text{ N/mm}^2$$

Einwirkende Kraft

$$F_{\max} = 177,45 \text{ N}$$

Abb.138.
Das Diagramm der Biegebeanspruchung

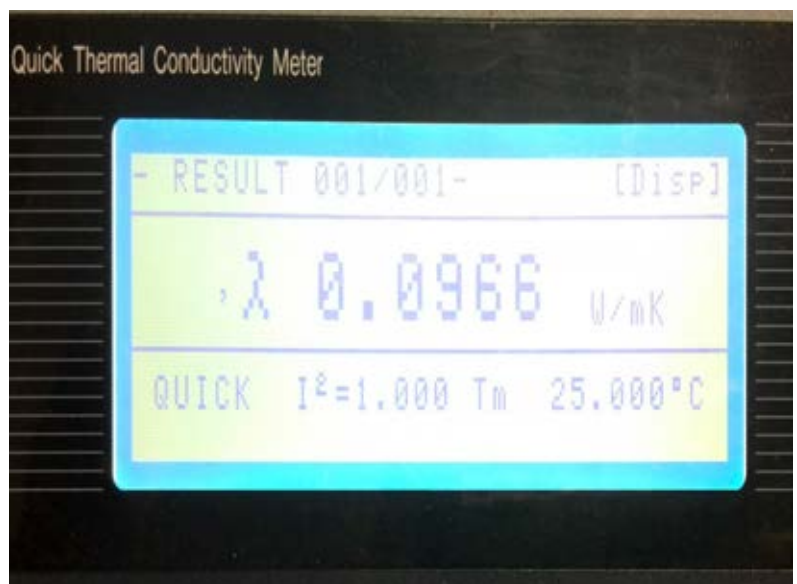


Wärmeleitfähigkeit

Für die Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit wurden zwei Untersuchungen durchgeführt. Zuerst wurde der Pilzblock mit Schleifpapier verarbeitet um eine möglichst ebene Fläche zu bekommen die für das Gerät sehr wichtig ist. Beim ersten Versuch wurde der Block auf der Oberseite bemessen, die relativ eben war.

Im zweiten Versuch auf der gegenüberliegenden Seite wurde der Block hochgestellt, und nochmals, für 5 Minuten mit dem Wärmeeisen thermisch bestrahlt. Im Gerät selbst befinden sich kleine Sensoren, die, während sich das Gerät erhitzt, Wärme abgeben und dabei in einer kleineren Tiefe die Temperatur messen, die in einer gewissen Zeit erreicht wird. Anschließend an diesen Vorgang erst wird ein Diagramm erstellt und letztendlich kann man den λ -Wert ablesen.

Versuch 1 - der erste λ -Wert auf der Oberseite vom Pilzblock,
von oben nach unten - Abb. 139, 140, 141



2. Versuch - Abb. 142, 143, 144. Beim hochgestellten Pilzblock war der Test etwas einfacher durchzuführen da die Fläche viel gerader geschnitten war. Man merkt auch, dass der λ -Wert hier niedriger ermittelt wurde.



Pilzblock Wärmeleitzahl $\lambda = 0,0913 \text{ W/mK}$

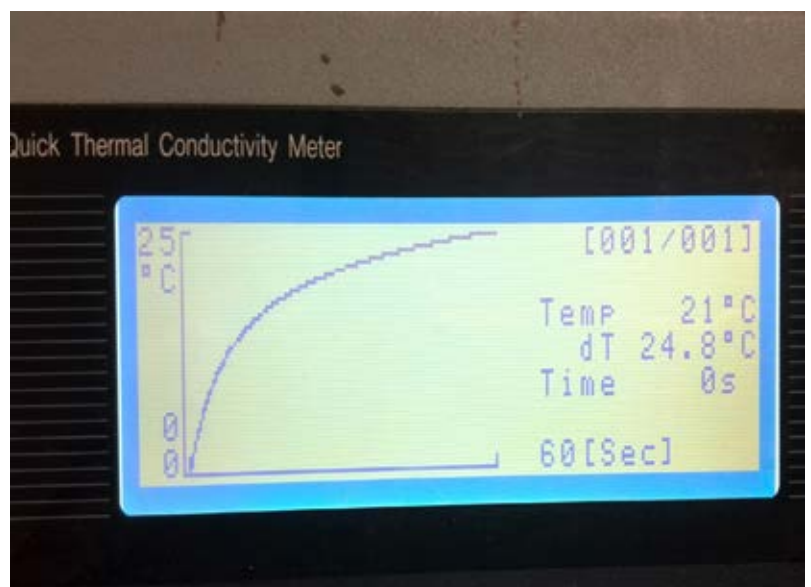
Bei einer 20-25cm starken Pilzschicht erreicht man im Wand- und Deckenaufbau ähnliche U-Werte wie bei gängigen konventionellen Systemen, wo beispielsweise 10-12cm EPS Dämmung im Wandaufbau verwendet werden. Um einen weiteren Vergleich zu nennen, hier einige λ -Werte¹:

Vollziegel $\lambda = 0,70 \text{ W/mK}$

Holzwoleleichtbauplatte $\lambda = 0,093 \text{ W/mK}$

Expandiertes Polystyrol $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$

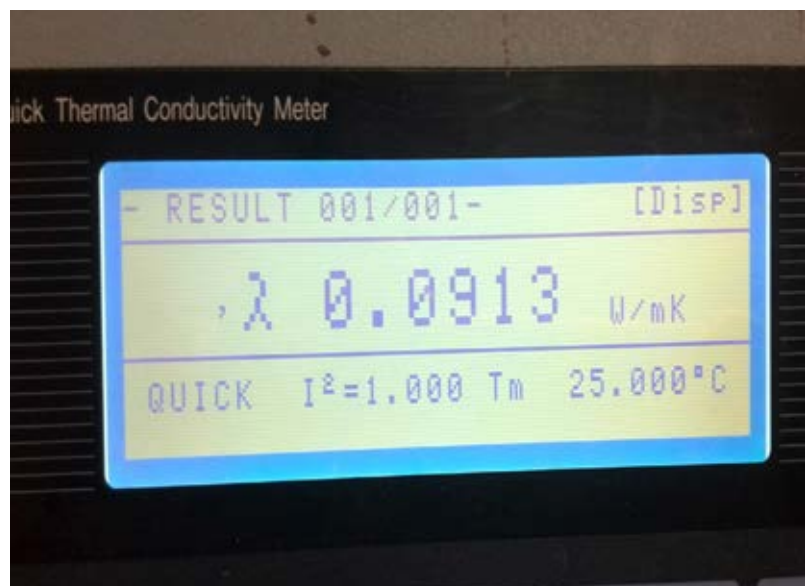
EPS zementgebunden $\lambda = 0,07 \text{ W/mK}$



- Dichtevergleich beider Materialien mit gleicher Wärmeleitzahl

Holzwoleleichtbauplatte Dichte = 400 kg/m^3

Reishi Pilz Block Dichte = 260 kg/m^3



¹ Wärmeleit Zahlen von Baustoffen, Pdf, www.klimahaus.it, Zugriff Dezember 2015

Wasseraufnahmeversuch

Der Reishipilz wird, als Flächenfüllelement, nun auf seine Wasseraufnahmefähigkeit untersucht. Der Test dazu ist recht einfach und übersichtlich. Man nimmt einen Pilzstreifen, wiegt ihn vor dem Wasserbad ab, und letztendlich, in unterschiedlichen Zeitintervallen wird seine Masse aufs neue abgewogen. Dazu sei gesagt, dass dieser Pilzblock unter seiner Außenhaut recht spröde ist, d.h. seine Kruste ist äußerst wasserabweisend. Hierbei wurde der gesamte Streifen untersucht.



Abb. 145 oben, 146 Mitte. Die Anfangsmasse bei 57,4g erhöht sich nach 3 Minuten auf 86,4g. In der Zwischenzeit wurde in bestimmten Intervallen der Pilz schnell aus dem Wasser rausgezogen, auf die Wage gebracht, und schließlich wieder zurück.



Abb. 147. Nach 30 Minuten, bei der Vollendung des Tests hatte der Pilzstreifen 86,4g



Wasseraufnahmekoeffizient $W = \Delta m / A \times \sqrt{t}$

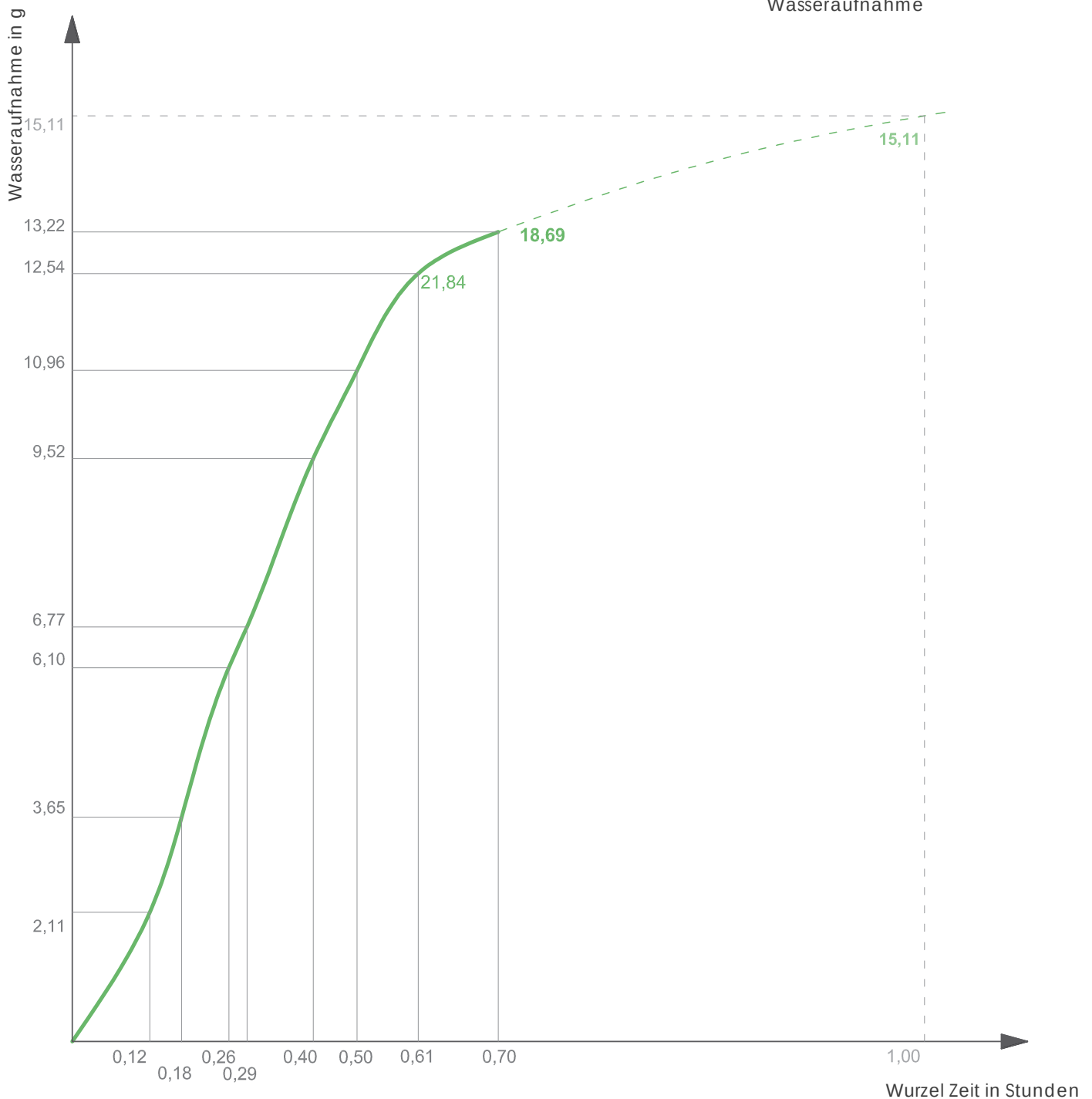
gemessen W durch verschiedene Intervalle - 1, 2, 4, 5, 10, 15, 20, 30 min

1 Minute - $\Delta m/A = 2,11 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 0,12\text{h}$	$W = 16,42 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$
2 Minuten - $\Delta m/A = 3,65 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 0,18\text{h}$	$W = 20,02 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$
4 Minuten - $\Delta m/A = 6,10 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 0,26\text{h}$	$W = 23,66 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$
5 Minuten - $\Delta m/A = 6,77 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 0,29\text{h}$	$W = 23,45 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$
10 Minuten - $\Delta m/A = 9,52 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 0,40\text{h}$	$W = 22,56 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$
15 Minuten - $\Delta m/A = 10,96 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 0,50\text{h}$	$W = 21,92 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$
20 Minuten - $\Delta m/A = 12,54 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 0,61\text{h}$	$W = 21,84 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$
30 Minuten - $\Delta m/A = 13,22 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 0,70\text{h}$	$W = 18,69 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$

zum Vergleich - Ziegel - 15-25
Gips - 20-70 $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$

Auszug aus einer Vorlesungsfolie Dr. Deix, Kapillarleitung, Dezember 2015

Nach 1 h wurde nicht gemessen. Da dies oft ein Richtwert ist,
wird hier der Wert nur von der Grafik abgeleitet:
 $\Delta m/A = 15,11 \text{ kg/m}^2$; $\sqrt{t} = 1,0 \text{ h}$ $W = 15,11 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h}^{0,5})$



Brandversuch Pilz

21.10.2015 Der restliche Teil vom Pilzblock wurde schließlich auf seine Abbrandgeschwindigkeit untersucht.

Der Block wurde direkten Flammen im Abstand von 10cm, durch die ersten 6 Minuten ausgesetzt (mit Unterbrechungen). Danach blieb er noch 35 Minuten unberührt, um zu sehen, wie sich die Flammen ausbreiten, wie viel Pilzmasse verbrennen wird.



Zusammenfassung

- Der Pilz brennt nicht von alleine weiter
- Es entstehen Flammen während man es aus nächster Nähe beflammt
- Nach 40 Minuten sind 15% der Pilzmasse abgebrannt
- Er verkohlt



Von oben nach unten - Abb. 149, 150, 151. Drei Fotos wurden innerhalb der 40 Minuten des Brandversuches geschossen - zu Beginn, 6 Minuten später, und letztendlich zum Schluss.



...nach der Materialvorstellung und dem Forschungsteil,
nun zum Entwurfsprojekt.



Abb. 152

Lebendiger Pavillon

Die zuvor behandelten Kapitel, Recherchen und Eckdaten fließen nun in ein Entwurfsprojekt ein. Geplant ist ein lebendiger Pavillon am Seeufer, auf einem imaginären Grundstück. Dieser Pavillon stellt eine Art Musterprojekt der lebendigen Behausung dar, die abgesehen von den klimatischen Verhältnissen und der gewählten Pflanzenart genauso gut auf anderen Orten wachsen könnte.

Mir ist es hierbei wichtig, die **Materialmöglichkeiten** und Grenzen dieser Bebauungsmethodik zu zeigen. Diese Chancen, die sich durch das Einsetzen von lebendigen Materialien bieten, werden mit einer Architektursprache verschmolzen, die ich über meine Ausbildungszeit an der Hochschule entwickelt habe. Beide Werte, die Materialmöglichkeiten sowie die architektonische Formsprache, werden zu einem Ganzen verschmelzen, in dem Moment wo die Anlage anfängt weiterzuwachsen. Das heißt, dass sich **die Rolle des Architekten** über den verschiedenen, dem Pfeil der Zeit folgenden, Prozessen ändert und neu definiert. Hauptsächlich geht es um den Willen von Mutter Natur und dem Einklang, in dem wir als Lenker uns befinden müssen.

Ein lebendiger Pavillon wäre als Pilotenprojekt genau das Richtige für den Anfang. Die Anlage bietet für einen Forscher Unterschlupf in den kalten Wintermonaten, Areale in der Laube selbst, für Vorträge, Veranstaltungen rund ums Thema der wachsenden Architektur, und weitere thermische Einheiten die man als Übernachtungsgelegenheit nutzen kann. Das zentrale, offene Hauptatrium ist sehr wichtig um die Belichtung für die Pflanzen rundherum gewährleisten zu können. Alle Einheiten ordnen sich um diese Hauptstruktur, wachsen aber mit der Zeit in sie hinein, oder kragen aus der Gesamtstruktur heraus – je nachdem, wie das Gebäude wächst.

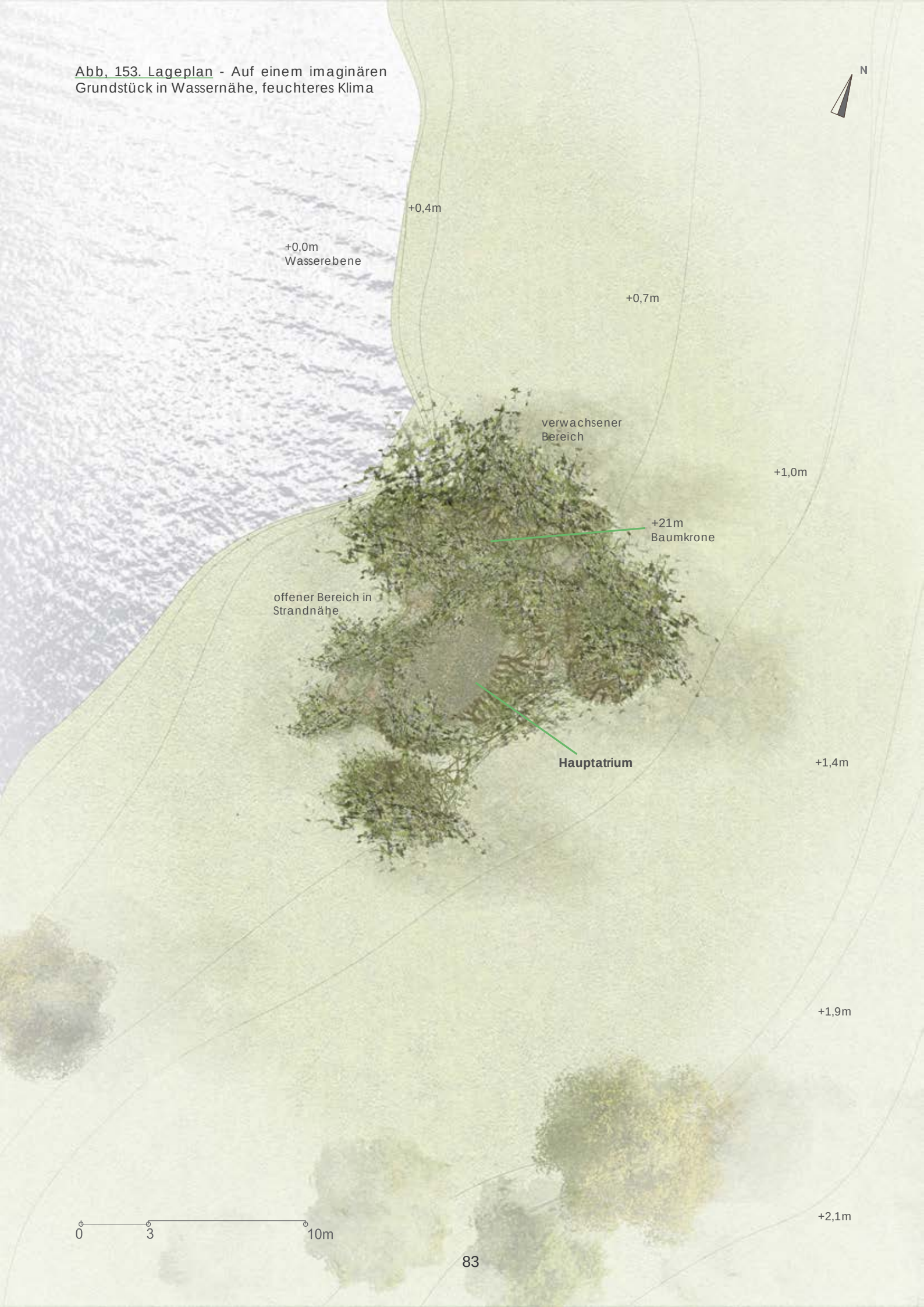
Den Forscher bei der Arbeit zu beobachten, ein Paar Nächte selbst in dieser lebendigen Struktur zu übernachten, von einer lebendigen Cocktail Bar einen natürlichen Drink zu genießen, würde sicherlich eine Großzahl an InteressentInnen einladen.

Architektonisch interessant ist hierbei die Beziehung zwischen verwachsenen und offenen Bereichen, die Erschließungs- und Pufferzonen etc. Vor Allem beeindruckt das Gefühl des Schwebens, sich in diesen Räumlichkeiten, mehrere Meter oberhalb des

Erdreiches, zu bewegen. Neben dem Erklimmen der Unregelmäßig verlaufenden Böden und Ästen, bewegt sich die Struktur in der Baumkrone mit – viel mehr als wir das von gelenkigen Türmen der Zeitgenössischen Architektur kennen.

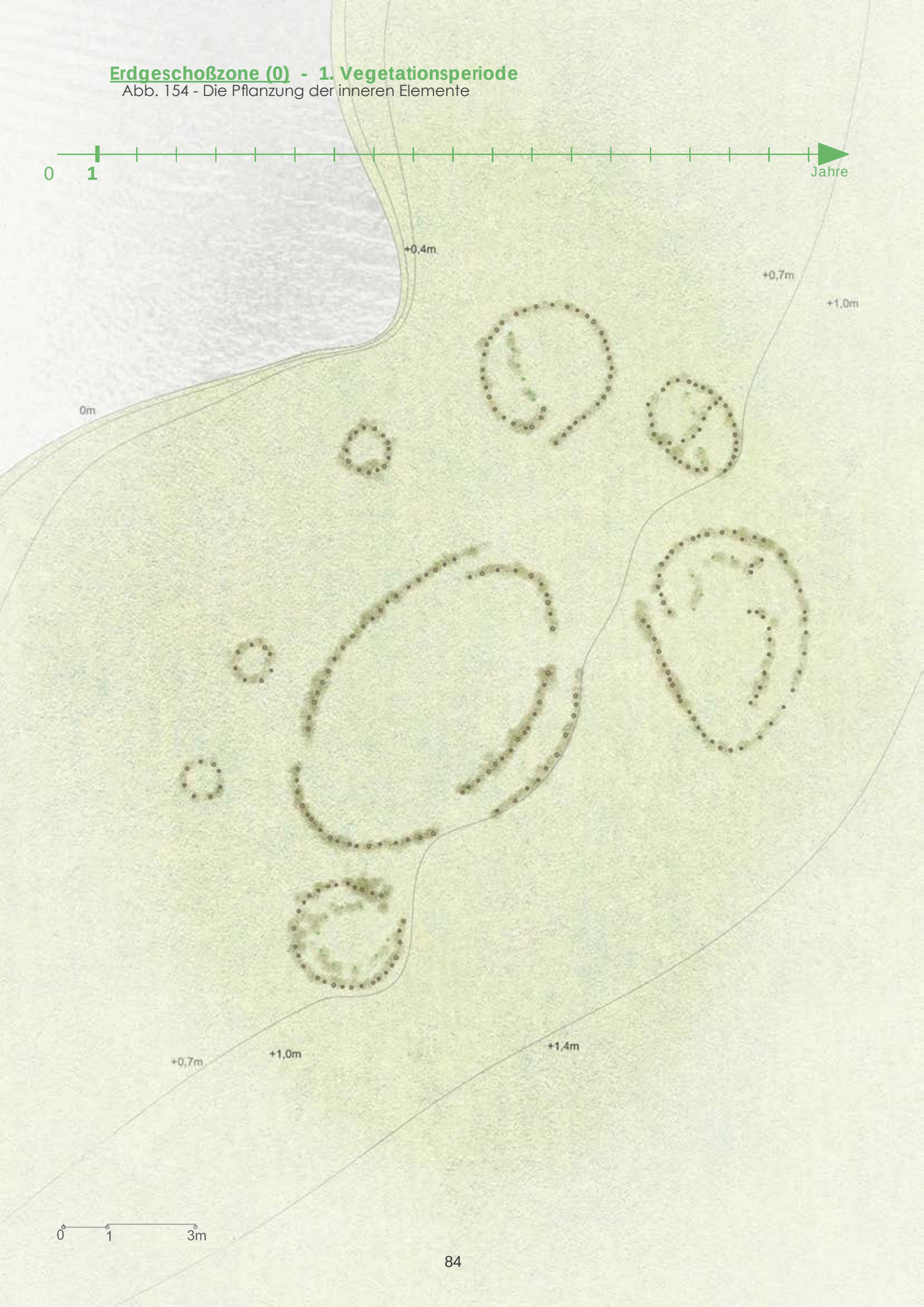
Das Innengefüge verhält sich wie die Tragkonstruktion – die Möbel, Öffnungen, etc. sind mit demselben Prinzip der Pflanzenknoten gezüchtet. Die Innenräume hätten einen Wasseranschluss, wären aber in meinem Projekt nicht mit Top-Technik ausgestattet – man sollte den Hauch der Natur spüren können, und sich nicht vom Flachbildfernseher und Wifi ablenken lassen. Man kann sich sicherlich vorstellen, dass der Pilz, sowie die Pflanze aber auch unsere Technik aushalten – die wachsen um Materialien und Geräte herum, die sich nicht in sich einbinden können. Auch eine zusätzliche Wasser-/Stromröhre ist nachträglich einbaubar, da das Gebäude vor der Verwachsung sehr viele Hohlräume bildet.

Abb. 153. Lageplan - Auf einem imaginären Grundstück in Wassernähe, feuchteres Klima



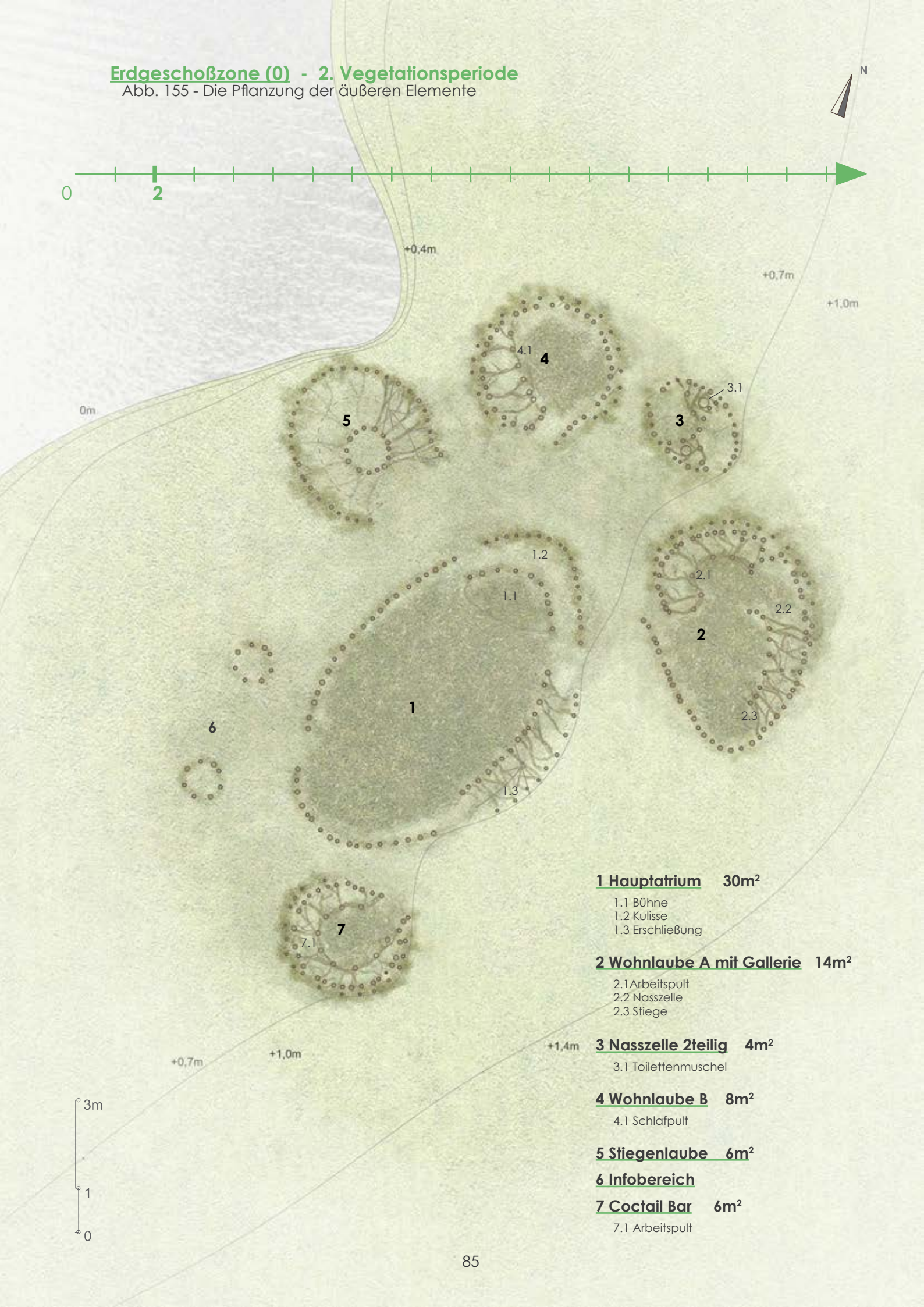
Erdgeschoßzone (0) - 1. Vegetationsperiode

Abb. 154 - Die Pflanzung der inneren Elemente



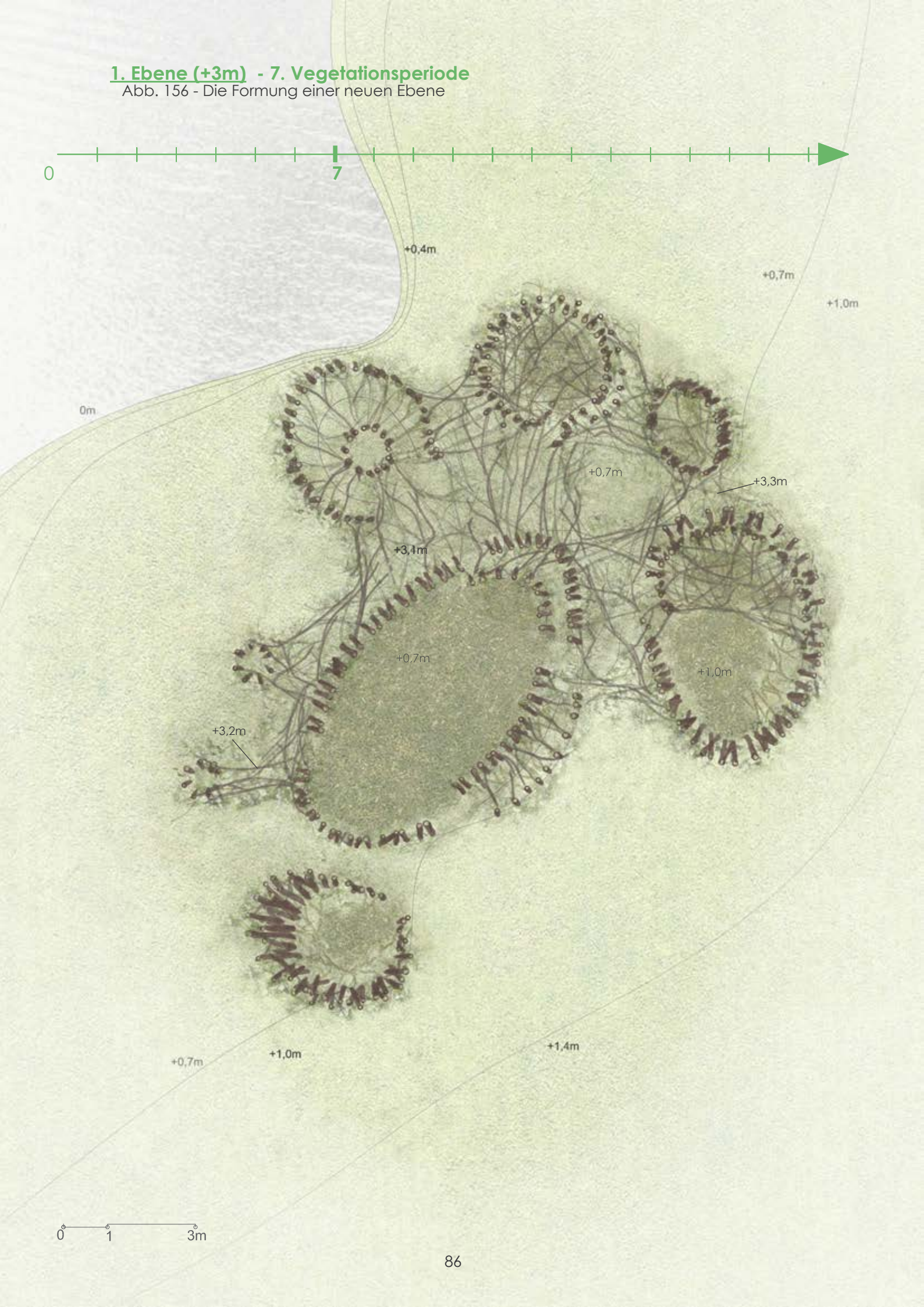
Erdgeschoßzone (0) - 2. Vegetationsperiode

Abb. 155 - Die Pflanzung der äußeren Elemente



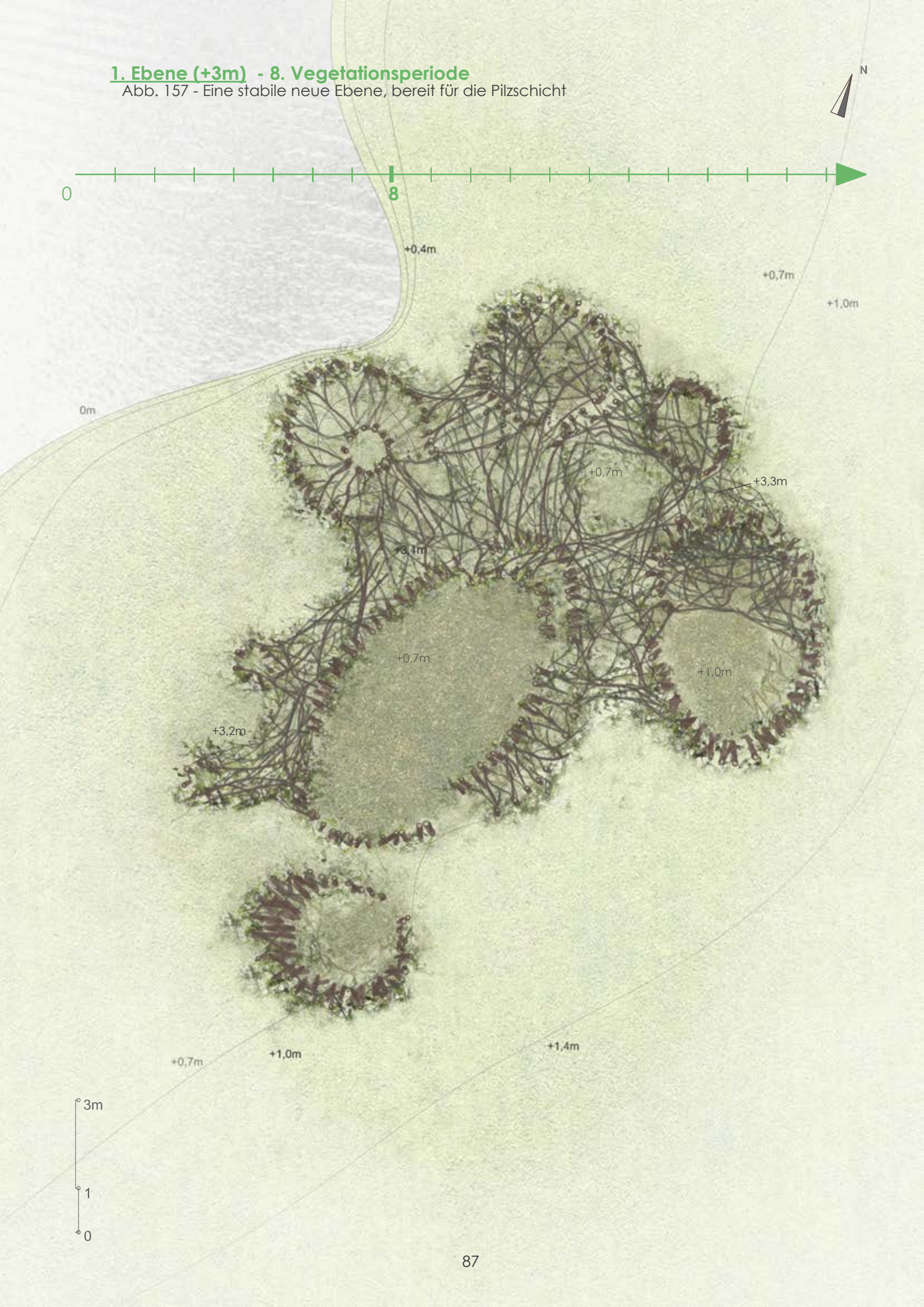
1. Ebene (+3m) - 7. Vegetationsperiode

Abb. 156 - Die Formung einer neuen Ebene



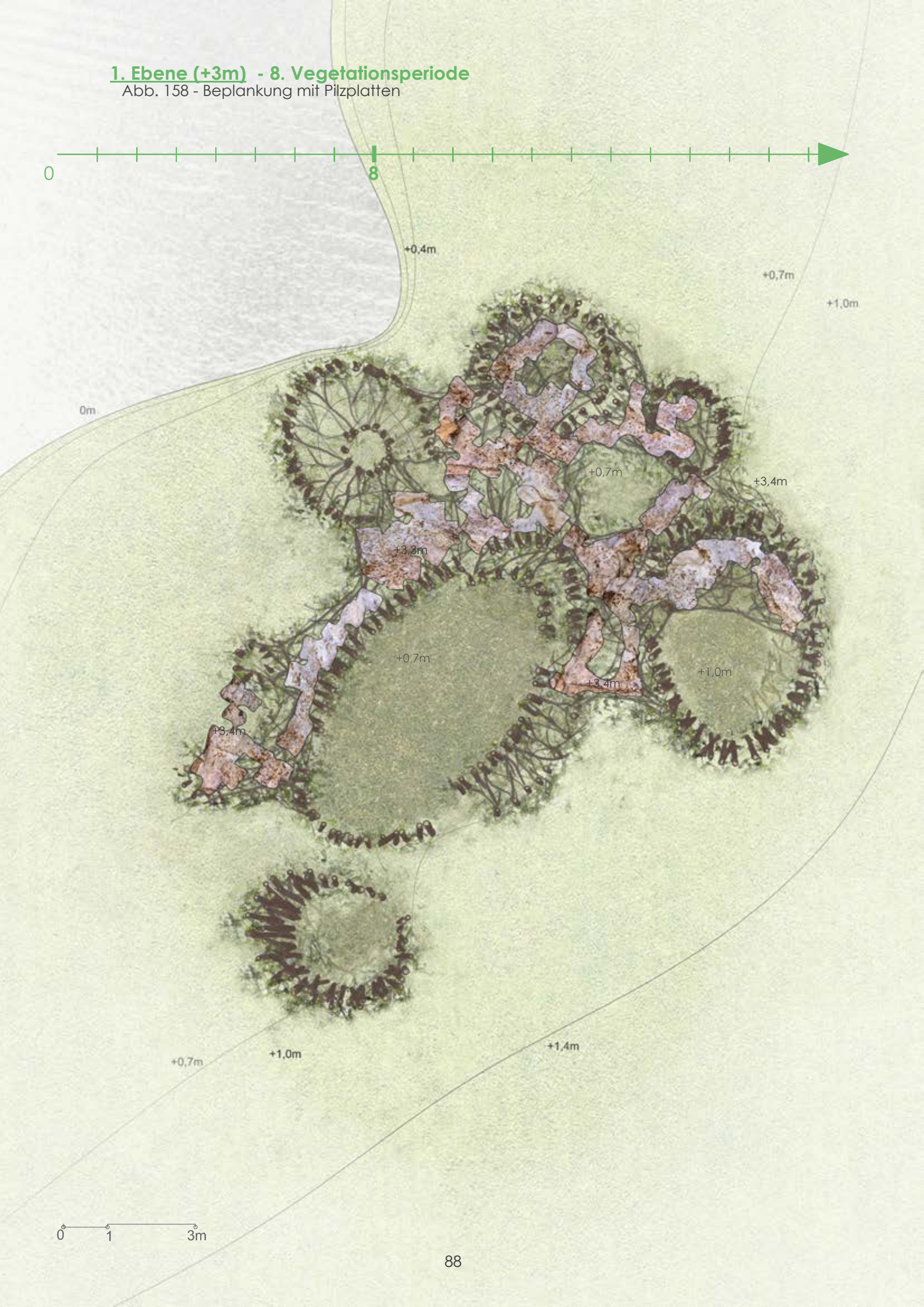
1. Ebene (+3m) - 8. Vegetationsperiode

Abb. 157 - Eine stabile neue Ebene, bereit für die Pilzschicht



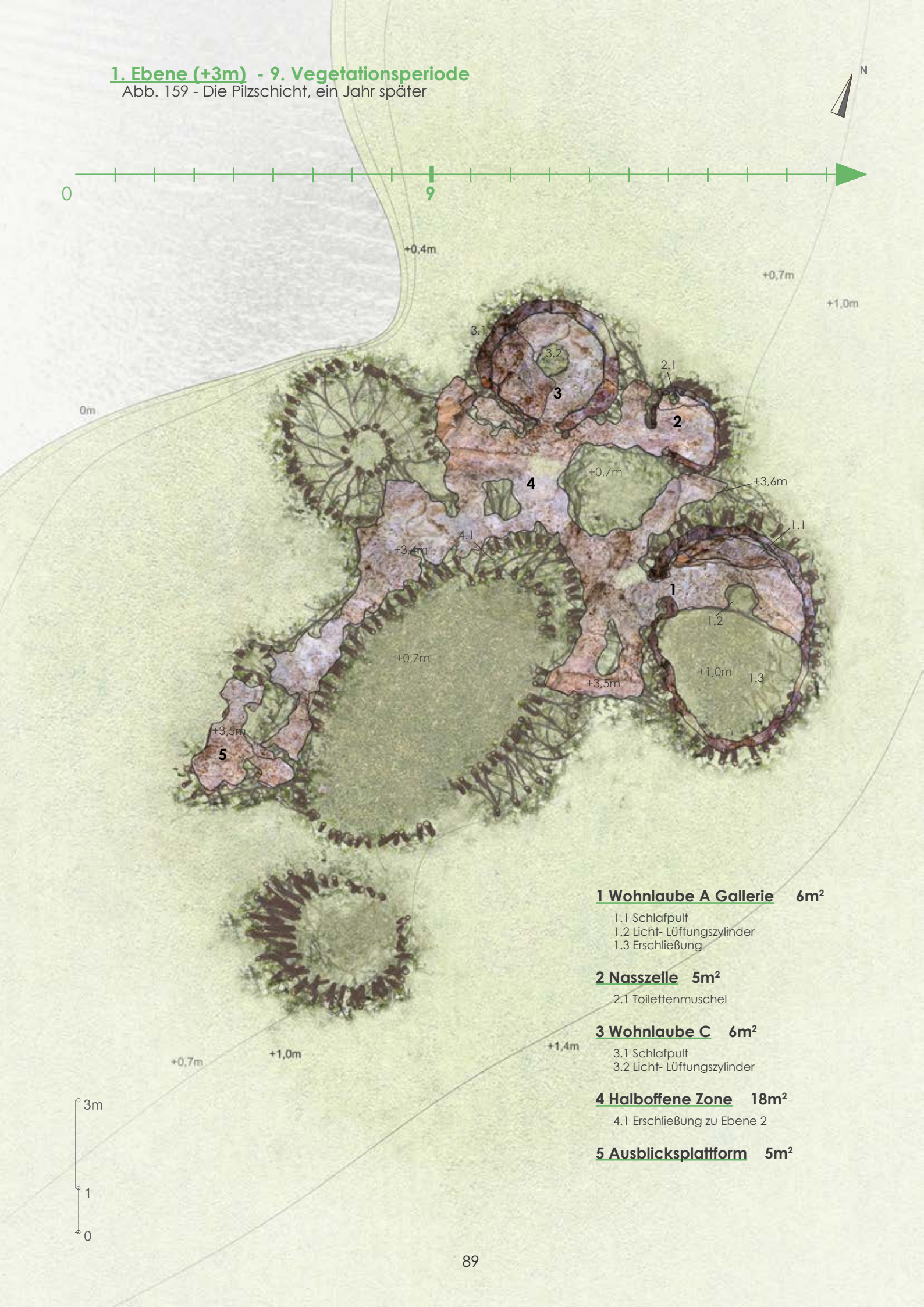
1. Ebene (+3m) - 8. Vegetationsperiode

Abb. 158 - Beplankung mit Pilzplatten



1. Ebene (+3m) - 9. Vegetationsperiode

Abb. 159 - Die Pilzschicht, ein Jahr später



1 Wohnlaube A Galerie 6m²

- 1.1 Schlafpult
- 1.2 Licht- Lüftungszylinder
- 1.3 Erschließung

2 Nasszelle 5m²

- 2.1 Toilettenmuschel

3 Wohnlaube C 6m²

- 3.1 Schlafpult
- 3.2 Licht- Lüftungszylinder

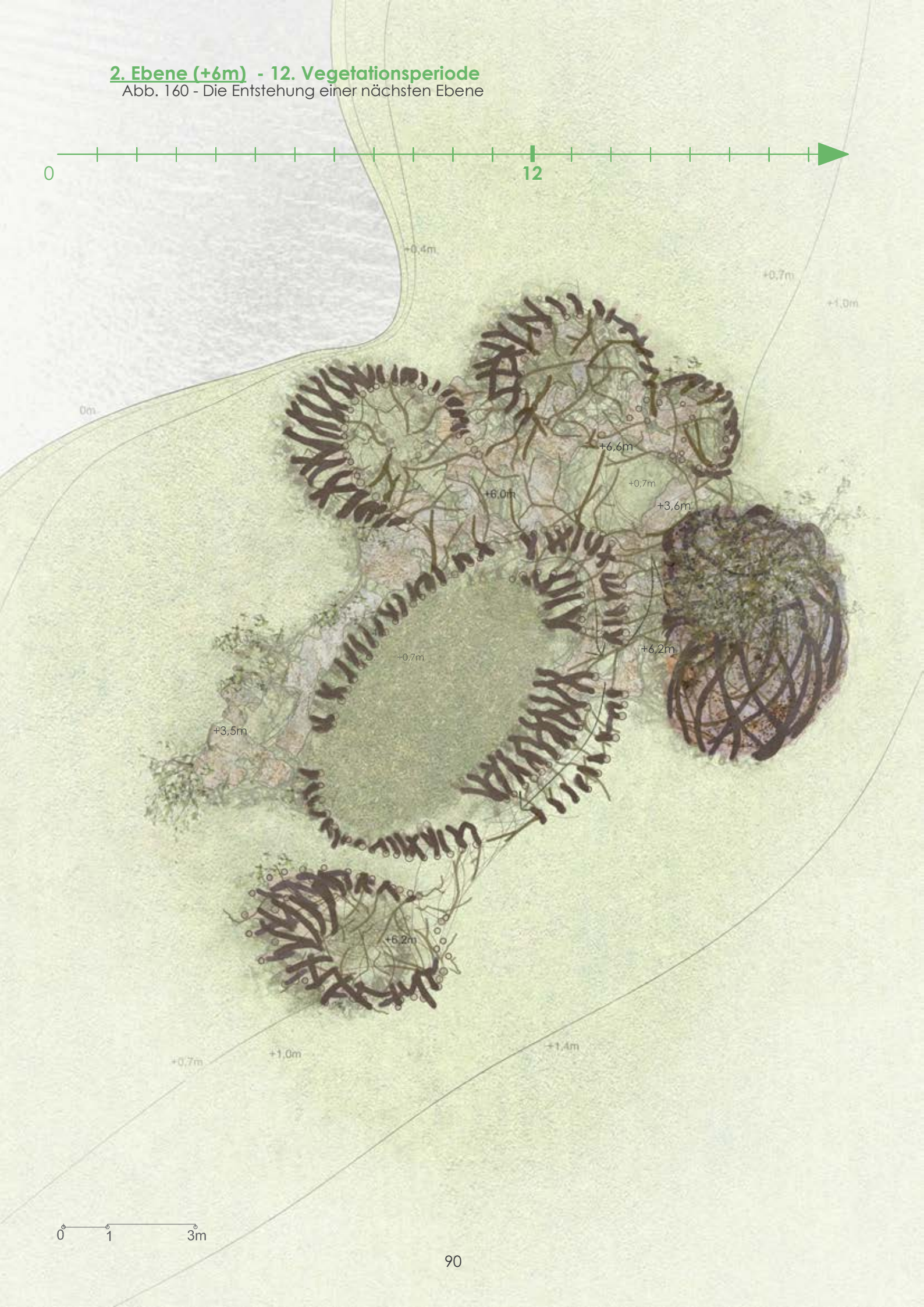
4 Halboffene Zone 18m²

- 4.1 Erschließung zu Ebene 2

5 Ausblicksplattform 5m²

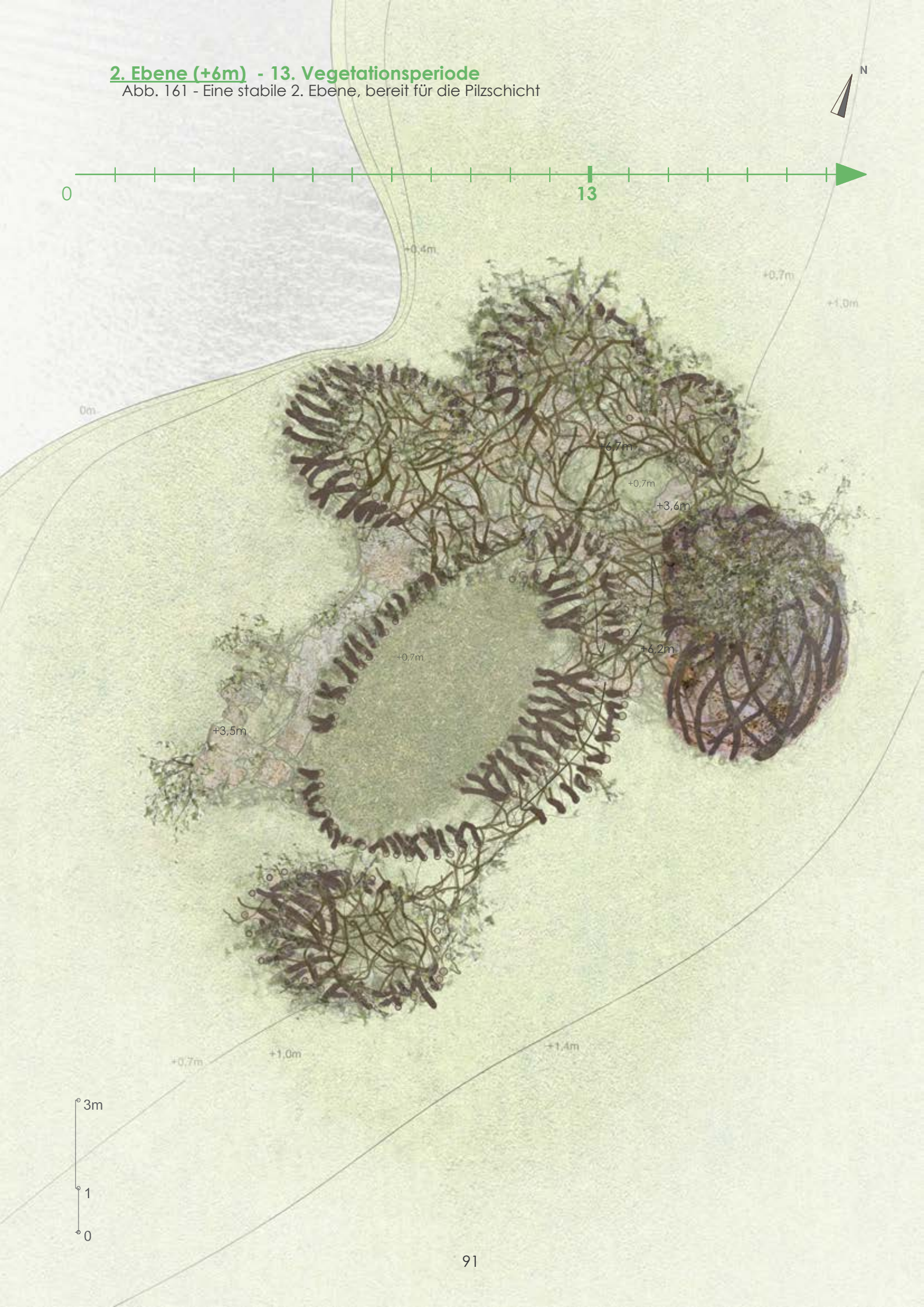
2. Ebene (+6m) - 12. Vegetationsperiode

Abb. 160 - Die Entstehung einer nächsten Ebene



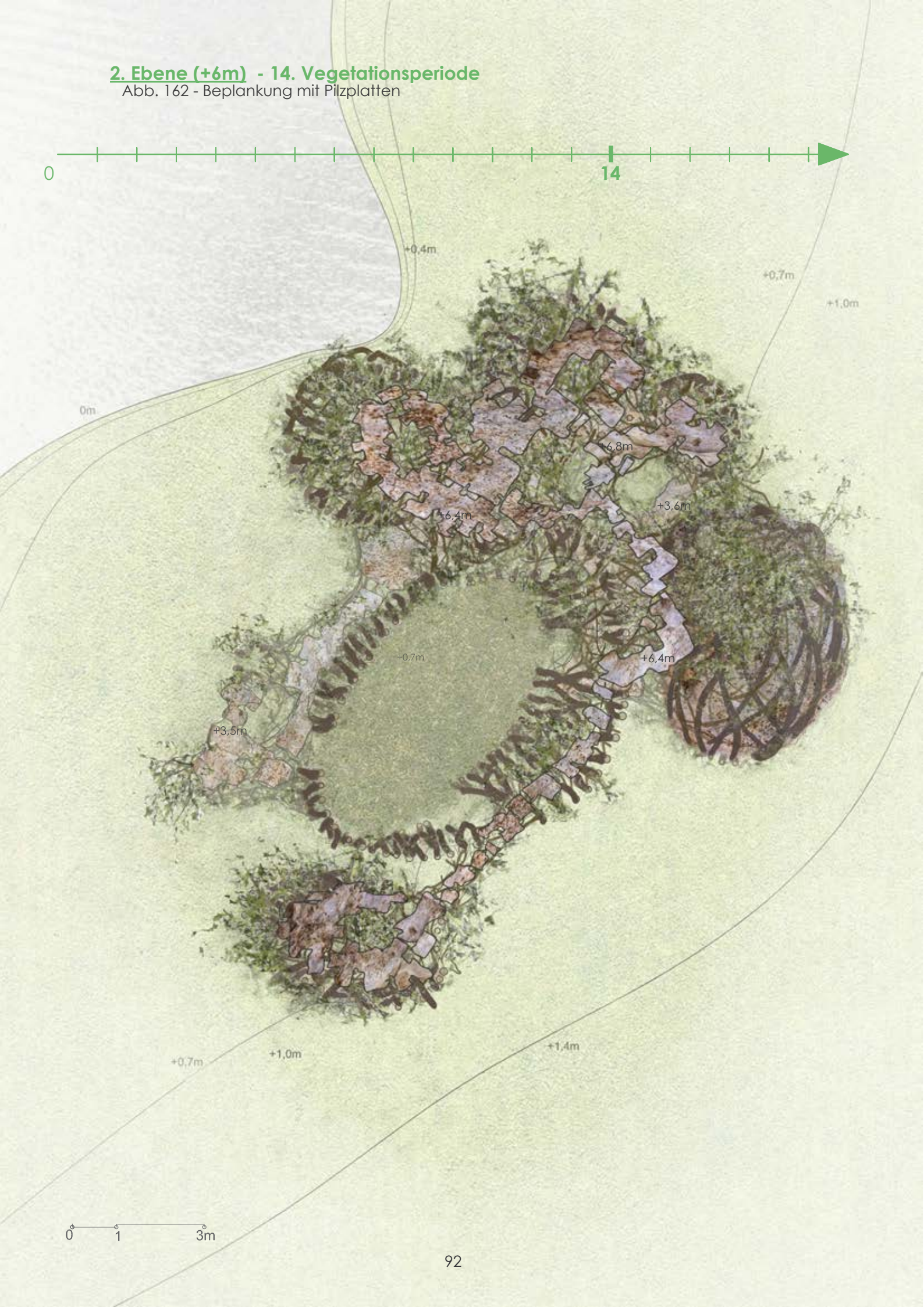
2. Ebene (+6m) - 13. Vegetationsperiode

Abb. 161 - Eine stabile 2. Ebene, bereit für die Pilzschicht



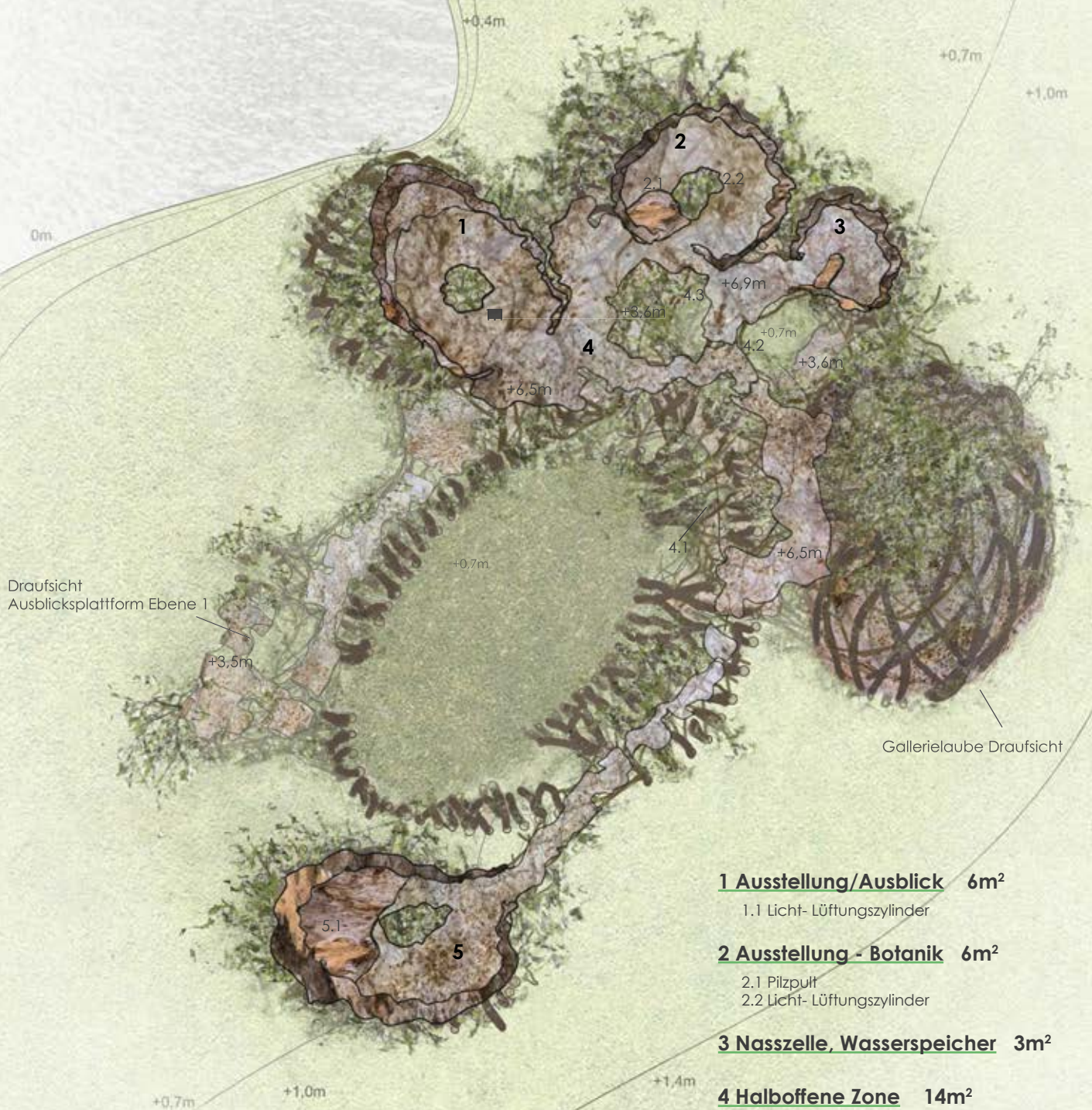
2. Ebene (+6m) - 14. Vegetationsperiode

Abb. 162 - Beplankung mit Pilzplatten



2. Ebene (+6m) - 15. Vegetationsperiode

Abb. 163 - Die Pilzschicht, ein Jahr später



Draufsicht
Ausblicksplattform Ebene 1

Gallerielaube Draufsicht

1 Ausstellung/Ausblick 6m²

1.1 Licht- Lüftungszylinder

2 Ausstellung - Botanik 6m²

2.1 Pilzpult
2.2 Licht- Lüftungszylinder

3 Nasszelle, Wasserspeicher 3m²

4 Halboffene Zone 14m²

4.1 Erschließung zu Ebene 1
4.2, 4.3 Lufträume zu Ebene 1

5 Masterroom 7m²

5.1 Masterbett



Jahre

20 ?

was kommt dann?

Wachstumsschnitte

Abb. 164.
In der ersten Vegetationsperiode pflanzt man die im Projekt innen befindlichen Heister ein.
Höhe 1,20 - 1,50m

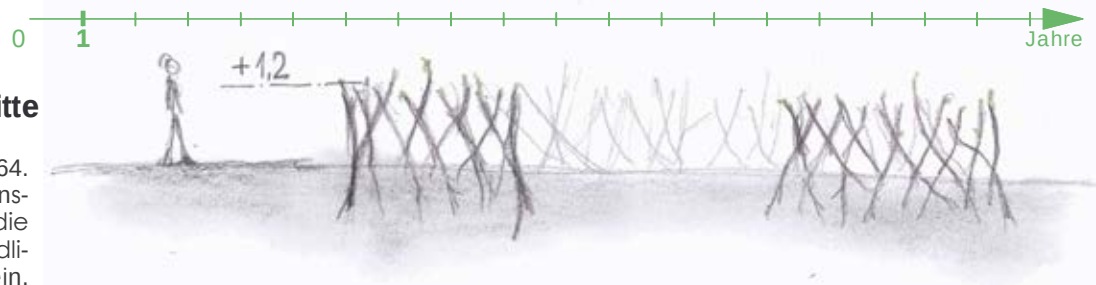


Abb. 165.
Im zweiten Jahr kommen die Außenpflanzen zum Einsatz. Die bereits ein Jahr alten Heister sind schon bis ca. 3m gewachsen.

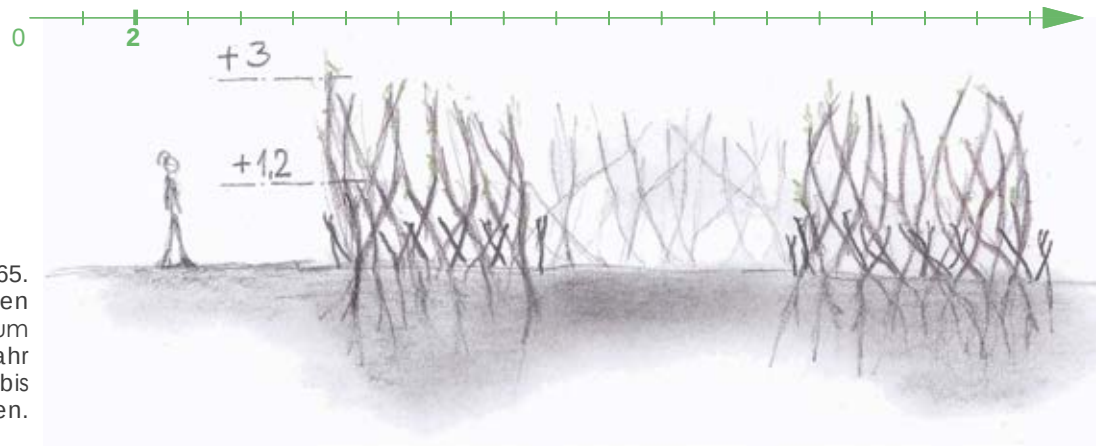


Abb. 166.
6 Jahre später kann man schon mit der Formung einer Kuppel beginnen, dadurch hat man in den nächsten Jahren ein zweites Geschoß.
Pflanzenhöhe ca. 8m

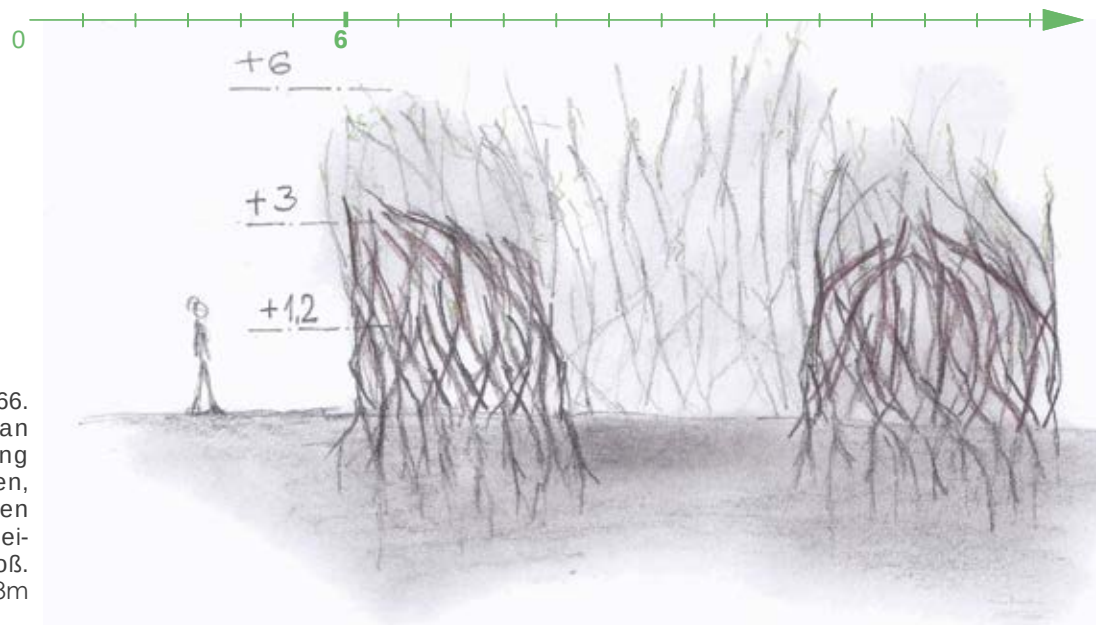
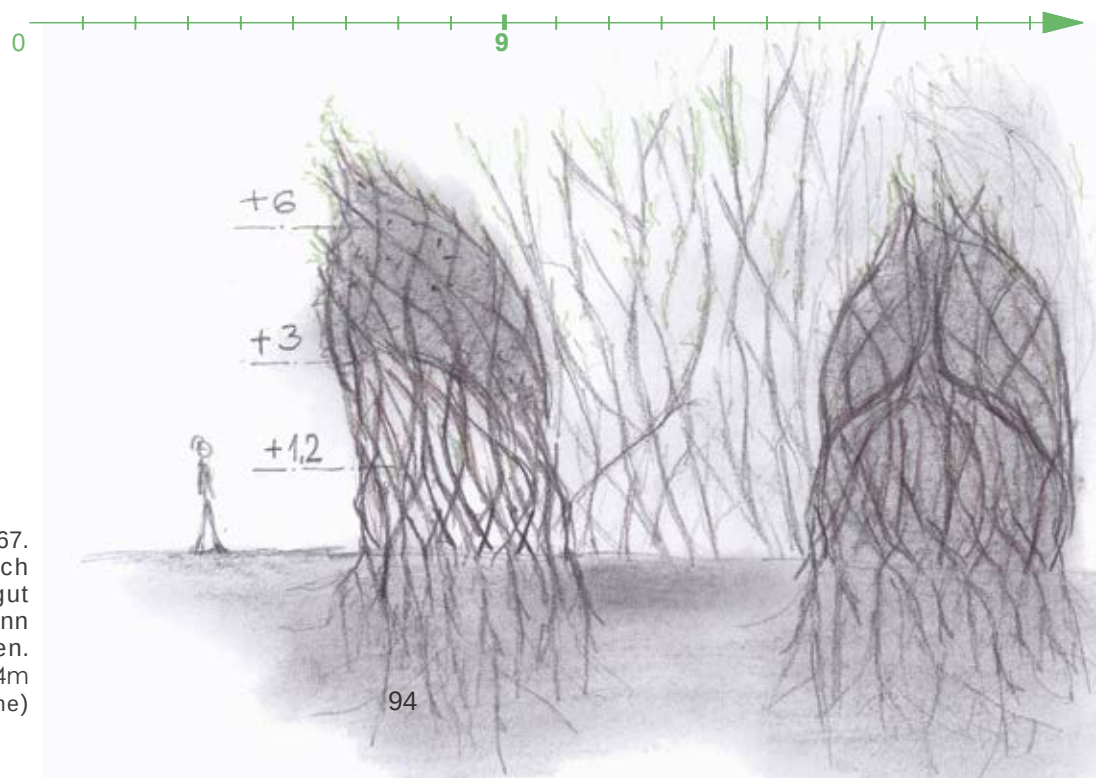


Abb. 167.
Drei Jahre später ist auch der ein Jahr alte Pilz gut verwachsen, man kann die zweite Ebene nutzen.
Pflanzenhöhe bis 14m (ohne die obere Baumkrone)



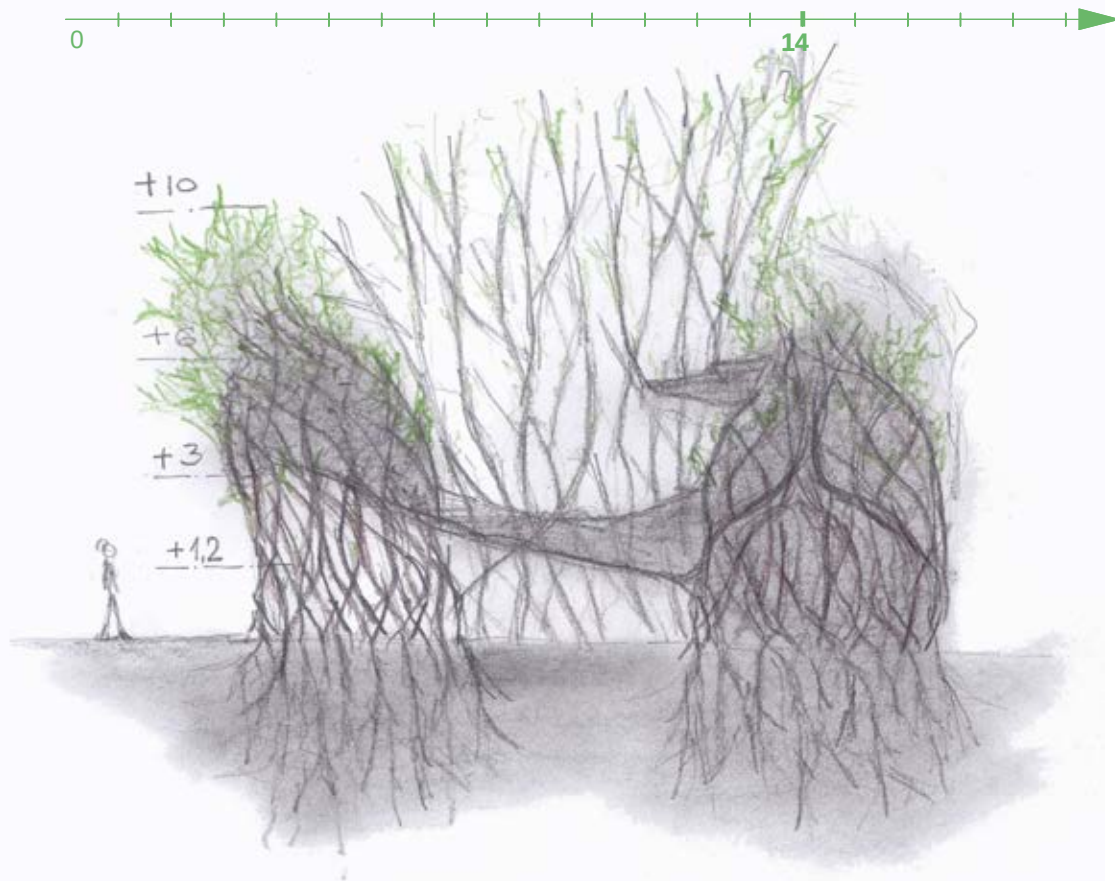


Abb. 168.
14 Jahre nach der Pflanzung ist bereits die dritte Ebene nutzbar, im gewöhnlichen Geschößbau wäre dies das 2.OG. Bis hierhin wird mein Entwurfsprojekt behandelt.

Das Haus wächst aber weiter...

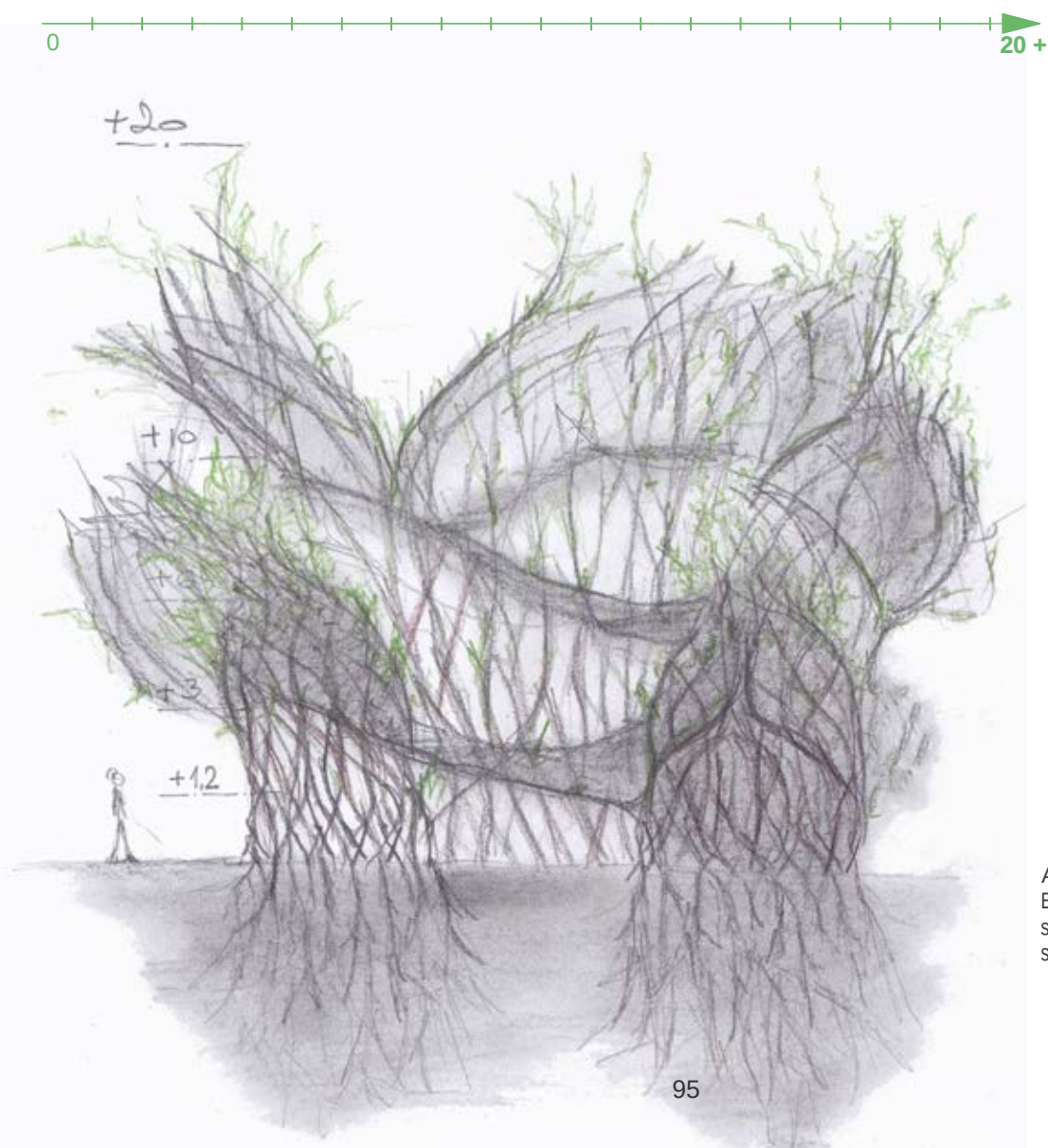


Abb. 169.
Einige Jahre später entsteht vielleicht die hier skizzierte Variante.

Darstellungen



Abb.170 u. 171 rechts. Darstellung Süd -
das lebendige Haus, 15 Jahre nach der Pflanzung...



...vielleicht 10 Jahre später?



Abb. 172 u. 173 rechts. Darstellung Südost -
das Projekt lebt, die Architektur ändert sich von Monat zu
Monat, von Jahr zu Jahr, von Objekt zu Objekt





Abb. 174 u. 175 rechts. Darstellung Nordwest





Das Projekt versteht sich als ein Musterprojekt - einige Jahre nach der ersten Pflanzung pflanzt man vielleicht weitere „Bausteine“ für neue Strukturen, die jeweils immer ein Unikat sind.

Abb. 176. Die Darstellung eines möglichen Pflanzungsszenarios, 11 Jahre nach der Pflanzung meines Projektes



Abb. 177. Es wächst weiter, 13 Jahre später...

Modellfotos



Hauptatrium

Ausschnittsmodell - Wohnlaube A mit Galerie

Abb. 178 Südostansicht



Abb. 179 Nordwestansicht



Abb. 181. Detail - zwei Ausblicksplattformen,
Ebene 1 und 2





Abb. 182. Ausschnittsmodell -
Wohnlaube mit Galerie



Abb. 183. Ausschnitt von einer verwachsenen Geschosdecke



Abb. 184. Ausschnitt einer kleinen Nische im räumlichen Pflanzenfachwerk. Die Pilzschicht ist nur in einem Streifen dargestellt

Details

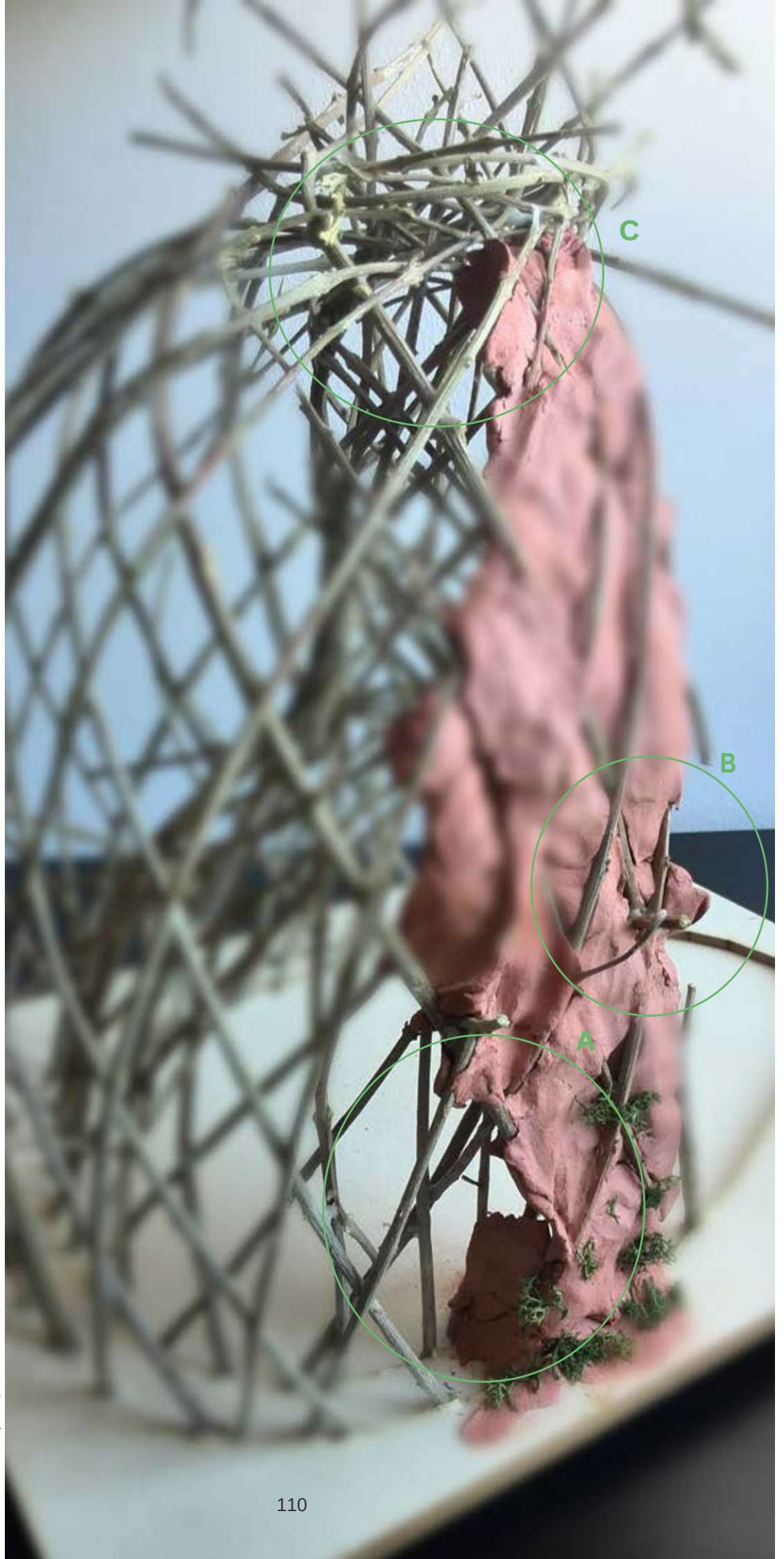
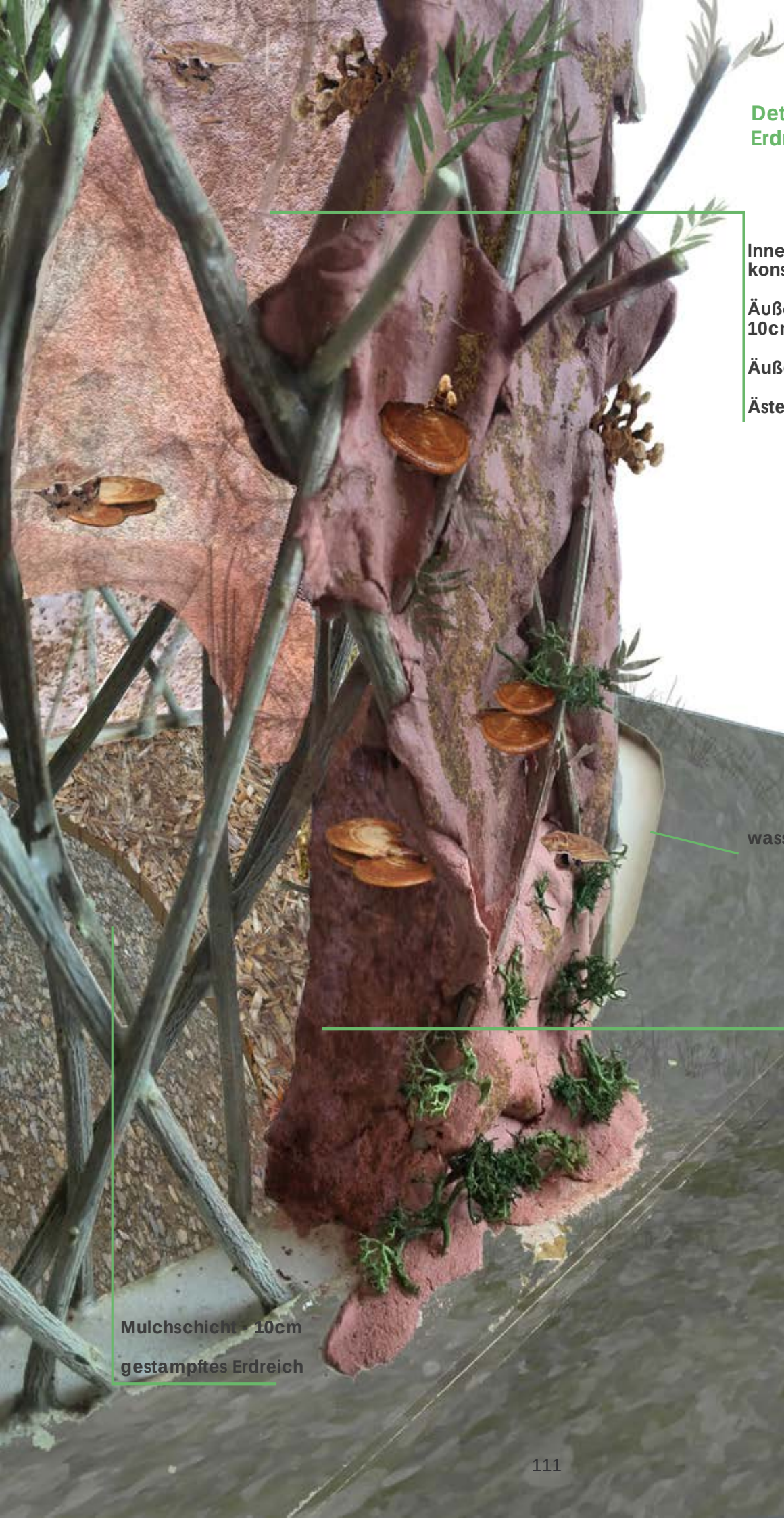


Abb. 185
Veranschaulichung
der
Detaildarstellungen
am Ausschnittsmodell



Detaildarstellung A - Erdreich - Doppelwand

Innere Pilzschicht u. Pflanzen-
konstr.- 15cm

Äußere Pflanzenkonstruktion
10cm

Äußere Pilzschicht - 20cm

Äste- und Blätterschicht

wasserführende Ebene

Mulchschicht - 10cm
gestampftes Erdreich

Innere Pflanzenkonstruktion
15cm

Pilzschicht - 30-40cm

Äußere Pflanzenkonstruktion
13cm

Mooschicht bis 1m Höhe,
Blätter

Detaildarstellung B - Erdreich - Zwischenebene

Belichtung:

transluzente Pilzmasse -
„Silberohr“

Geschoßdecke:

Pilzschicht 12cm

Gitterrost aus abgeschnittenen
Ästen - 4cm

Pilzschicht 12cm

Pflanzenkonstruktion 20cm

Wandsystem:

Moosschicht bis 1m Höhe,
Blätter

Äußere Pflanzenkonstruktion
13cm

Pilzschicht - 30-40cm

Innere Pflanzenkonstruktion
15cm

wasserführende Ebene

10cm Mulchschicht auf
gestampf. Erdreich

Detaildarstellung C
Abschluss - Baumkrone

Pflanzenzylinder:
für Belichtung von Ästen, Lüftung
etc.

Baumkrone - +2m

Ästenring (f. Stabilität) - 50cm

Pilzschicht - 20cm

Außenhaut :

Pflanzenkonstruktion 20cm

Pilz, Zweige, Blätter +10cm

Belichtung:

**transluzente Pilzmasse -
„Silberohr“**

Möblierung

Abb. 189 - Gallerielaube EG

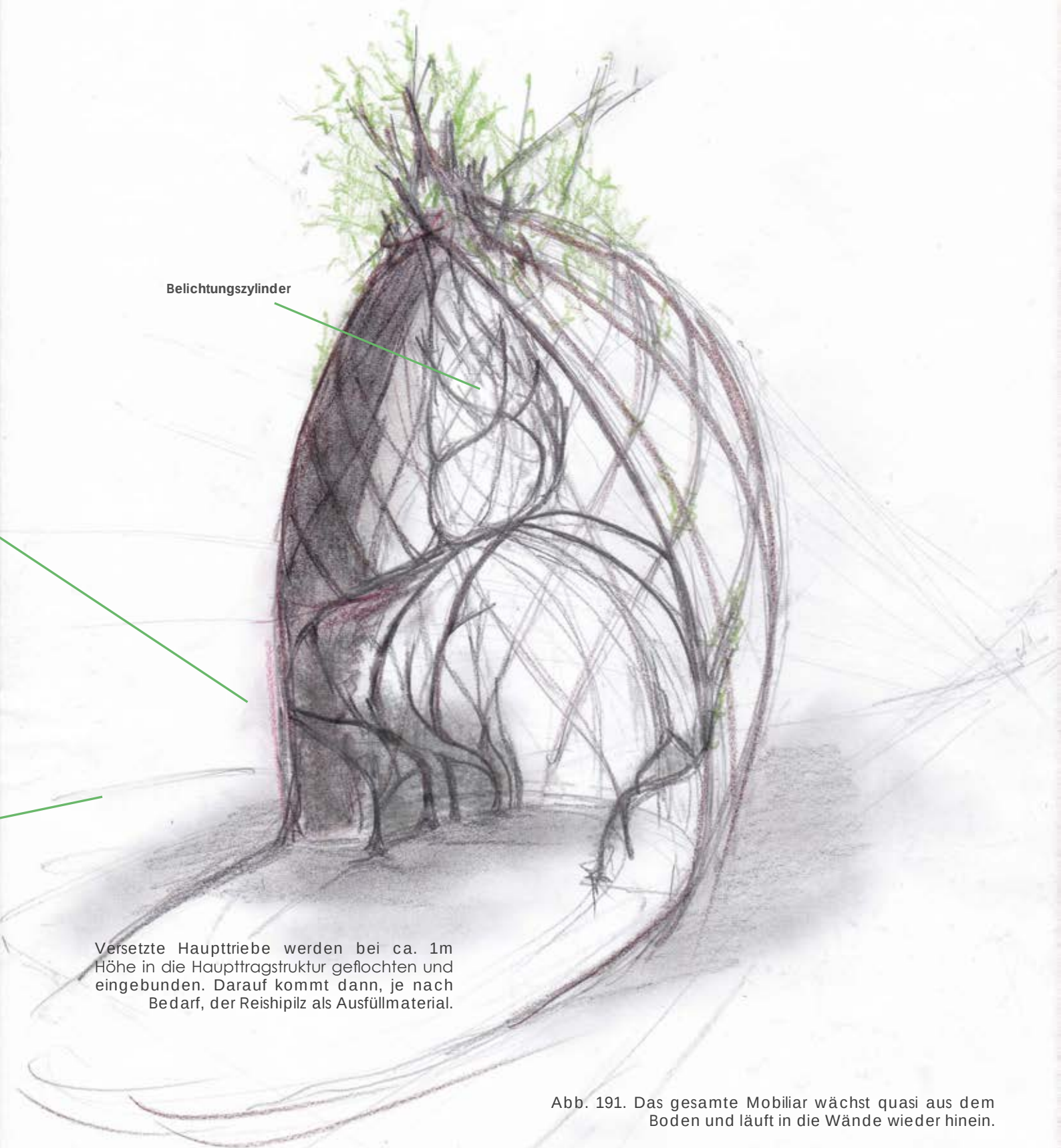
Die Stiege formt man in dem man zwei Baumreihen pflanzt, im Abstand von ca. 0,7 - 1m (Breite der Stiege). Nun verbindet man die Seitentriebe der inneren Pflanzenreihe mit der äußeren Pflanzenreihe und lässt sie zusammenwachsen. Je nach Bedarf kann man die Trittflächen mit Pilzplatten beplanken und schließlich verwachsen lassen.

Arbeitspult für die Essenszubereitung
(ähnlich einer Küchenzeile)

Nasszelle in der
Gallerielaube

Abb. 190 - Gallerielaube OG

Belichtungszyylinder -
hauptsächlich für die Pflanzen
Minimierung der Spannweite
Belichtung für die Äste - Kronenbildung
optimierte Lebensbedingungen für die Pflanze



Detailskizzen

Abb. 192.
Skizzenhafte Analyse der
Pult-, Möbelherstellung

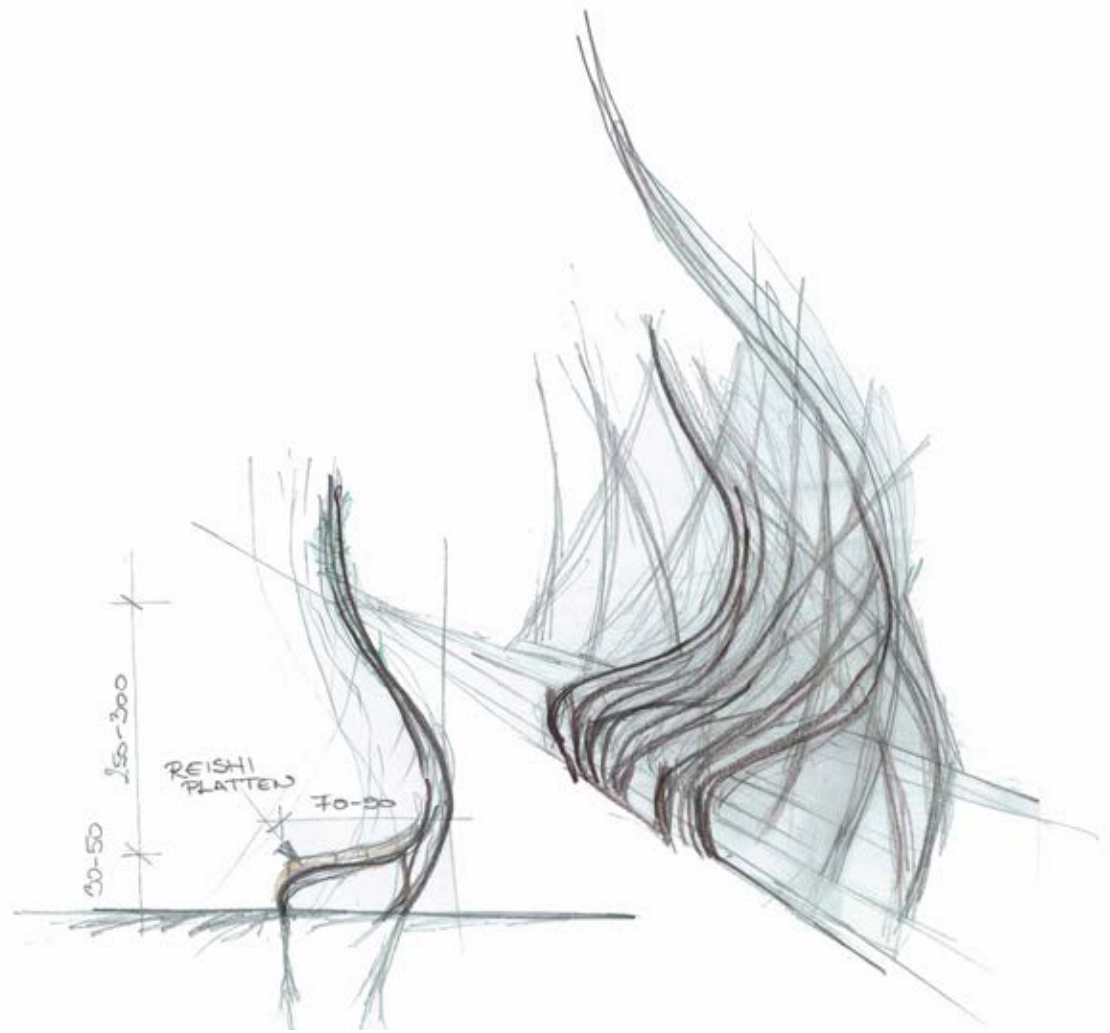


Abb. 193.
Befestigung der Reishi Pilzblöcke erfolgt relativ schnell und unkompliziert - eine Seilverbindung an die Pflanzenstruktur lässt die Pilze stabil aufliegen bis sie mit der Pflanze verwachsen.

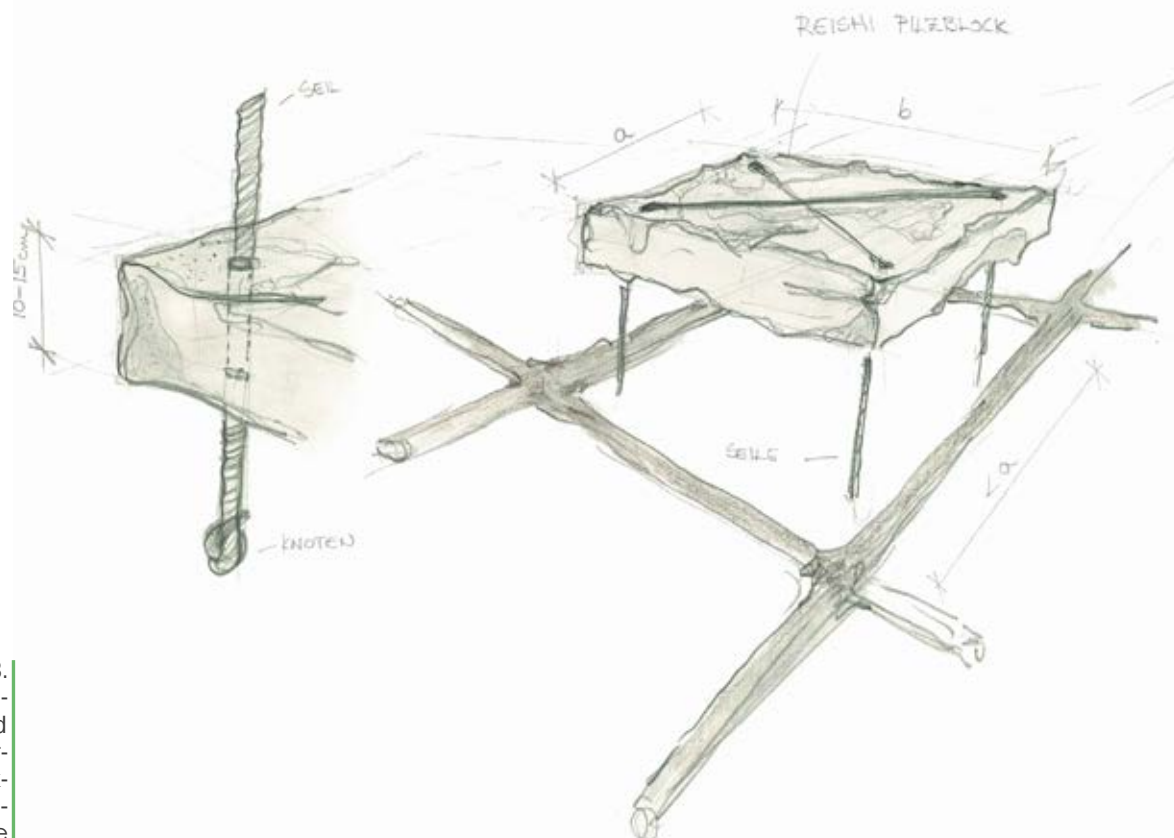


Abb. 194. Darstellung der Toilettenmuschel und des Abflusssystems. Die Idee ist die Ausscheidungen in einem natürlichen Kreislauf als Düngemittel zu verwenden.

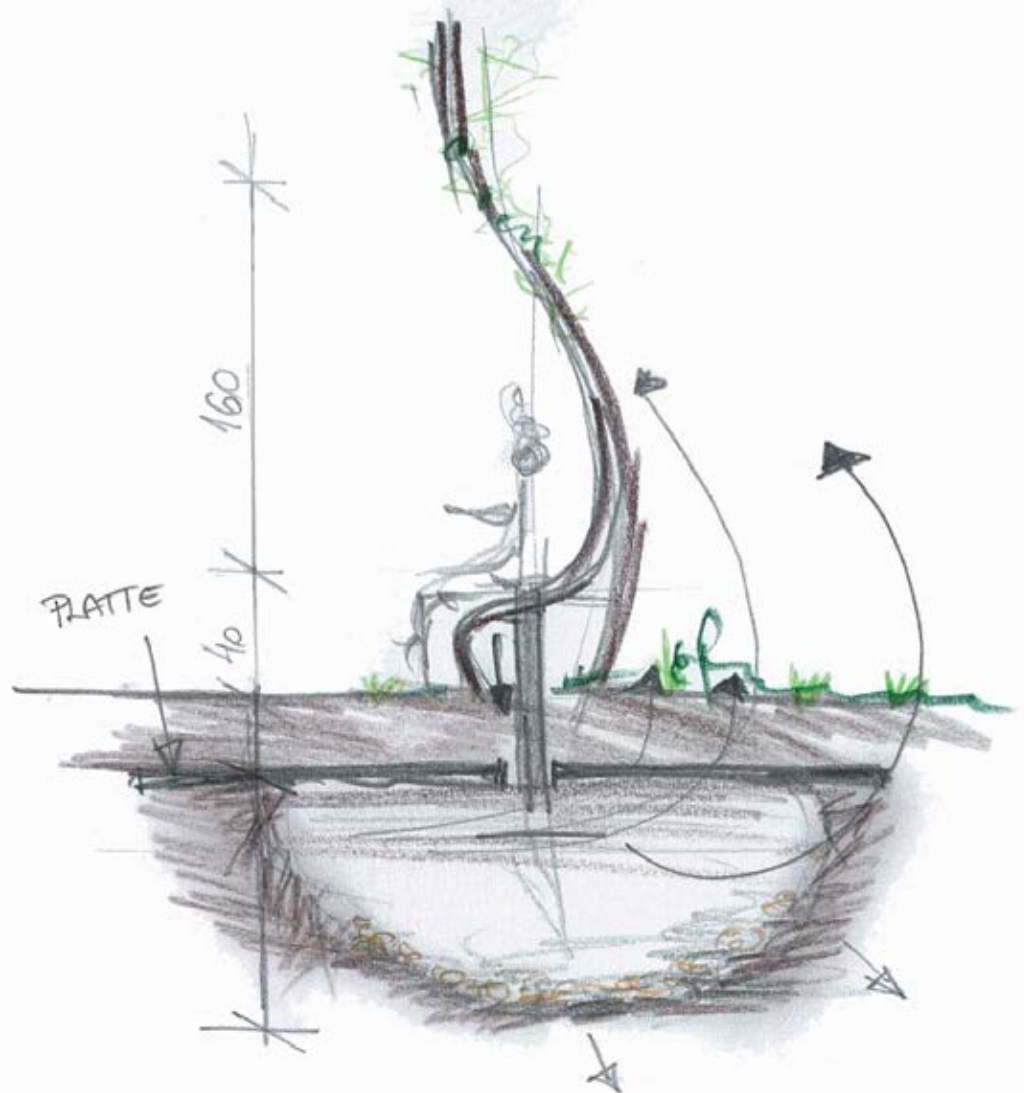
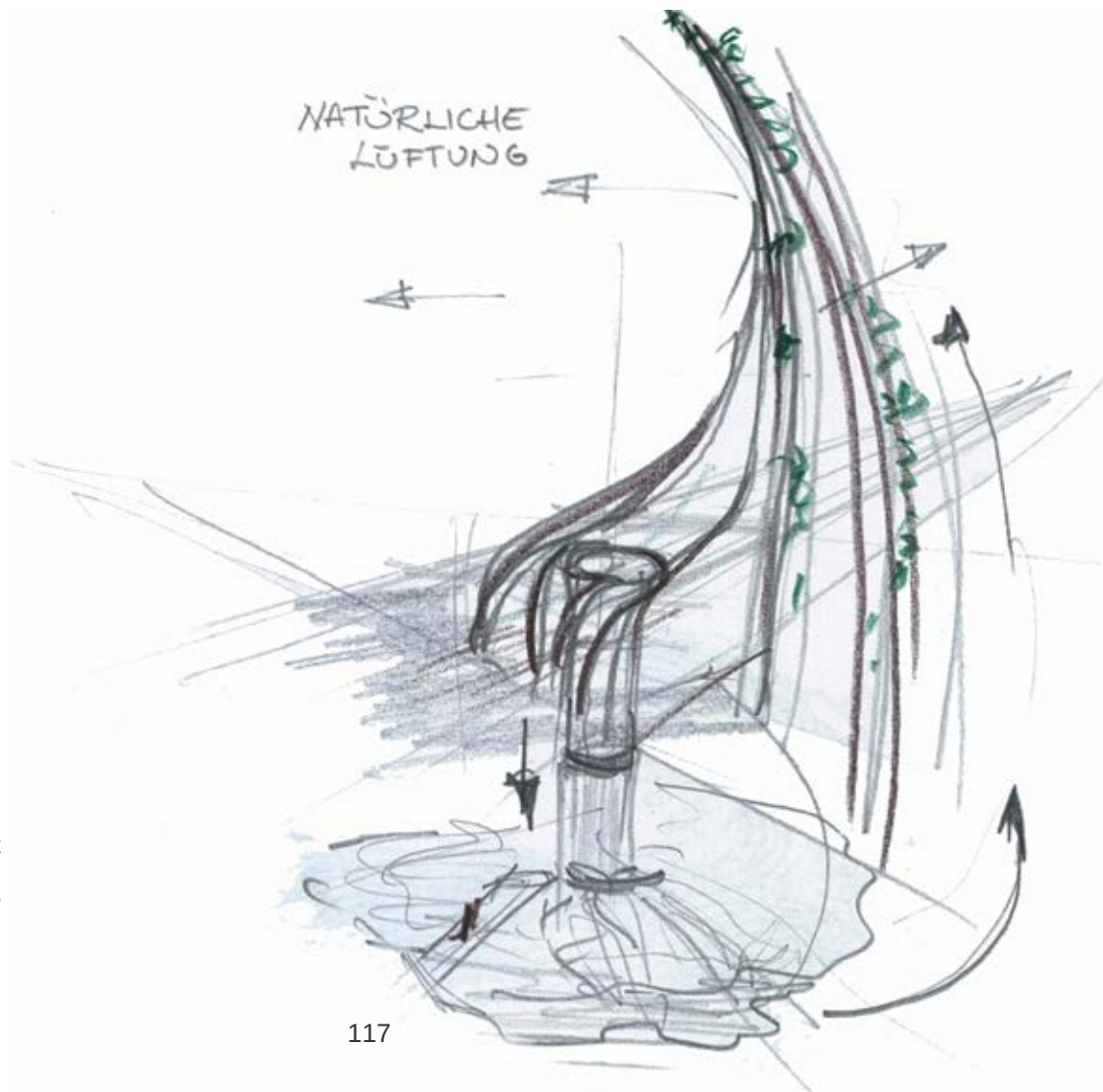


Abb. 195. Ein Rohr - ev. mit Siphonsverschluss, würde durch die lebendige Sitzbank in die Erde führen wo unterhalb eine Senkgrube ausgegraben wäre.



Herstellung der Tür- u. Fensteröffnungen

Die Produktion der transluzenten Belichtungsplatten erfolgt wie zuvor, bei den Reishi Pilzplatten. Holzspäne mischt man mit Flüssigmyzel ein, sterilisiert die Mischung und legt diese in die Mycobag Beutel ein.

Abb. 196. Der Mycobag Beutel kommt nun in ein, nur durch Seile verbundenes Ästerost. Im besten Fall würde der Ästerahmen etwas kleiner dimensioniert um den Beutel gut reinquetschen zu können.

Abb. 197. Nach 4-6 Wochen ist sein Wachstum soweit vorangeschritten, dass man mit der künstlichen Trocknung beginnen kann. Zuvor trennen wir den Kunststoff vom Substratblock ab, um ihn mit den Ästerahmen verwachsen zu lassen. Dies wäre einige Tage vor der Trocknung sinnvoll.

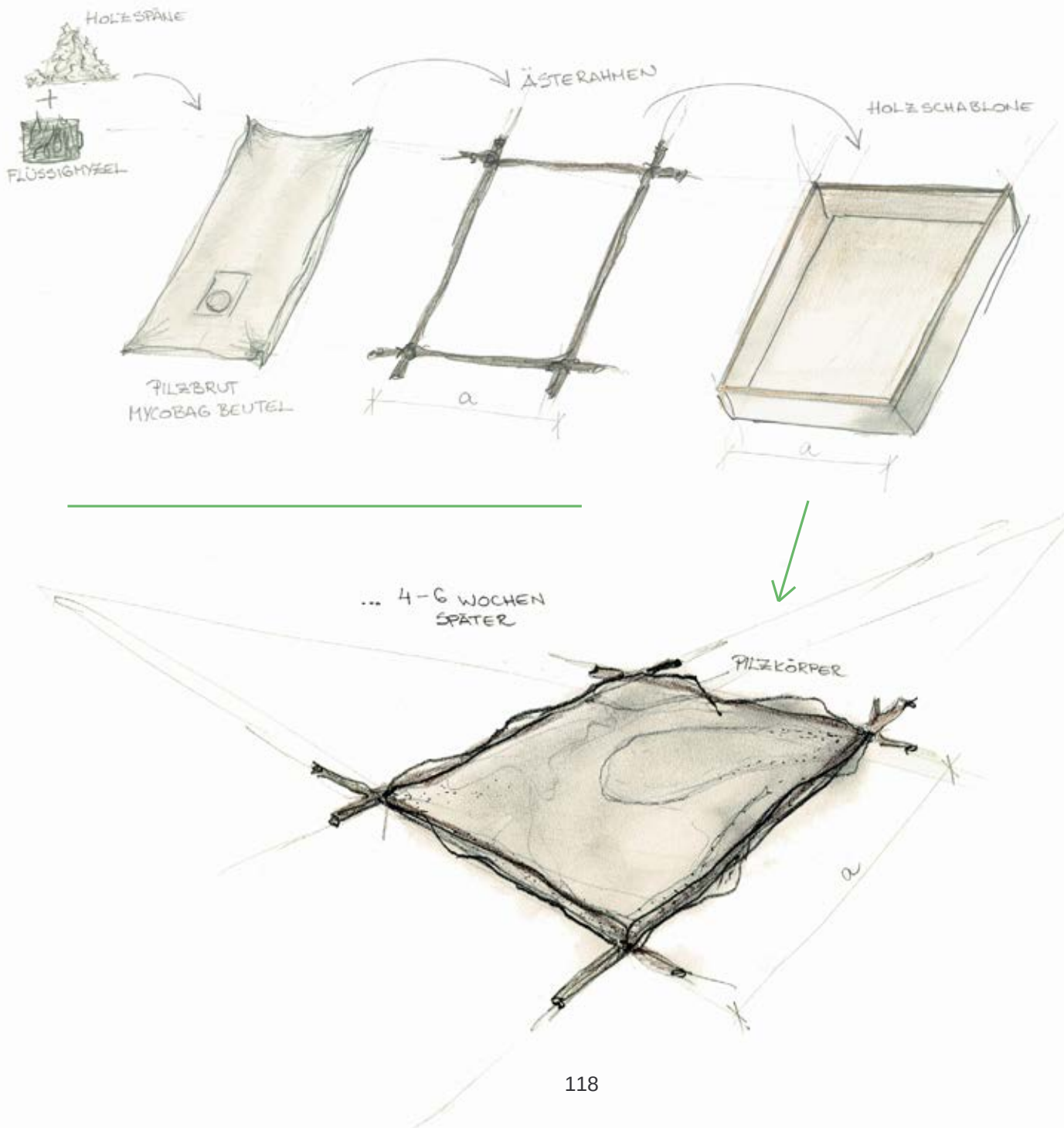
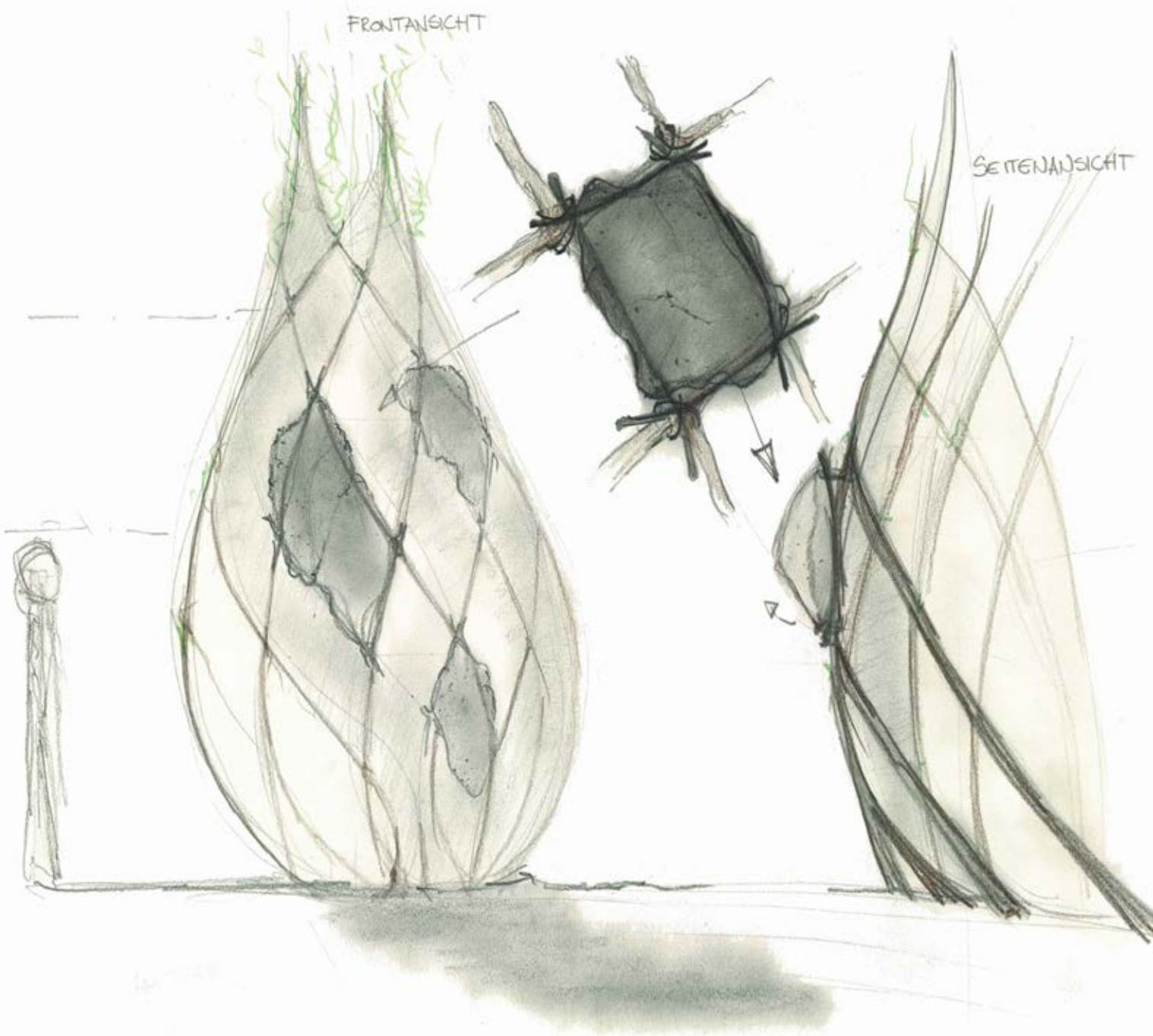


Abb. 198. Der Pilz wird nach und nach die Struktur ändern, so schafft man unterschiedliche Fenster- und „Verglasungsformen“ die dem gesamten Gebäude einen weiteren architektonischen Reiz geben können.

Es entsteht ein Zusammenspiel zwischen den zwei Pilzarten, der an der Struktur sichtbar wird.



Anhang

Ausführungsalternativen Belichtung

Die Belichtung durch den transluzenten Pilz ist die komplett nachhaltige, lebendige Variante. Eine weitere Option wäre der Einbau von Elementen die wir auch im täglichen Leben nutzen und kennen.

Die bauliche Voraussetzung ist erfüllt, und dies ist auch das Wichtigste. Hierbei denke ich vor Allem an architektonische Schritte - wie man auch eingebaute Elemente in die Struktur gut einbinden kann, um sie nicht zu störend und falsch am Platz zu empfinden.

Ein Beispiel so einer baulichen Voraussetzung wäre der Belichtungszyylinder, der im Ausschnittsmodell sowie in den Detaildarstellungen bereits beschrieben wurde. In diesen Zylinder wäre ein Einbau von Lichtkuppeln möglich ohne das die Struktur daran leidet. Die Pflanze wird nicht gestört, der Pilz wächst um den Einbaurahmen herum und nach einiger Zeit „verschmilzt“ sozusagen der eingebaute Körper mit der Struktur zusammen.

Diese Variante der Kombination von industriell gefertigten Elementen mit unserer lebendigen Behausung ist nicht der esentielle Teil meiner Idee, die Möglichkeit besteht jedoch und man sollte sie nicht unterschätzen.

Abb. 199. Die skizzenhafte Darstellung der Lichtkuppelposition in der Pflanzenstruktur. Auch eine etwas schrägere Anbringung hat keinen negativen Einfluss da der Pilz in nächster Zeit um das Element herumwächst.

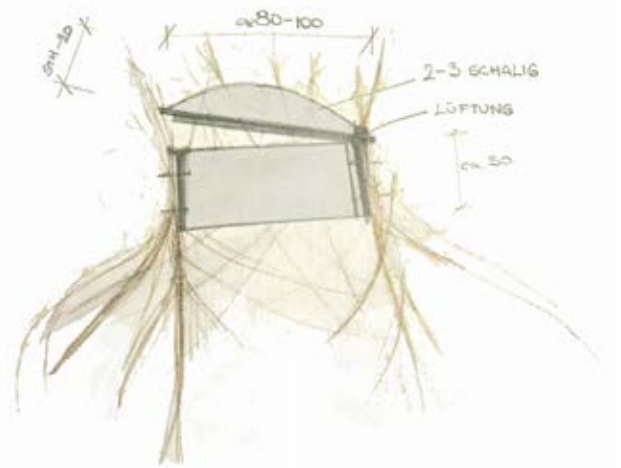
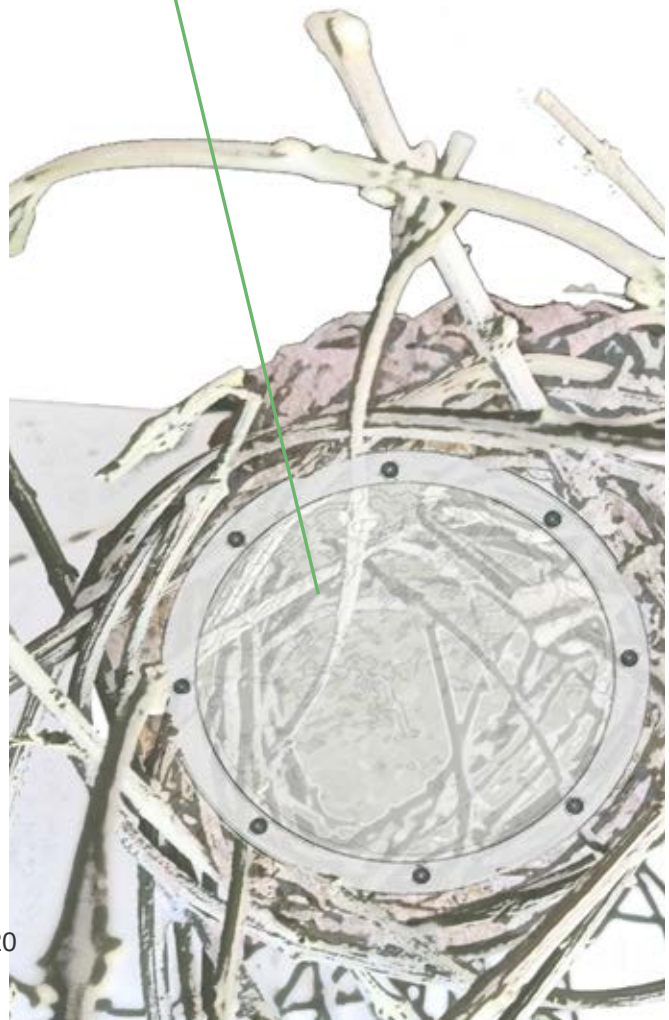


Abb. 200 u. 201 (unten). Eine abstrahierte Darstellung der Lichtkuppelalternative in Seiten- und Draufsicht.



Bodenverstärkung

Eine alternative Möglichkeit die sich bei der Herstellung der Bodenflächen bietet ist die Beplankung mit sandwichartigen Elementen aus Pilzblöcken und einem Ästerost. Dies wäre, bei meinem Projekt beispielsweise nötig, um bei der mangelnden Härte des Pilzblockes ausgleichen zu können. Wie bei den Pilzuntersuchungen (S 74) bereits angesprochen, gibt es mehrere Gründe die die Härte des Kulturblocks beeinflussen.

Um mal von den theoretischen Verbesserungsmöglichkeiten wegzublicken, ist diese bauliche Maßnahme eine relativ einfache und gute Lösung um die Bodenfläche stabil zu machen. Die abgetrennten Äste werden schließlich, im Sandwichelement, von den Pilzkörpern eingebunden.

Es wäre eine **Bewehrung** die der Pilz gleichzeitig als Nahrungsmittel aufnehmen kann. Diese Bewehrung ist eine Miniaturversion der Pflanzenkonstruktion unterhalb. Eine präzise Anordnung der Äste ist meiner Meinung nach nicht nötig.

Abb. 204. Die Sandwichelemente werden bei der Bodenbeplankung eingesetzt. Für Wände und Decken ist diese Verstärkung unnötig.



Abb. 202 u. 203. Aus der Primärkonstruktion werden Äste ausgeschnitten und aufgelockert.



Reishi Pilzblock - 10-15cm

Abgeschnittene Äste - 2-5cm

Reishi Pilzblock - 15cm

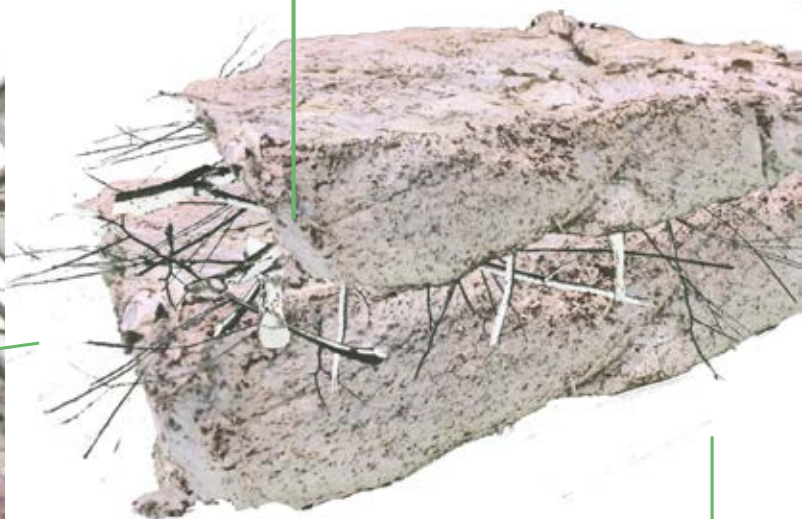
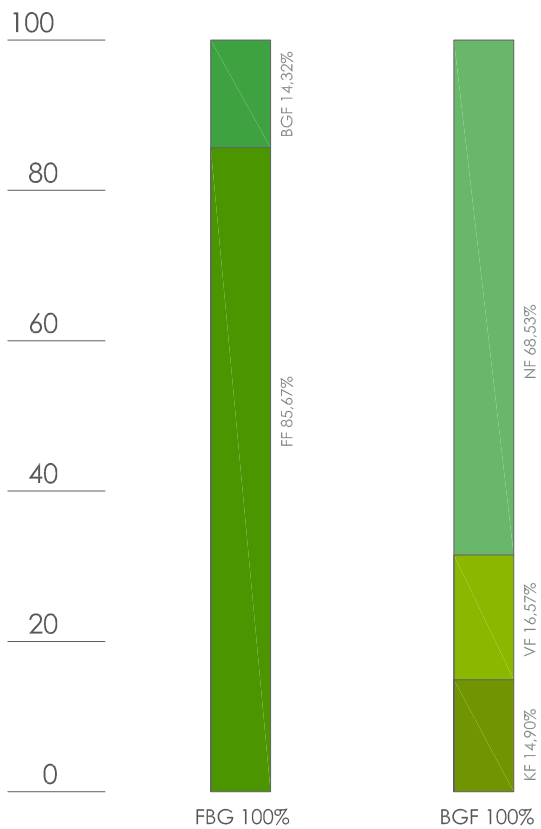


Abb. 205 oben. Die aufgelockerten Äste werden schließlich auf eine bereits beplankte Schicht aufgelegt und mit neuen Reishi Platten verdeckt. Der Pilz wird im nächsten Schritt die Äste in seinen Körper einbinden.

Grundflächenanalyse

Erdgeschoßzone - nach 6 Jahren



FLÄCHENVERHÄLTNISSE VISUALISIERT [%]

PARZELLE
FBG= 547,14m²



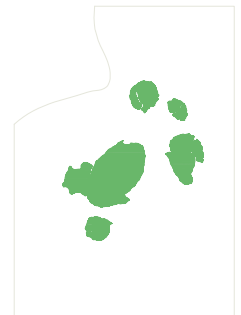
FREIFLÄCHE
FF= 468,75m²
85,67% der FBG



BRUTTO GRUNDFLÄCHE
BGF= 78,39m²
14,32% der FBG



NUTZFLÄCHE
NF= 53,72m²
68,53% der BGF



VERKEHRSFLÄCHE
VF= 12,99m²
16,57% der BGF

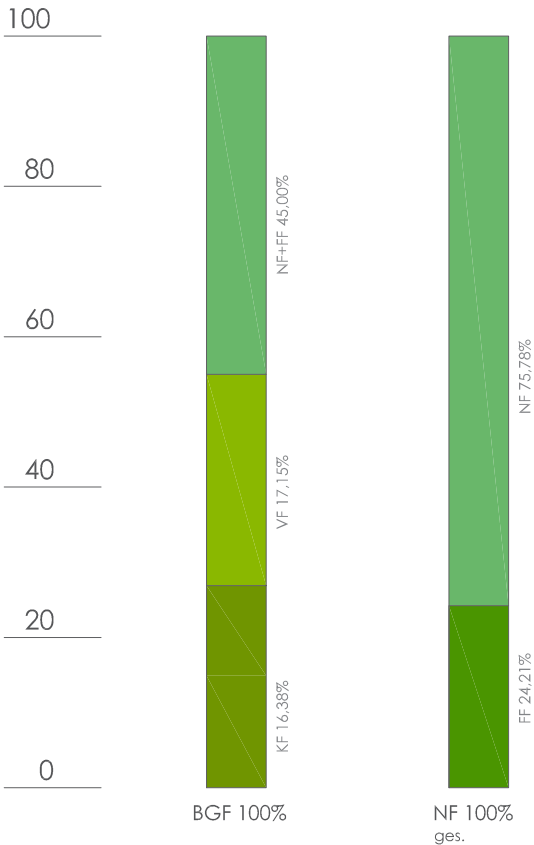


KONSTRUKTIONSFLÄCHE
KF= 11,68m²
14,90% der BGF



Abb. 206, gesamte Seite - Flächennachweis der Erdgeschoßzone mit Flächenverhältnissen

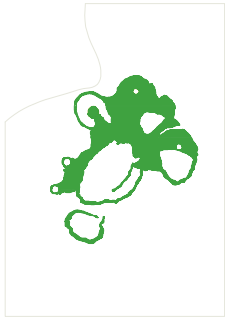
1. Obergeschoß - nach 10 Jahren



FLÄCHENVERHÄLTNISSE VISUALISIERT [%]



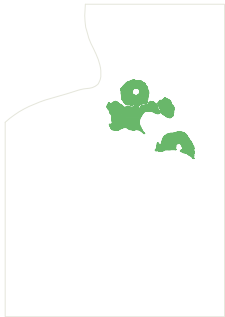
PARZELLE (EG)
FBG= 547,14m²



BRUTTO GRUNDFLÄCHE
BGF= 60,95m²



NICHTÜBERDACHTE
NUTZFLÄCHE
FF= 6,64m²
10,90% der BGF



NUTZFLÄCHE
(überdacht)
NF= 20,78m²
34,10% der BGF



VERKEHRSFLÄCHE
VF= 17,15m²
28,13% der BGF

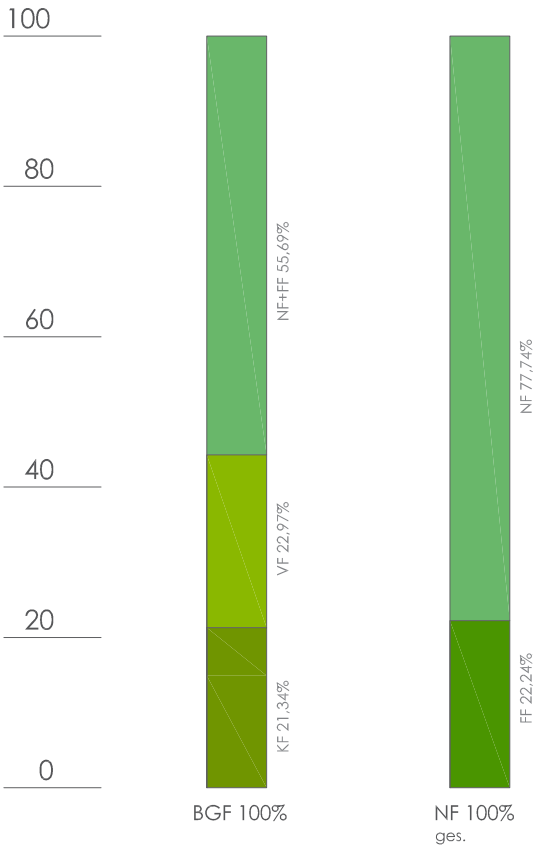


KONSTRUKTIONSFLÄCHE
KF= 16,38m²
26,87% der BGF



Abb. 207, ges. Seite - Nachweis für die 1. Obergeschoßzone

2. Obergeschoß - nach 15 Jahren



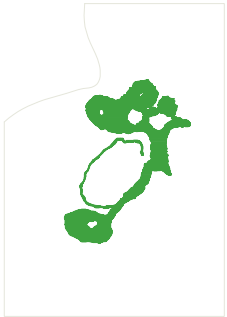
FLÄCHENVERHÄLTNISSE VISUALISIERT [%]



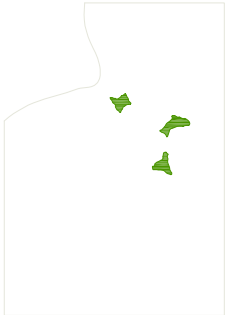
Abb. 208, ges. Seite - Nachweis für die 2. Obergeschoßzone



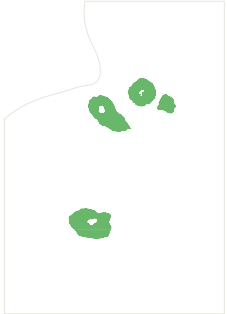
PARZELLE (EG)
FBG= 547,14m²



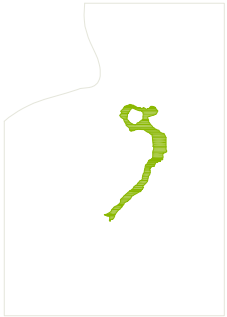
BRUTTO GRUNDFLÄCHE
BGF= 50,05m²



NICHTÜBERDACHTE
NUTZFLÄCHE
FF= 6,19m²
12,36% der BGF



NUTZFLÄCHE
(überdacht)
NF= 21,68m²
43,31% der BGF



VERKEHRSFLÄCHE
VF= 11,50m²
22,97% der BGF



KONSTRUKTIONSFLÄCHE
KF= 10,68m²
21,34% der BGF



Abb. 209. Ein Stimmungsbild einer sich scheinbar zum Ende
nähernden Natur zum Winterantritt. Genau das Richtige
Bild für die Abschließung dieser Arbeit.

Lebenslauf



Boris Margeta

Ausbildung -

1996 - 2004 Grundschule in Mostar,
2004 - 2008 Mittelschule f. Bauwesen, Mostar
2009 - 2013 Bachelorstudium Architektur, TU Wien
2013 - 2016 Masterstudium Architektur, TU Wien

Berufserfahrung -

2008 - 2011 - Carpe Diem, Zagreb,
Animateurgesellschaft, Ferialjob
2012 - 2014 - Thermatex, Mostar,
Baufirma, Ferialpraxis - Magacon 3000, KNAUF
2015 - „Arch. Design“ Designstudio, Mostar,
Praktikum - Innendesign, Konzept

Sprachen -

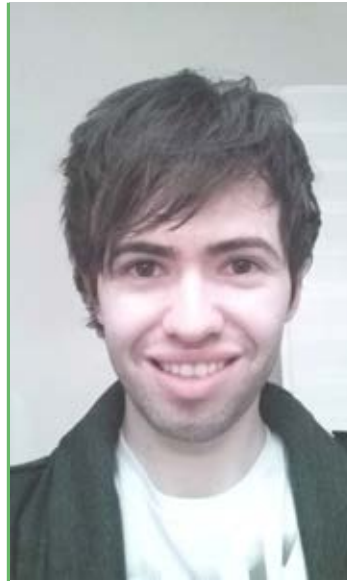
Kroatisch, Deutsch, Englisch fließend
Russisch Grundkenntnisse

EDV Kenntnisse -

MS Office, Autocad, Archicad, Photoshop
3DS Max, Indesign

Interessen -

Innendesign, Zeichnen, Botanik, Arch.- u. Kunstgeschichte, PC, Sport



Person -

geb. 02.01.1990 in Mostar, Bosnien u. Herzegowina
Staatsbürgerschaft - Kroatien
Familienstand - verlobt

Aufenthalt in Deutschland 1991-1996
Seit 2009 in Wien

Kontakt -

E-mail - margeta.boris@gmail.com
Tel. Nr. - 0681 814 004 98
Adresse - Erdbergstraße 220, 506A 1110 Wien



Abb. 210. Eine Möglichkeit der Evolutionsentwicklung - so könnte man sich einen Bewohner eines lebendigen Hauses vorstellen...

Quellen-Abbildungsverzeichnis



Literatur- u. Quellenangaben

Über Pflanzen

- Arthur Wiechula - Wachsende Häuser, aus lebenden Bäumen entstehend, Packpapier Verlag Osnabrück 2012
- Hermann Fritz Block - Wir pflanzen eine Laube, Verlag Okobuch, 2. Auflage, 2014
- Architekt Ferdinand Ludwig, Deutschland,
<http://www.ferdinandludwig.de/>
- Allin Gasparian, We-grow Geschäftsführerin im Youtube Interview über den Kiribaum
<https://www.youtube.com/watch?v=x22-RWbg09A>
- Weidenshop, Preise für Silberweiden
<http://www.weidenshop.at/weidenruten/silberweide.htm>

Über Pilze

- Paul Stamets - Growing gourmet and medicinal mushrooms, Verlag Ten Speed Press, 1993
- Blog von Phil Ross,
<http://philross.org>
- Company of Phil Ross,
<http://www.mycoworks.com>
- Vortrag von Phil Ross, in Parsons School of Design, Frühjahr 2014, angesehen auf Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=7q5i9poYc3w>
- Youtube video über die Härte und Herstellung der Pilzblöcke - Mushroom, the new plastic? by Phil Ross
<https://www.youtube.com/watch?v=GRnJeNurdEY>
- Artikel über die Fortpflanzung der Pilze, von Lothar Schreier,
http://www.pilzeonkel.de/?Pilzkundliches:Fortpflanzung_der_Pilze
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Silberohr>
- http://www.aphotofungi.com/heterobasidiomycetes_tremella_mesenterica_yellow_brain_fungus.html

Gespräche, Betreuungen

- Prof. Manfred Berthold, TU Wien
- Prof. Karl Deix, TU Wien
- Prof. Richard Stiles, TU Wien
- Prof. Florin Florineth, BOKU Wien
- Pilzzüchter Phillip Förster, Deutschland
Beratungen und Substratblock für Untersuchungen

Sonstige Quellen

Photoshop Brushes

- <http://di4ever.deviantart.com>
- http://www.starwalt.com/photoshop_stuff.html
- <http://www.obsidiandawn.com>
- <http://sundel.deviantart.com>
- <http://redheadstock.deviantart.com>
- <http://www.123freebrushes.com/> roon1305, midnight-stouch
- <http://www.brushlovers.com/photoshop-brush/urban-scrawl.html> tamsin bakers

Textures

- <http://uflux.win/willows+leaves>
- <http://www.lughertexture.com/vegetation-plants-textures/golf-course-field-grass-779>
- <http://www.tonytextures.com/free-brown-nature-ground-texture-photo-gallery>
- <http://xfrog.com/mm5/graphics/00000001/pdf-pages/EU15-white-willow-01.jpg>

Alle Quellen und Abbildungen aus dem Internet haben das Zugriffs- Quelldatum 28.12.2015.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier. Inspiriert von
<https://www.pinterest.com/pin/35958496995364023/>

Abb. 2 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006; Photoshop CS6

Abb. 3 - Boris Margeta TU Wien 2015
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier. Inspiriert von
https://hdwallpapers.cat/wallpaper_mirror/summer_and_winter_roof_snow_tree_leaves_hd-wallpaper-1256613.jpg

Abb. 4 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006; Photoshop CS6

Abb. 5 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 6 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Collage, Photoshop CS6

Abb. 7 - Bridgeman Art Library Private Collection Archives Charmet
<http://imageweb-cdn.magnoliasoft.net/bridgeman/fullsize/cht202143.jpg>

Abb. 8 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Buchscan von Arthur Wiechulas Wachsende Häuser, Packpapierverlag 2012, S 166 u. 167

Abb. 9
<http://www.speakgreenms.org/2014/02/19/axel-erland-sons-living-circus-tree-sculptures/>

Abb. 10 - Boris Margeta TU Wien 2015
Foto, 8MP Kamera Huawei P006; Photoshop CS6

Abb. 11 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Collage, Photoshop CS6

Abb. 12 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier. Inspiriert von
http://www.baumpflege-lexikon.de/Ausstellung_kappung/Ausstellung_kappung2.html

Abb. 13 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem, weißem Papier

Abb. 14 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem, weißem Papier

Abb. 15 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Collage, Photoshop CS6

Abb. 16 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Collage, Photoshop CS6

Abb. 17 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 18 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 19 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Collage, Photoshop CS6

Abb. 20 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Collage, Photoshop CS6

Abb. 21 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 22 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 23 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 24 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem, weißem Papier

Abb. 25 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 26 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 27 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 28 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 29 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 30 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 31 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 32 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 33 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 34 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 35 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 36 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 37 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 38 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 39 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 40 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 41 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 42 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 43 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 44 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 45 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 46 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 47 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 48 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 49 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 50 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 51 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 52 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 53 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 54 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 55 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 56 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 57 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 58 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 59 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 60 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 61 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 62 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 63 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 64 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 65 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 66 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 67 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 68 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 69 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 70 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 71 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 13MP Kamera LG G3

Abb. 72 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, inspiriert von
<https://www.wired.de/collection/science-articles/sind-pilze-die-kapitalisten-des-waldes>

Abb. 73 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 74 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, inspiriert von
http://www.zanaravo.com/kits_oyster_mushroom.html

Abb. 75 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 76 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 77 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 78 - Alexey Sergeev 2009
<http://www.asergeev.com/pictures/archives/compress/2009/798/08.html>

Abb. 79
<https://puzzleblume.wordpress.com/2014/12/28/pilze-moos-flechten-und-blatter-bilder-aus-dem-rebenstorfer-wald/#jp-carousel-17741>

Abb. 80
http://www.aphotofungi.com/images/basidiomycota_heterobasidiomycetes/tremella_mesenterica_yellow_brain_fungus_03-12-06_2.jpg

Abb. 81 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb. 82 - Michal Dutkiewicz 2013,
<https://sanatureteers.files.wordpress.com/2014/11/adelaidehills-fog-july2013-trip2-21-dutkiewicz.jpg>

Abb. 83 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 84 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 85 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 86 - Phillip Förster, Deutschland 2015

Abb. 87 - Phillip Förster, Deutschland 2015

Abb. 88 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 89 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 90 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 91 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 92 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 93 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 94 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 95 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 96 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 97 - Karl Deix TU Wien 2015

Abb. 98 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb. 99 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.100 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.101 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.102 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.103 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf gelbigem Papier

Abb.104 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.105 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.106 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.107 - Karl Deix, Boris Margeta TU Wien 2015,
Screenshot, Baustofflabor

Abb.108 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf gelbigem Papier

Abb.109 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.110 - Karl Deix, Boris Margeta TU Wien 2015,
Screenshot, Baustofflabor

Abb.111 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.112 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf glattem, weißem Papier, 80g

Abb.113 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.114- Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.115 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.116 - Karl Deix, Boris Margeta TU Wien 2015,
Screenshot, Baustofflabor

Abb.117 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf gelbigem Papier

Abb.118 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.119 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.120 - Karl Deix, Boris Margeta TU Wien 2015,
Screenshot, Baustofflabor

Abb.121 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.122 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.123 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.124 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.125 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.126- Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.127 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.128 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.129 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.130 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.131 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.132 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.133 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.134 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.135 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.136 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.137 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.138 - Karl Deix, Boris Margeta TU Wien 2015,
Screenshot, Baustofflabor

Abb.139 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.140 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.141 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.142 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.143 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.144 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.145 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.146 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.147 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.148 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Diagramm, Autocad 2014

Abb.149 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.150 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.151 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.152 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, Photoshop CS6

Abb.153 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.154 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.155 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.156 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.157 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.158 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.159 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.160 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.161 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.162 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.163 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.164 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.165 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, gescannt

Abb.166 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, gescannt

Abb.167 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, gescannt

Abb.168 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, gescannt

Abb.169 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, gescannt

Abb.170 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.171 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, gescannt

Abb.172 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.173 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.174 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.175 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.176 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.177 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.178 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.179 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.180 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.181 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.182 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.183 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.184 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.185 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006, Photoshop CS6

Abb.186 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.187 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.188 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.189 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.190 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Photoshop CS6

Abb.191 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.192 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.193 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.194 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.195 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.196 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.197 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.198 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.199 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier

Abb.200 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.201 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.202 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Photoshop CS6

Abb.203 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Photoshop CS6

Abb.204 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.205 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, Collage, Photoshop CS6

Abb.206 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Abb. 155

Abb.207 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Abb. 159

Abb.208 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Autocad 2014, Abb. 163-

Abb.209 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Foto, 8MP Kamera Huawei P006

Abb.210 - Boris Margeta TU Wien 2015,
Handskizze, Farbstifte auf rauhem Papier, Photoshop CS6, inspiriert
von <https://www.flickr.com/photos/101640882@N02/9783334331>

Abb.Cover- Boris Margeta TU Wien 2015,
Vorderseite - Foto, 8MP Kamera Huawei P006, Photoshop CS6
Rückseite - Abb. 76 - Photoshop CS6