

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

ROTORBLATT UPCYCLING

SCHWINGENDES DACH - BEWEGLICHE FASSADE

Masterarbeit

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

Manfred Berthold

Prof Arch DI Dr

E253 Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Robert Leitner

0625940

Am Tabor 20-22/1/18, 1020 Wien

Wien , April 2014

A photograph of a dead bat lying on a light-colored rock in a field. In the background, there are several wind turbines under a clear blue sky. The bat's wings are spread out, and its body is dark with some lighter fur on its chest. The overall scene is somber and highlights the impact of wind energy on wildlife.

RETTET DIE FLEDERMÄUSE

Durch den Luftdruckabfall, den die Windkraftanlagen erzeugen, platzen Luftbläschen in den Lungen der Tiere und so zum Tod führen.

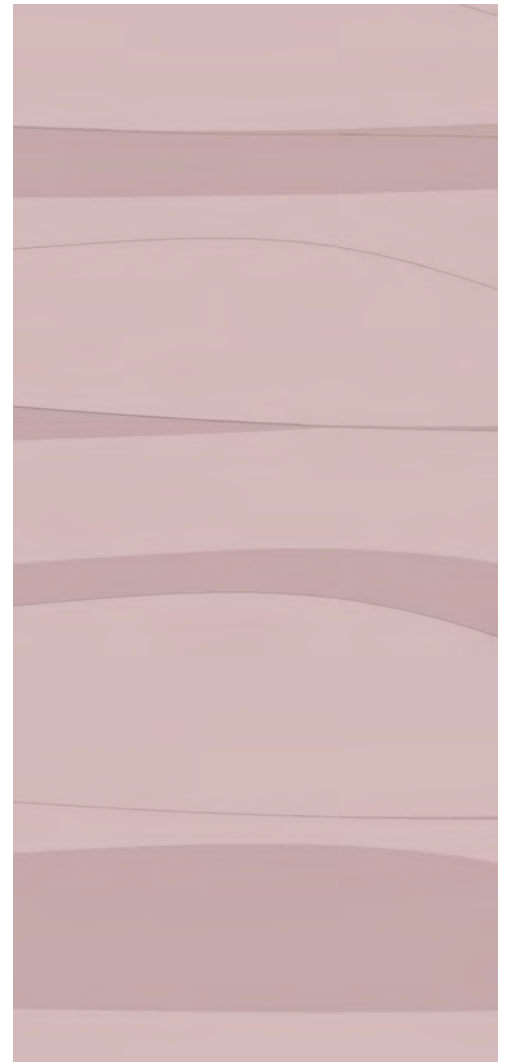
*„Das Innere der an Windrädern verunglückten
Fledermäuse ist meist eine einzige blutige Masse“¹*

EINLEITUNG

Im Laufe der Recherche bin ich auf einen Artikel in DIE WELT gestoßen, mit dem Titel: FLEDERMÄUSE STERBEN DURCH WINDKRAFTANLAGEN. Darin wird erklärt, dass durch den Luftdruckabfall, den die Windkraftanlagen erzeugen, Luftbläschen in den Lungen der Tiere platzen und so zu deren Tod führen.

Die mittlere Lebenszeit von Gebäuden wird immer kürzer. Es wäre unverantwortlich, nicht recyclingfähig zu konstruieren, um sie nach Ablaufzeit ihres Gebrauches ohne großen Aufwand abbauen zu können.

Die Rotorblätter bestehen aus Glasfaser- bzw. Kohlefaserverstärktem Kunststoff. Dieser Werkstoff ist einerseits sehr leicht und stabil, andererseits allerdings auch nicht leicht recycelbar. Nach 10-20 Jahren werden diese durch neue ersetzt, sind aber noch voll funktionsfähig. Anstatt sie nun zu zerstören setzte ich sie als wesentliche Bestandteile der Konstruktion ein.



8 RECHERCHE

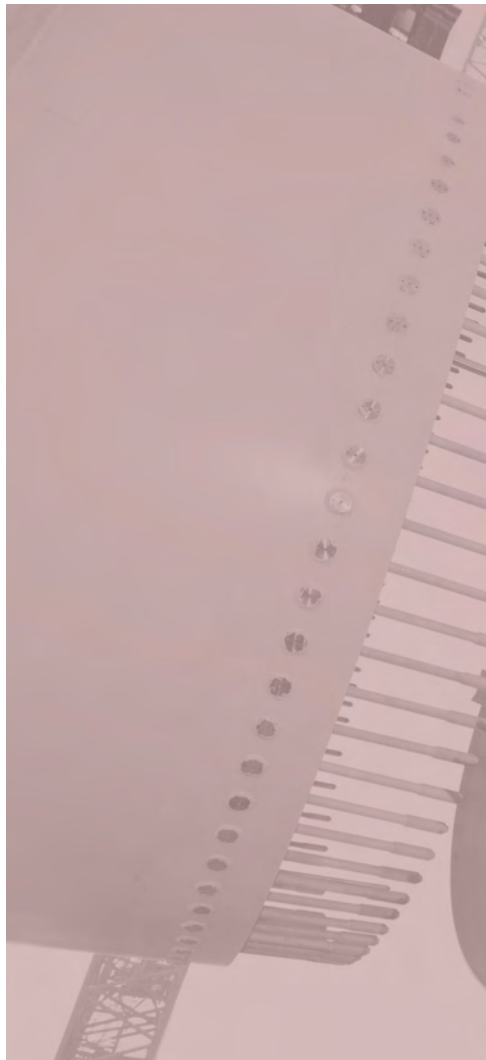
- 12 RECYCLING
- 14 UPCYCLING
- 16 SPOILEN
- 18 URBAN MINING
- 20 WINDKRAFT
- 24 ROTORBLÄTTER
- 30 RECYCLINGFÄHIG
KONSTRUIEREN

36 KONZEPT

- 40 RECYCLING SICHTBAR
- 42 WARUM ROTORBLÄTTER?
- 44 ROTORBLÄTTER
- 48 BLATTSTRUKTUR
- 50 BEWEGUNG

52 ENTWURF

- 54 ROTORBLATT
- 58 LAGEPLAN
- 62 GRUNDRISSE
- 70 ANSICHTEN
- 76 SCHNITTE
- 82 FASSADE
- 96 VISUALISIERUNGEN



112 KONSTRUKTION

114 MODELLVERSUCH

124 AUFBAU

134 DETAIL

136 FASSADE oben

138 FASSADE unten

140 DACH

142 ANSCHLUSS ROTORBLATT

144 FUNDAMENT

146 ANKER-ZUGSEIL

148 ANHANG

148 MODELLFOTOS

158 ABBILDUNGEN

161 QUELLEN

162 ABRISS (DE)

163 ABSTRACT (EN)

164 EIDESSTATTLICHE
ERKLÄRUNG

165 DANKSAGUNG

167 LEBENSLAUF

An aerial photograph of an offshore wind farm, showing numerous white wind turbines scattered across a vast, blue-grey sea. The sky is a clear, pale blue. In the center of the image, a large white circle is superimposed, containing the word "RECHERCHE" in a dark, serif, all-caps font. Below the circle, there are two horizontal white lines, one above and one below a central block of text.

RECHERCHE

Was ist Recycling, Upcycling? Welche Rolle spielen Spolien in der heutigen Architektur und in wie weit ist Urban Mining für die Zukunft relevant? Wie funktionieren Windkraftwerke und wie sind Rotorblätter aufgebaut?

RECYCLING
UPCYCLING
SPOLIEN
URBAN MINING
WINDKRAFT
ROTORBLÄTTER
RECYCLINGFÄHIG KONSTRUIEREN

RECHERCHE

RECHERCHE
RECYCLING
UPCYCLING
SPOLIEN
URBAN MINING
WINDKRAFT
ROTORBLÄTTER
RECYCLINGFÄHIG KONSTRUIEREN

RECHERCHE

RECYCLING

- Was ist Recycling?

12

Unter Recycling versteht man, das Wiederverwerten bzw. Aufarbeiten von Müll. Dabei sprechen wir von Papier, Glas, Metall oder Plastik. Wer recycelt tut der Umwelt etwas Gutes, verbessert seinen CO₂ Fußabdruck. Jeder von uns hat schon einmal einen recycelten Gegenstand in der Hand gehabt, die aus unserem Müll entstanden sind: eine Zeitung, eine Trinkflasche, eine Bierdose. Unter dem Vorwand der Ressourcen- Schonung wird dieser Aufwand betrieben.

Recycling ist keine moderne Erfindung. Die Idee, Materialien wieder zu verwenden gab es auch schon im dritten bzw. vierten Jahrhundert. Schon die Römer sammelten Glasscherben und schmolzen diese ein, um daraus neue Gefäße herzustellen.

Zu Beginn der 80er Jahre begann man in Österreich Papier zu recyceln. Die Altpapiersammlung so wie wir sie heute kennen - begann in Wien im Jahre 1986. Heute wird Recycling großflächig betrieben.

Hierzu sollen nun ein paar Zahlen von der ARA zur Veranschaulichung dienen. Alleine in Wien wurden im Jahr 2012 insgesamt 160 654 Tonnen an Haushaltsmüll

gesammelt, davon ...

123 602 t Papier,
27 238 t Glas,
6 681 t LVP,
3 133 t Metall.

Die Sammelmenge aus Gewerbe und Industrie für das selbe Jahr liegt deutlich höher. Hier kommt die ARA nämlich auf folgende Mengenangaben:

253 443 t Papier,
41 748 t LVP,
2 253 t Metalle,
19 116 t Holz,

Das ergibt eine Gesamtmenge von 316 560 t.

	erfasst	verwertet
Jahr	2012	2012
Papier	332 672 t	332 672 t
Glas	218 967 t	212 625 t
LVP	219 016 t	179 956 t
Metalle	39 836 t	33 771 t
Holz	19 116 t	19 216 t
Gesamt	829 607t	778 240 t

Bei diesen Zahlen ist anzumerken, dass nicht zwischen stofflicher oder thermischer Verwertung unterschieden wurde. ²

Abb.2
GEBRAUCH
Das Produkt hat seinen Zweck erfüllt
ENTSORGUNG
Das Produkt wird in den Müll geworfen und landet bei einem Recyclingunternehmen
ZERKLEINERUNG
Das Produkt wird gereinigt und in sein Bestandteile zerlegt
AUFARBEITUNG
Die Bestandteile werden wieder zum Ausgangsstoff
VERARBEITUNG
Der fertige Sekundärstoff wird wieder zum Produkt

Abb.1 Recycling



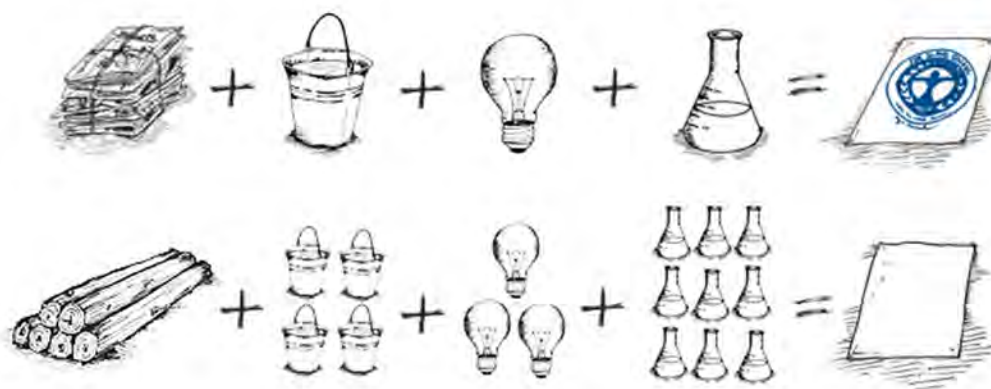
Von den 179 956 Leichtverpackungen (Kunststoff) werden laut ARA-Leistungsreport 74 142 t thermisch verwertet, d.h. diese werden zerkleinert, aufbereitet und als Brennstoff verwendet.

Glas hingegen wird zu 100% recycelt und kann auch beliebig oft wiedereingeschmolzen und -verwertet werden. Papier kann bis zu sechs Mal recycelt werden, bis die Fasern zu kurz werden um sie noch für Recycling Papier verwenden zu können.

Diese Form der Müllvermeidung hat aber einen wesentlichen Nachteil. Zur Wiederherstellung des Ausgangsstoffes braucht es Energie. Das Österreichische Umweltbundesamt schreibt diesbezüglich: *„Eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Verwertung findet erfahrungsgemäß dort ihre Grenzen, wo der Aufwand für Sammlung, Reinigung und Aufbereitung von Abfällen ein höheres Ausmaß an Emissionen oder anderen Umweltbelastungen nach sich zieht, als das bei Einsatz von Primärmaterialien der Fall wäre.“*¹³

Es gibt aber auch noch andere Wege Abfall oder Altes zu „recyclen“. Die nächsten Kapiteln wird sich damit beschäftigen.

Abb.2 Recycling versus Primärherstellung



UPCYCLING

- Was ist der Unterschied zwischen Recycling und Upcycling?
- Was bedeutet der Begriff Downcycling?

14

Recycling und Upcycling haben eines gemeinsam: die Verwertung von Abfall bzw. alten Dinge. Beim Recycling passiert das aber ausschließlich auf stofflicher Ebene. Beim Recycling wird das Ausgangsprodukt „zerstört“ und danach wieder neu zusammengesetzt. So wird z.B. beim Papier, das Altpapier in Wasser aufgelöst, und Fremdkörper werden aussortiert. Das Papier wird mittels Chemikalien (De-Inking Verfahren) von seinen Farben befreit. Danach werden die Papierfasern gebleicht und wieder zusammengesetzt. Obwohl, dieser Prozess (Abb. 2) weniger Energie und Sekundärrohstoffe (Wasser) benötigt als die Herstellung von neuem Papier, kann man hier nicht von Upcycling sprechen.

Upcycling ist laut englischer Definition vom Oxford Dictionary:

„Reuse (discarded objects or material) in such a way as to create a product of higher quality or value than the original ...“⁴⁴ Das heißt, dass man erst von Upcycling sprechen kann, wenn das Zielprodukt von höherer Qualität und Wert ist. Der Begriff von Reiner Pilz wurde erstmals in einem Interview in SalvoNEWS 1994, verwendet. Er wollte nicht akzeptieren, dass man alte Gebäudeteile einfach zerstört und als Betonzuschlag verwendet werden. Er artikuliert seinen Ärger folgendermaßen: *„Recycling,[...], I call it downcycling. They smash bricks, they smash everything. What we need is upcycling where old products are given more value not less.“⁴⁵*

Heute gibt es eine eigene Upcycling/DIY-Bewegung und allen voran Künstler, Designer und Architekten, die nach diesem

SalvoNEWS
Internet Plattform mit dem Motto:
Reuse before recycling!
<http://www.salvonews.com/>

DIY
Do it Yourself

Abb.3
GEBRAUCH
Das Produkt hat seinen Zweck erfüllt
ENTSORGUNG
Das Produkt landet nicht im Müll
KREATIVER PROZESS
??? !!!
HERSTELLUNG
Durch den Verarbeitung wird eine höher Qualität
und höherer Wert erreicht

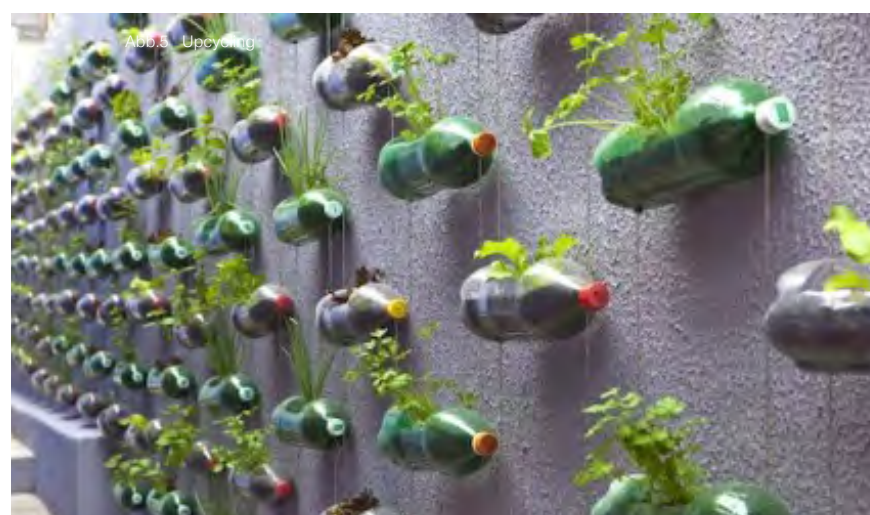
Abb. 3 Upcycling



Grundprinzip arbeiten. Mittels Abb.4 und 5 wird deutlich, was der Unterschied zwischen den beiden Begriffen ist. Abb.4 zeigt die zerkleinerten Plastikflaschen (Granulat), die eingeschmolzen werden, um damit neue Plastikflaschen zu erzeugen. Das benötigt Energie, die man z.B. für einen hängenden Garten (Abb.5) nicht aufbringen muss.

Downcycling beschreibt also den Qualitätsverlust eines Rohstoffes beim Wiederaufbereiten. Downcycling passiert bei der Aufarbeitung von altem Kunststoff. Hier kommt es zu einem Qualitätsverlust und die Verarbeitbarkeit sinkt.

Bei Glas hingegen kommt es zu keinem Downcycling. „Glas kann ohne Qualitätsverlust beliebig oft eingeschmolzen und neu geformt werden.“⁴⁶



SPOLIEN

- Was sind Spolien und was haben sie mit Recycling zu tun?

16

Die Spolie hat ihren Ursprung im Mittelalter. Man versteht darunter im Allgemeinen das Wiederverwerten von Bauteilen, vor allem jenes von antiken. Eine genauere Definition besagt, „... jedes in neuem Zusammenhang wieder verwendete Stück Baumaterial, unabhängig davon, ob es sichtbar oder verdeckt, umgearbeitet oder weitgehend original verwendet, und unabhängig davon, ob es aus praktischen oder aus irgendwelchen inhaltlichen Gründen herangezogen wurde...“⁷ als Spolie bezeichnet werden kann. Meist werden aber Säulen, bzw. Teile (Basis, Schaft, Kapitel), Skulpturen oder Reliefs als solche eingesetzt. Sie haben einen symbolischen Charakter, und wurden deshalb gerne bei sakralen und weltlichen Bauten verwendet, um eben diese wichtige und starke Symbolik zu vermitteln. In Abb. 7 und 8 sieht man eine Kirche (Sockel) und einen Turm (Säulen) in Capua mit antiken Spolien.

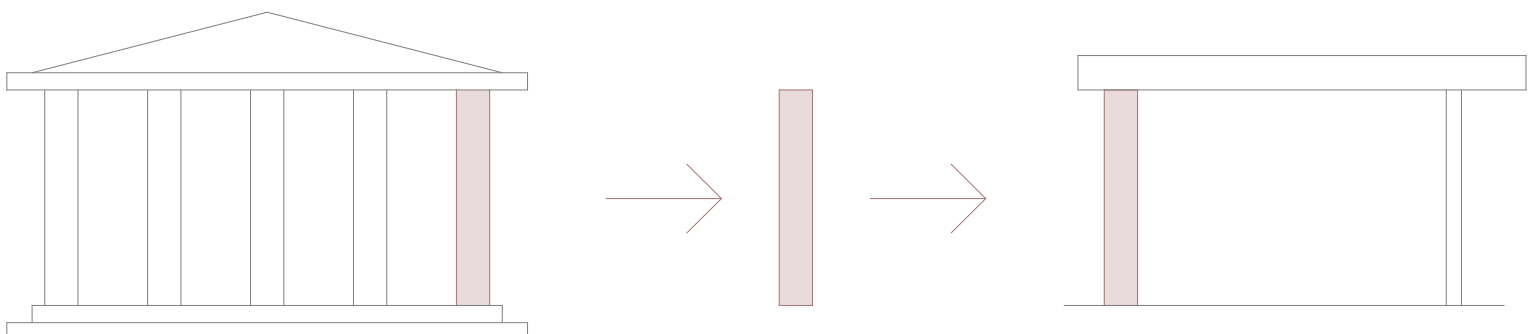
Diese Art von historischem Recycling wurde nicht nur im Mittelalter, Renaissance oder der Gotik praktiziert, sie findet sich noch heute.

Bei der Dominformation in Aachen (Abb.9) wurden Spolien eingesetzt. „Um diesen beiden historischen Schwerpunkten Aachens einen signifikanten Bezugspunkt zu geben verweist die Fassade der Dominformation über Spolien auf die Geschichte des Ortes: Die aus Betonbändern gefügte Fläche rahmt auf der Ecke eine antike Säule, die auf die römischen Ursprünge Aachens verweist. Ein Fragment eines gotischen Wasserspeiers steht für den Dom als Bauwerk.“⁸

In der heutigen Zeit können Spolien auch seltsame Formen annehmen, wie zum Beispiel beim Bahnhofplatz in Luzern, Schweiz, erkennbar (Abb.10). Das Portal des alten Bahnhofs wurde als Verkleidung für die Lüftungsanlage des Neubaus verwendet.⁹

Capua
Stadt in Kampanien, Italien.
Nördlich von Neapel

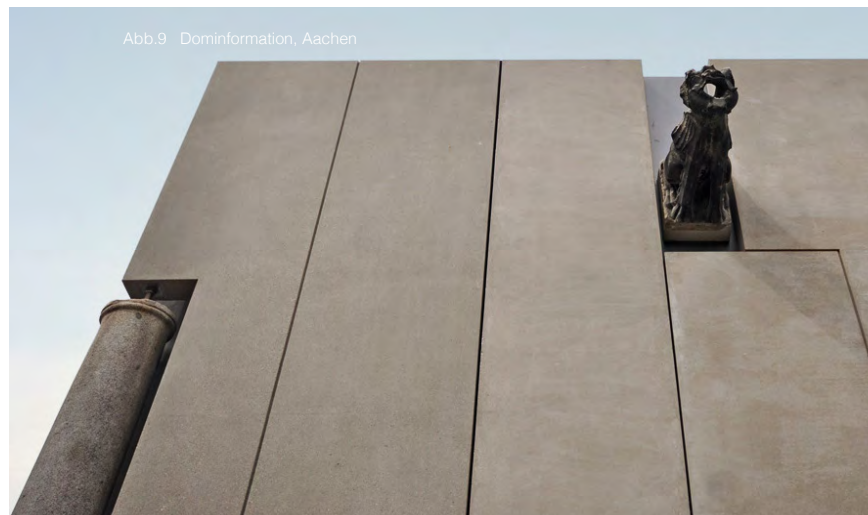
Abb.6 Spolien



Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Spolien eine Art Architektur-Recycling sind. Das verwertete Bauteil wird aber nicht, wie beim Recycling einer Betonwand, zerstört, in seine Einzelteile zerlegt, dann wieder zusammengefügt und als neue Betonwand aufgebaut, sondern als Gesamtes wiederverwendet. Die Säule, das Portal oder eine ganze Fassade werden als solche wieder in ein Gebäude integriert, werden Spolie und gleichzeitig recycelt.

- Spolie laut Duden:
1. Beutestücke, erbeutete Waffen
 2. (früher) Nachlass eines katholischen Geistlichen
 3. (Architektur) aus anderen Bauten stammende, wiederverwendete Bauteile (z.B. Säulen)¹⁰

Abb.9 Dominformation, Aachen



URBAN MINING

- Was versteht man unter Urban Mining?
- Welche Verbindung gibt es zur Architektur?

18

Man stelle sich vor ein Rohstoffabbaugebiet mit der Fläche von über 400 km² vor, in der uns 595 Millionen Tonnen an Rohstoffen zu Verfügung stehen und das direkt vor unseren Augen. Die Stadt Wien wäre ein solches Rohstofflager. Genau darum geht es im Urban Mining, nämlich das man die Rohstoffe aus dem bestehenden Lager der Stadt, welches natürlich kontinuierlich wächst, zurückzuholt. Wien hat ca. 1,7 Millionen Einwohner. Jedes Jahr kommen 12-18 Tonnen Rohstoff pro Einwohner zum bestehenden Lager hinzu. Davon kommen allein 9 Tonnen Baumaterial / E.a zum Rohstofflager hinzu aber nur 0,94 T/E.a werden als Baurestmassen verwertet.¹² Die Stadt Wien ist also kein natürliches Lager, sondern, ein anthropogenes Rohstofflager. Das bedeutet, es wurde vom Menschen verursacht und „... meint im Zusammenhang mit Rohstoffen jenes Rohstofflager, das verbaut ist, also in Städten, Siedlungen, Gebäuden,

Infrastruktur und anderen langlebigen Gütern steckt.“¹³

Bei diesen Rohstoffen handelt es sich natürlich nicht um Primärrohstoffe wie Eisen aus Eisenerz oder Aluminium aus Bauxit, sondern um Sekundärrohstoffe, die erst aus dem Abfall gewonnen werden müssen. Aluminium aus Fensterrahmen, Stahl aus der Konstruktion, Kupfer aus den Kabeln.

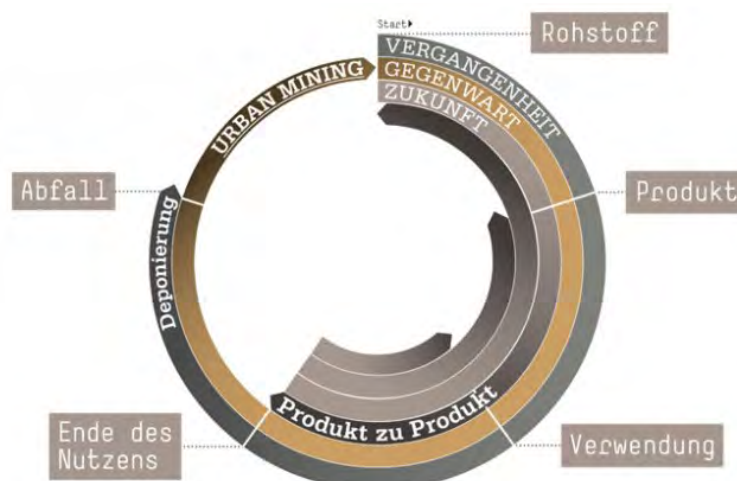
In der Grafik Abb. 11 wird gezeigt, wie man mit Rohstoffen umgegangen ist, umgeht und umgehen könnte. Die ideale Gegenwart, der „goldene“ Mittelweg, beschreibt das Urban Mining. Das fertig benutzte Produkt, z.B.: Baumrestmasse landet nicht auf der Deponie sondern, bevor es soweit kommt, wird es wieder in den Stoffkreislauf rückgeführt wird.

Der Weg der Zukunft beschreibt, dass ein Produkt nicht zu Abfall werden kann, da es so intelligent entwickelt wurde, dass es

Lager Bestand Rohstoffe in Wien: 350 Tonnen pro Einwohner in Wien (1,7 Millionen) = 595 Millionen Tonnen
lt. Paul H. Brunner, TU Wien

T/E.a=
Tonnen pro Einwohner im Jahr

Abb.11 Urban Mining, Grafik



nach seiner Nutzung als etwas anderes wiederverwendbar ist. Dann spricht man vom „Cradle to Cradle“ Prinzip.

Der alte Westbahnhof wurde bei seinem Umbau schon als „Urban Mine“ verwendet. Bauteile, Stahl, Beton, Kupferrohre/ -drähte wurden in den Rohstofffluss zurückgeführt/recycelt. Eine neue Urban Mine könnte das Areal des Nordwestbahn Frachtbahnhofs werden. Der Bahnhof soll aufgelöst werden, damit ein neues Stadtgebiet ent-

stehen kann. Weitere Möglichkeiten um an Rohstoffe in der Stadt zu kommen, abseits des Urban Mining ist das Landfill Mining. Dies besagt, dass man Rohstoffe erst zurückgewinnt, nachdem sie schon auf der Mülldeponie gelandet sind. Das ist gewissermaßen ein nachträgliches Recycling.

Abb.12 Urban Mining, Stadt



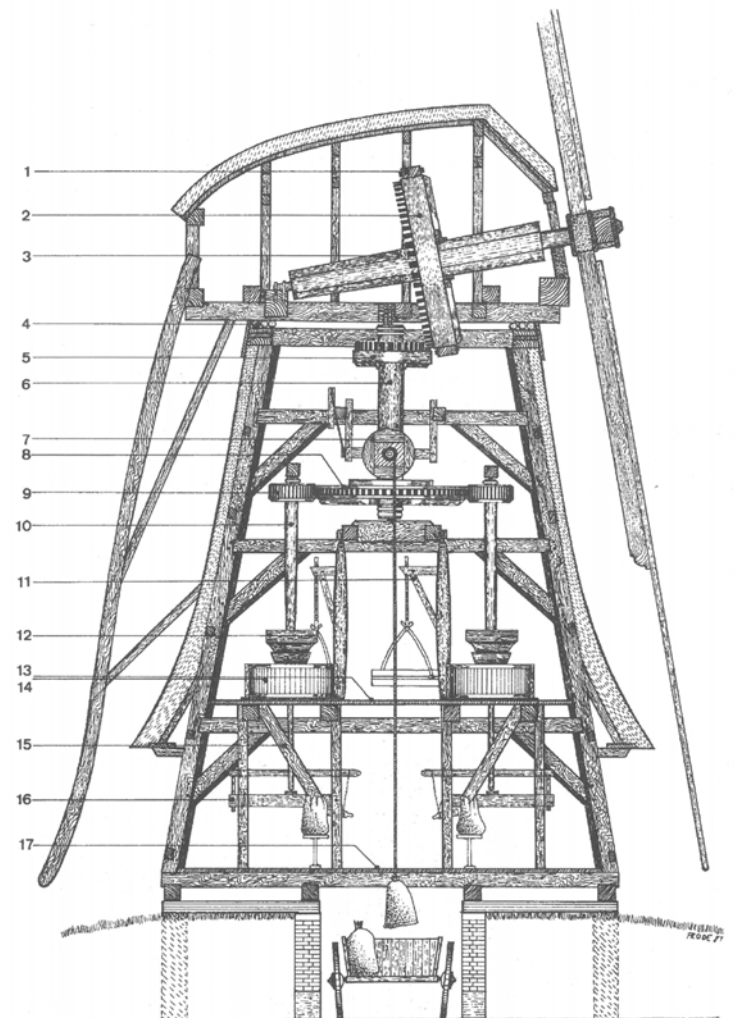
WINDKRAFT

- Geschichte der Windkraftanlagen
- Wer sind die Vorläufer des heutigen Windkraftwerkes?

20

Wind setzt Dinge in Bewegung, sei es nun ein Plastiksackerl, einen Baum, ein Schiff oder eben ein Rotorblatt. Eine der ersten Erwähnungen von einer stationären Anlage, die die Kraft des Windes nutzte, war die Pneumatica des Heron von Alexandria. In Europa wurden bereits im 12. Jahrhundert erste Windmühlen eingesetzt. Bis ins 18. Jahrhundert gab es hier - gemäß Schätzungen um die 200.000 Windmühlen. Das änderte sich aber schlagartig, als mit der industriellen Revolution mittels Dampfmaschine jederzeit Energie hergestellt werden konnte.¹⁴

Abb. 13 Aufbau, Holländer-Windmühle



- | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--|
| Holländer-Windmühle, Aufriß | 6 Königswelle oder König | 12 Mahltrichter |
| 1 Backenbremse | 7 Sackaufzug | 13 Steinboden |
| 2 Kammerad | 8 Stirnrad | 14 Mahlgang |
| 3 Flügelwelle | 9 Spindelrad | 15 Mehlrutsche |
| 4 Rollenlager der Dachhaube | 10 Spindel | 16 Hebevorrichtung für den Läuferstein |
| 5 Bunkler oder Kronrad | 11 Steinkran | 17 Mehlboden |

Bis dahin wurde das Windrad aber nur als mechanische Energie genutzt. Um 1900 wurden die ersten Windräder zur Stromerzeugung entwickelt. Als Gründer der modernen Windkraft darf Ulrich Hütter genannt werden. Mit seiner Anlage namens StGW 34 (Abb. 14) wurde in den Nachkriegsjahren von 1957-1968 Strom erzeugt.



Abb. 14 StGW 34 Windkraftanlage

WINDKRAFT

- Wie ist ein Windkraftwerk aufgebaut, wie funktioniert es?

Funktionsweise eines Windkraftwerks:

- Aerodynamisch geformte Rotorblätter (1) werden durch den Wind in Bewegung versetzt.
- die Blattverstellung (2) gewährleistet die richtige Ausrichtung der Rotorblätter
- Die Bewegung wird von der Rotorachse (3) aufgenommen, (die Nabe dient als Element, zur Blattverstellung und als Anschluss an die Rotorachse)
- und in das Getriebe (4) eingeleitet. Dieses erhöht die Drehzahl.
- Eine Bremse (5) verhindert bei Windböen Beschädigungen des Systems.
- Das Generator (6) wandelt die ankommende mechanische Energie, in elektrische Energie um.

Die Windrichtungsnachführung (7) richtet wie der Name schon sagt, das System gegen den Wind aus.

Aufbau eines Windkraftwerkes:

- Das Gewicht wird mittels Fundaments (A) in das Erdreich geleitet.
- Damit die Rotorblätter keine Menschen köpfen, stellt der Turm (B) sicher, dass sie sich in gewünschter Höhe drehen. (Auch die Windgeschwindigkeit ist weiter oben, höher)
- Die sogenannte Gondel (C) ist die Hülle für die Technik.
- Die Nabe (D) überträgt die Kraft der Rotorblätter auf den Antriebsstrang.
- Die Rotorblätter (E) (siehe nächstes Kapitel) sorgen für die nötige Bewegung.

Abb. 15
1 Rotorblatt
2 Blattverstellung
3 Rotorachse
4 Getriebe
5 Bremse
6 Generator
7 Windrichtungsführung

Abb. 16
A Fundament
B Turm
C Gondel
D Nabe
E Rotorblatt

Abb.16 Schema, Windkraftanlage

Abb.15.1 Schema, Windkraftanlage

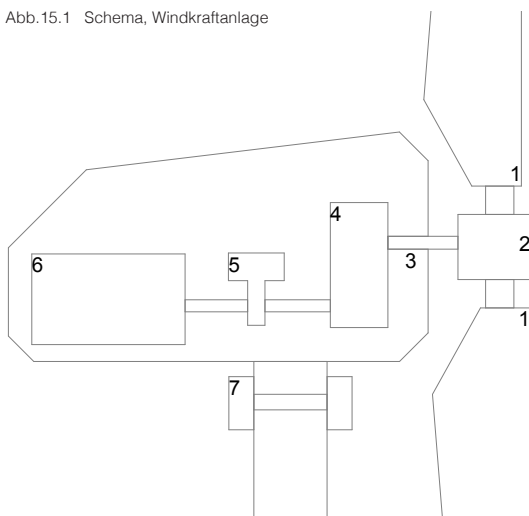


Abb.15.2 Stellung Rotorblatt (Blattverstellung)

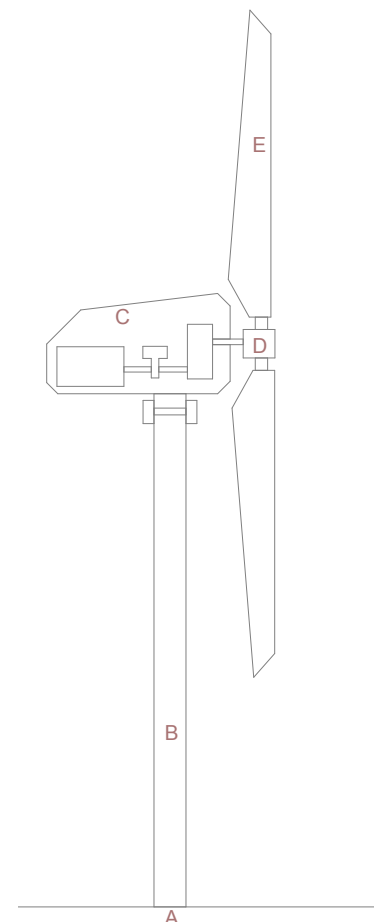
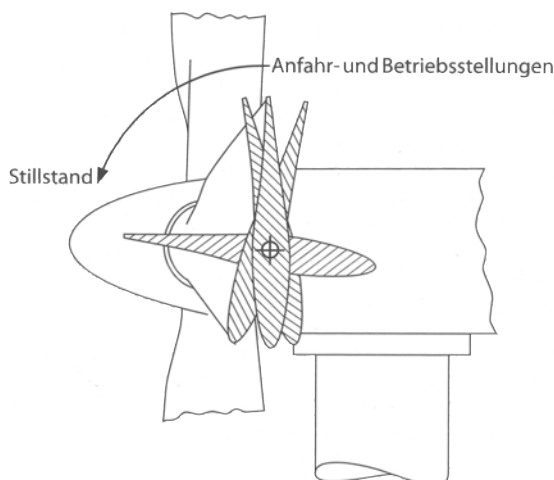




Abb.20 Gondel (C)

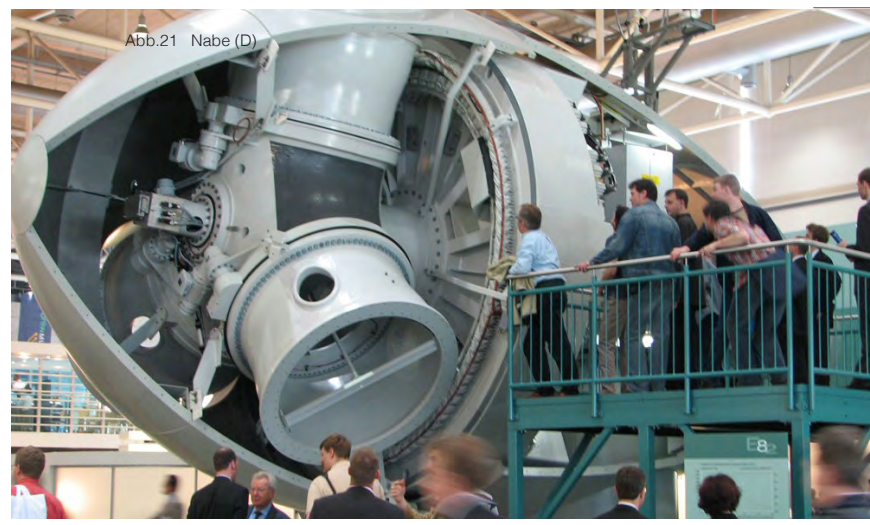


Abb.21 Nabe (D)

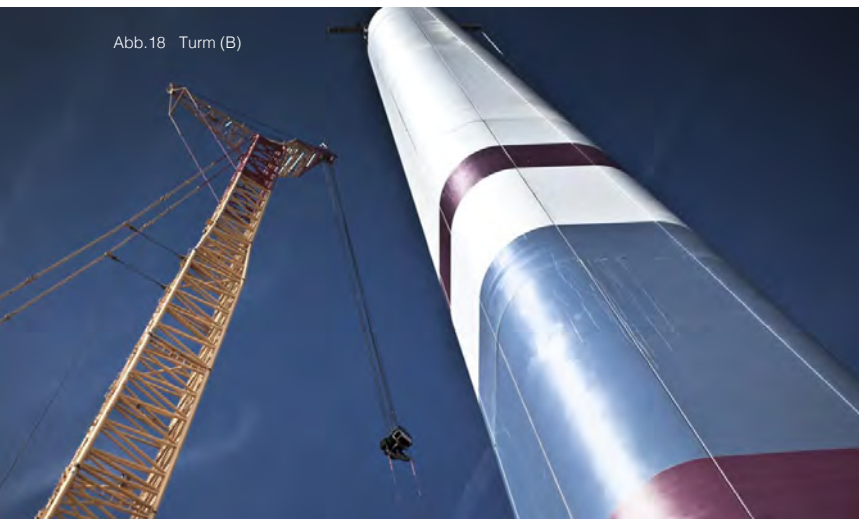


Abb.18 Turm (B)



Abb.19 Turm (B), Innen

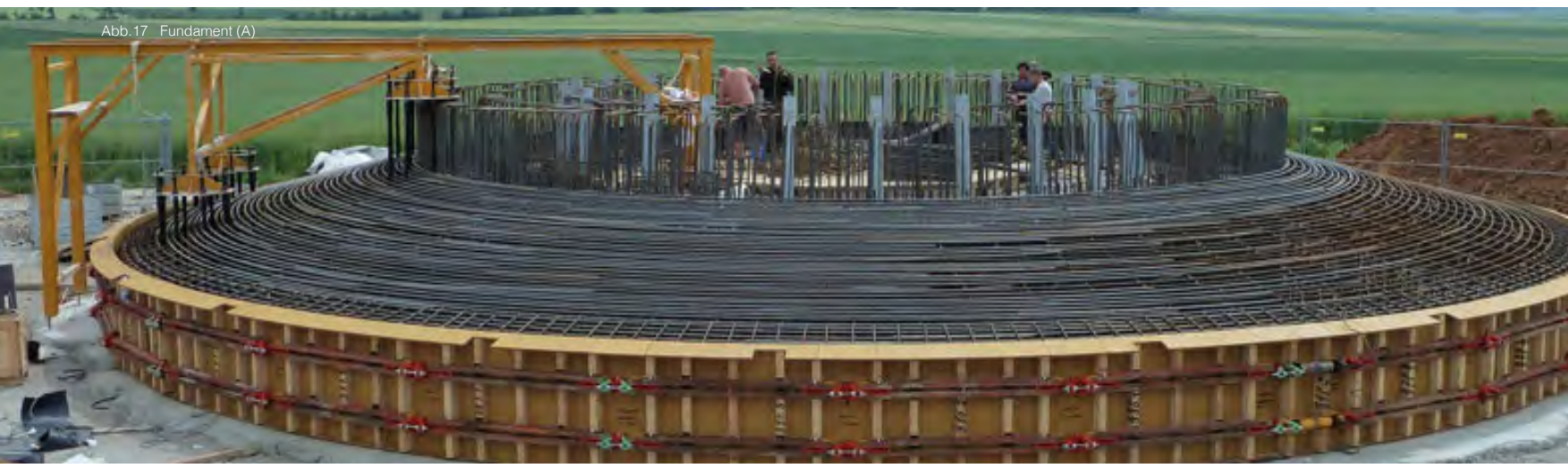


Abb.17 Fundament (A)

ROTORBLÄTTER

- Aus welchen Materialien bestehen Rotorblätter?
- Wie ist ein Rotorblatt aufgebaut?

24

Ein Rotorblatt ist das größte Leichtbauteil, das zur Zeit vom Menschen hergestellt wird. Obwohl es als Leichtbauteil klassifiziert wird, ist sie extrem stabil. Diese Eigenschaft erlangt es durch die Materialien, aus denen es besteht. Zum Großteil besteht ein Rotorblatt aus glasfaserverstärktem Kunststoff, kurz GFK. Für neuere und größere Rotorblätter werden auch Kohlefasern (Carbon), kurz CFK, verwendet, die noch bessere Materialeigenschaften besitzen.

Abb.22 GFK Matte

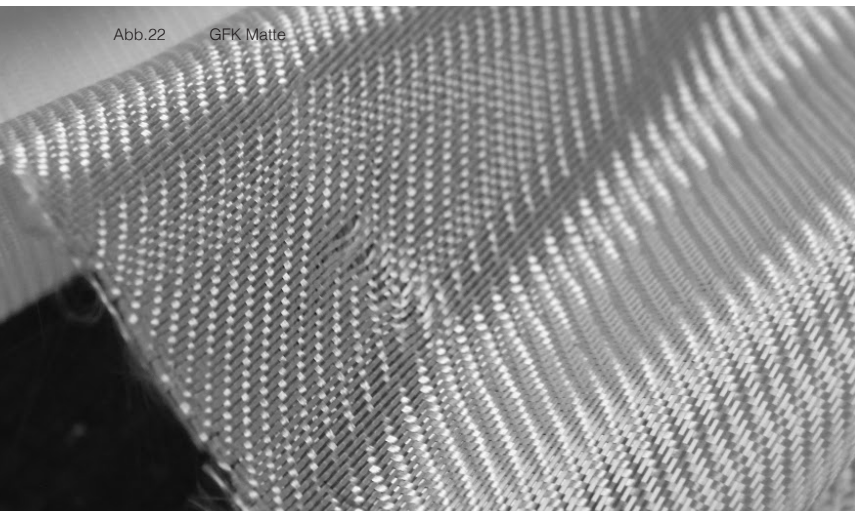
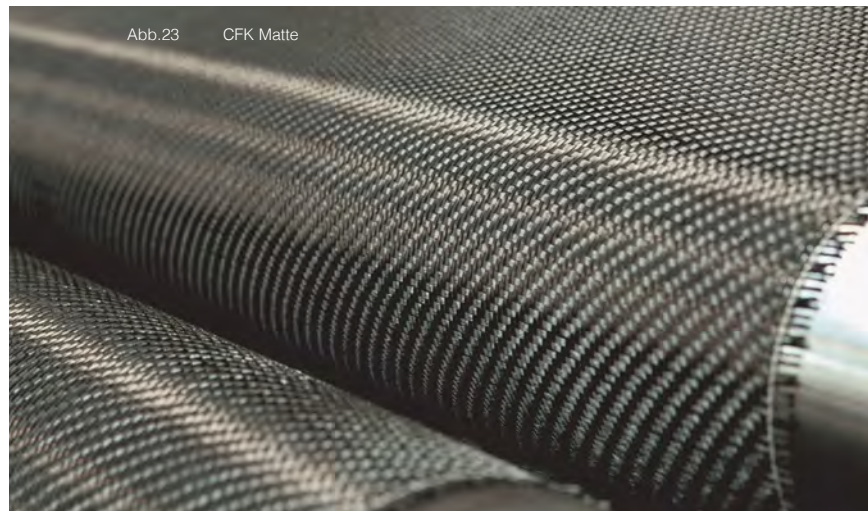


Abb.23 CFK Matte



Rotorblätter sind aerodynamisch - wie ein Flugzeugtragwerk - geformt, an den Wind optimal angepasst. Die einzelnen Querschnitte werden mittels NACA Profilen geformt. Ein einzelnes Rotorblatt besteht aus mehreren dieser Querschnitte. Welche das sind und wie sie zueinander angeordnet sind, ist dem Wissen der Hersteller vorbehalten.

Die Form für meinen Entwurf habe ich an einem Projekt der Hochschule Bremen angelehnt. (genaue Auflistung im Kapitel Entwurf) Diese einzelnen NACA Profile stehen in

gewissem Abstand zueinander, können leicht verschoben liegen und verschiedene Winkel aufweisen.

Diese Profile werden im Inneren noch mittels 2 Stegen (5) stabilisiert.

- 1 GFK (CFK) Roovings
- 2 Außenlaminat
- 3 PU- Schaum
- 4 GFK Matten (umhüllen den PU Schaum)
- 5 Stege (zur Stabilisierung)
- 6 Nase
- 7 Blattwurzel

Abb.24 Querschnitt Rotorblatt

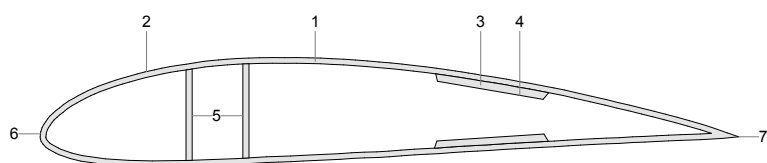
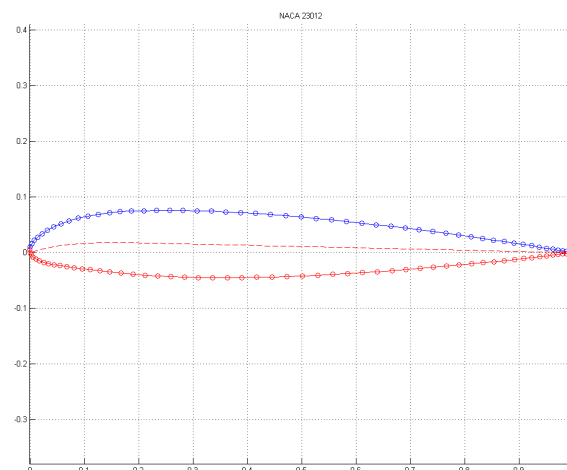


Abb.25 NACA Profil



ROTORBLÄTTER

- Wie belastbar ist ein Rotorblatt?

26

Wie belastbar ist nun ein Rotorblatt?

Dafür muss man zuerst die Materialeigenschaften kennen. In der Abb. 26 sind die Kennwerte einiger wesentlicher Baustoffe aufgelistet. Man kann herauslesen, dass GFK und vor allem CFK mit Baustahl leicht mithalten können. Die spezifischen Werte dieser beiden Baustoffe liegen weit höher als die der gängigen Baustoffe wie z.B.: Stahl oder Holz.

Abb.26 Tabelle, Kennwerte ¹⁵

Material	Kennwerte	spez. Gewicht	Bruchfestigkeit	E- Modul	spez. Bruchfestigkeit	spez. E- Modul	Dauerfestigkeit
		γ g/m ³	σ_B N/mm ²	E kN/mm ²	σ_B/γ km	E/ γ 10 ³ km	$\pm\sigma_A$ 10 ⁷ n N/mm ²
Baustahl S 355 (St 52)		7,85	520	206	6,6	2,7	60
Legierter Stahl		7,85	620	≈195	8,7	2,7	70
Aluminium		2,7	480	70	18	2,6	40
Aluminium AlMg5 (Schweißbar)		2,7	236	70	8,7	2,6	20
Titan Legierung		4,5	900	110	20	2,3	-
Glasfaser / Epoxy		1,7	420	35	24,7	0,9	35
Kohlefaser / Epoxy		1,4	550	100	39	3,1	100
Aramidfaser / Epoxy		1,25	450	35	36	1,9	-
Holz (Fichte)		0,35	ca. 65	ca. 8	ca. 17	ca. 2,1	ca. 20
Holz / Epoxy		0,58	ca. 75	ca. 11	ca. 13	ca. 1,9	ca. 35

Laut Fraunhofer Institut hält ein 50 m langes Rotorblatt einem Biegemoment von bis zu 50.000 kNm stand. Hierzu die Abb.29 als Veranschaulichung. In Bremerhaven (Deutschland) testet das Fraunhofer Institut auch die Belastbarkeit von Rotorblättern (Abb. 28). Verformungen von Rotorblättern im Einsatz zeigt die Abb. 27 - in Seitenansicht und Frontalansicht.



Abb.28 Testanlage Rotorblatt

Abb.27 Schwinungen Rotorblatt

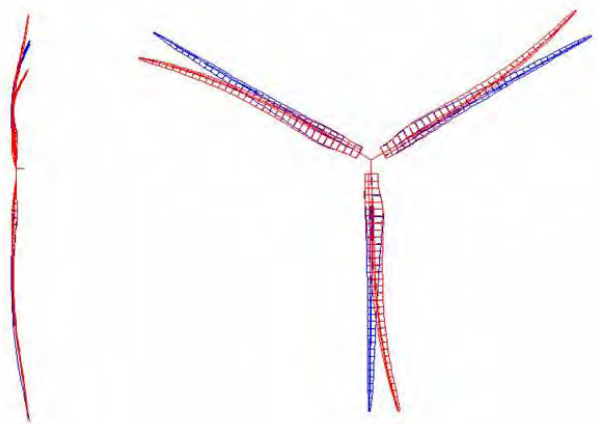


Abb.29 Schaubild, Belastbarkeit



ROTORBLÄTTER

- Was passiert mit einem Rotorblatt, nachdem es nicht mehr eingesetzt wird?

28

„...Windkraftanlagen [...], die eine durchschnittliche Lebensdauer von 20 Jahren haben, erreichen in absehbarer Zeit das Ende ihrer Nutzungsdauer.“¹⁶

„Da eine nachhaltigere Entsorgungslösung [...] nicht zur Verfügung stand, wurden Rotorblätter mit Industriescheren und mobilen Shreddern zerkleinert und anschließend in [...] Müllverbrennungsanlagen entsorgt.“¹⁷



„Auf Grund technischer Neuerungen, die höhere Energieausbeuten ermöglichen, werden die Windkraftanlagen inzwischen schon nach rund zehn Jahren getauscht ...“¹⁸

„Den Windparkbetreibern ist das Recycling schlicht zu teuer. [...] Da ist es teilweise günstiger, ausrangierte Flügel einfach einzulagern.“¹⁹

Da das alles nicht zufriedenstellend für mich ist und ich eine andere Lösung für die Weiterverwertung von Rotorblättern, die nicht mehr gebraucht werden anbieten will, habe ich beschlossen, Architektur aus Rotorblättern zu erzeugen und somit Rotorblatt Upcycling zu betreiben.

Abb.32 Größen Rotorblätter



Product/Rotor diameter (m)	V15	V17	V19	V20	V25	V27	V39	V44	V47	V52	V66	V80	V90
Year of installation	1981	1984	1986	1987	1988	1989	1991	1995	1997	2000	1999	2000	2002
Capacity (kW)	55	75	90	100	200	225	500	600	660	850	1750	2000	3000
MWh/year	217	265	301	346	481	647	1304	1581	1947	2530	4705	6768	9152

Abb.33 Lagerung, Rotorblätter



RECYCLINGFÄHIG KONSTRUIEREN

- Dämmung, erdberührend

30

Um recyclingfähig zu konstruieren gilt es nicht lösbaren Verbindungen zu vermeiden. Die herkömmliche Kellerwanddämmung ist ein extrudiertes Polystyrol (z.B.: XPS Platten), das mit einer Bitumenbahn auf die Stahlbetonwand geklebt werden.

Eine Alternative stellt die Schaumglasschotterdämmung dar. Diese wird in sogenannten „Wall Bags“ (Gewebe-Taschen)

gefüllt und an der Kellerwand befestigt. Sie ist reversibel, also recycelbar.

Wenn man die Kellerwand als „Weiße Wanne“ ausführt, kann man auf eine Bitumenabdichtung verzichten, da der wasserundurchlässige Beton als Dichtung dient. Durch die Vermeidung von Klebeverbindungen lassen sich alle Bestandteile des Kellers recyceln.

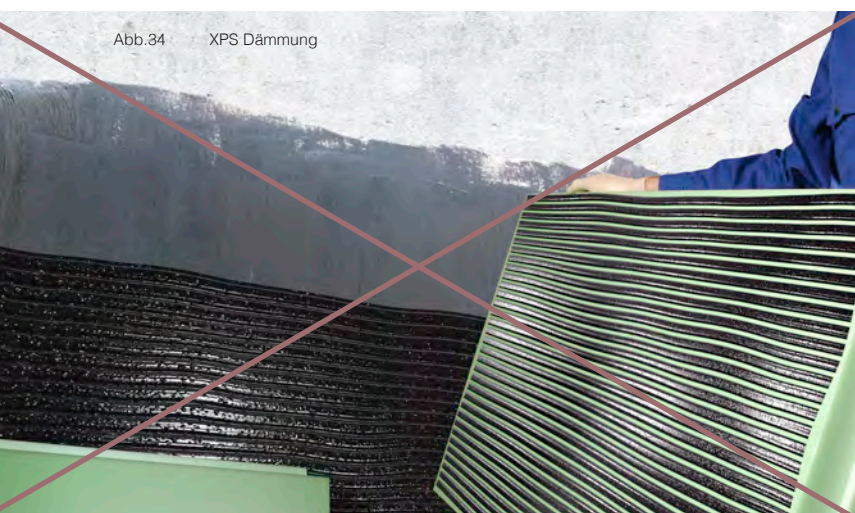


Abb.34 XPS Dämmung



Abb.35 Glasschotterdämmung

PVC-beschichtete Polyestergewebe werden für Membransysteme, temporäre Konstruktionen und wandelbare Systeme verwendet. Sie weisen eine Beständigkeit von ca. 20 Jahren auf.

Sie sind wie jedes andere PVC Material recycelbar. Dachbahnen werden mit dem VINYLPOOR®-Verfahren recycelt.

ETFE-Folien sind nach ihrer Nutzung in ge-

reinigter Form wieder in die Produktion neuer Folien rückführbar, so dass man von einem nahezu vollständigen Recycling sprechen kann.²⁰



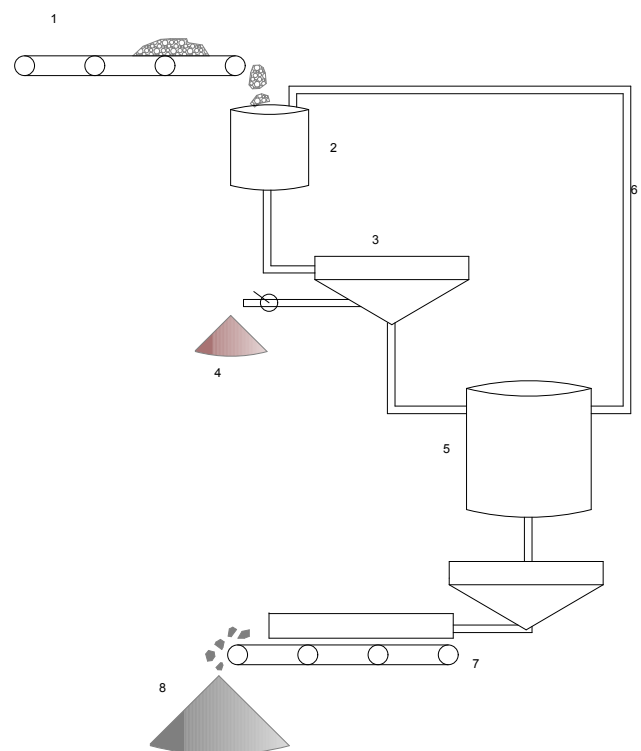
Abb.36 ETFE



Abb.37 PVC

Abb. 38 Vinyloop:

- 1 Vorbehandlung (Reinigung, Sortierung und Zerkleinerung)
- 2 Zugabe von Lösungsmittel zur Extraktion des PVC
- 3 Trennung des gelösten PVC von anderen Stoffen
- 4 Fremdstoffe werden entfernt
- 5 Abgelagertes PVC wird vom Lösungsmittel getrennt
- 6 PVC wird getrocknet und gefiltert
- 7 Endprodukt: recyceltes PVC



RECYCLINGFÄHIG KONSTRUIEREN

- Stahlbeton / Weiße Wanne

STAHLBETON

Stahlbeton kann ohne Weiteres recycelt werden. Dafür muss zuerst sichergestellt werden, dass das Abbruchmaterial möglichst gut sortiert wurde. Dann wird der Stahlbeton durch einen sogenannten Brecher zerkleinert. Der Betonsplitt kann nun als solcher oder als Zuschlag für Recyclingbeton, kurz RC-Beton (Abb. 39) verwendet werden. RC-Beton unterscheidet sich optisch nicht vom normalen Beton.

Durch das Einschmelzen der Stahlbewehrung werden Fremdstoffe aussortiert und der Stahl kann so wieder in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden.

WEISSE WANNE

Die Ausführung der Kellerwand als Weiße Wanne hat den Vorteil, dass keine zusätzliche Abdichtung angebracht werden muss.

Beim Beton wird unterschieden zwischen:

- Anforderungsklassen
AS (Vollständig trocken) - A4 (nass),
- Konstruktionsklassen KS - K2,
- Wasserdruckklassen W0- W4,
- Fugenbandklassen W0/W1 - W4,

Bei der Ausführung ist besonders auf die Fugenausbildung achtzugeben, da sie eine Schwachstelle im Verbund darstellt und dort Wasser eintreten kann. In den verschiedenen Klassen ist, wie im Diagramm unten (Abb. 40) zu sehen, ein Zusammenhang zu erstellen.

Bei der Ausführung hat ist von einer Wanddicke von ca. 30 cm aus zu gehen.

Abb. 39 Recycling-Beton
Abb. 40 Diagramm, Zusammenhang zwischen den Klassen bei WU Beton

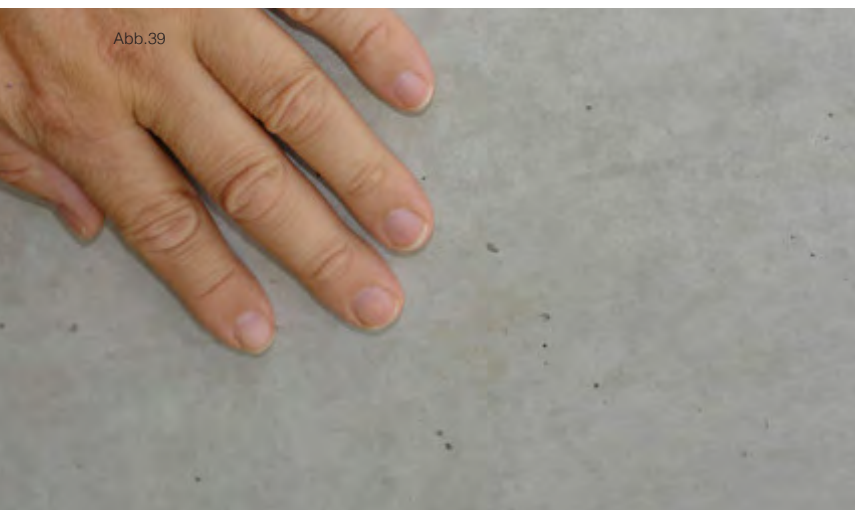
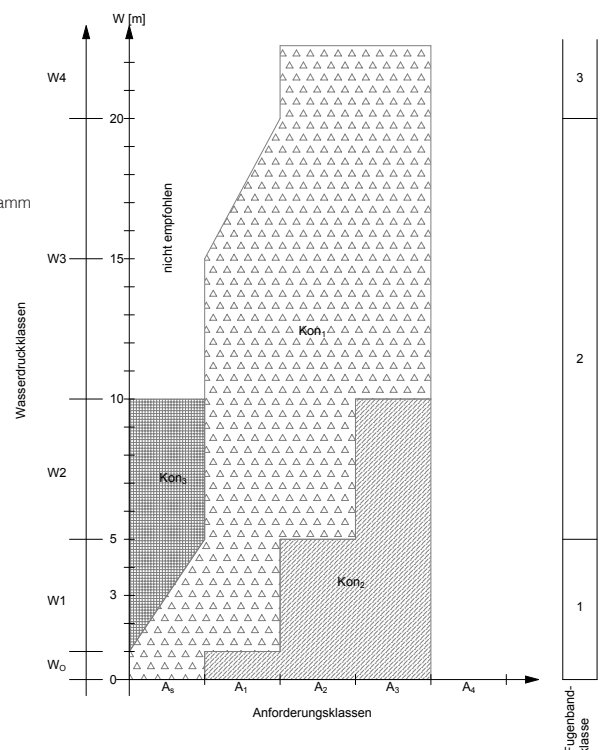


Abb.40 Diagramm



- Stahl

Stahl ist der wohl am einfachsten zu recycelnde Baustoff, sofern er nicht in einem Sandwichbauteil als eine Komponente verbaut wurde. Jede andere Stahlkonstruktion kann einschmelzen und wiederverwendet werden. Fremdstoffe wie zB. Lacke werden durch den Schmelzvorgang vom Stahl entfernt. „Es ist billiger und energiesparender, Stahl aus Alteisen zu gewinnen statt aus Roheisen. Recycling-Stahl trägt heute bereits 45 Prozent zur Stahlproduktion bei.“²¹

Da Stahl geschraubt oder geschweißt wird, besteht auch nicht die Gefahr der schwierigen Trennbarkeit von Baustoffen, welches beim Recycling oft eine Rolle spielt.

Abb. 42 Recycling Code für Eisen
Abb. 43 Stahl Recycling Hochofen



RECYCLINGFÄHIG KONSTRUIEREN

- Innenwände

34

Innenwände bzw. nicht tragende Bauteile werden meist aus Gipskartonplatten auf Metallständerwänden hergestellt. Der große Vorteil ist deren Brandbeständigkeit. Obwohl Gipskarton auch recycelbar ist, wäre demnach eine Konstruktion aus Holz nachhaltiger.

Holz ist ein natürlich wachsender Baustoff, bindet CO₂ und ist in Österreich ausreichend und regional vorhanden. Holzkonstruktionen werden entweder mechanisch oder zimmermannsmäßig verbunden.

Beide Formen der Verbindungstechnik sind reversibel und somit recyclingfähig. Zimmermannsverbindungen sind, im Gegensatz zu mechanischen Verbindungen, mittels Nägel oder Dübel, immer formschlüssig.

Abb. 44 Zimmermannsmäßige Holzverbindung

Abb. 45 Mechanische Holzverbindung



Abb.45



- Dämmung

Bei der Dämmung von Wänden gibt es viele Möglichkeiten. Im ersten Teil des Kapitels ging es um erdberührende Bauteile während in diesem Teil sich der Dämmung von Außen- bzw. Innenwänden widmet.

Extrudiertes Styropor ist nicht sehr umweltfreundlich und daher sollten auch hier Alternativen in Betracht gezogen werden. Von denen es zahlreiche gibt. Die Varianten reichen von Zellulose über Holzfasermatten bis hin zu anderen pflanzlichen Dämmstoffen

wie Hanf, Schilf, Kokos oder Stroh.

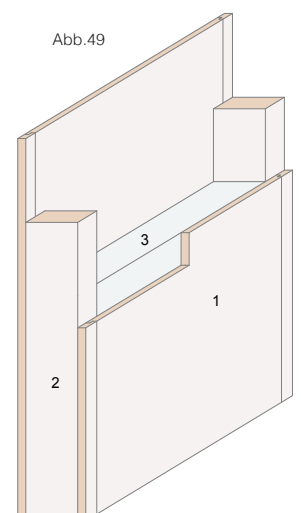
In Abb.47 sieht man einen einfachen Aufbau einer Innenwand aus Holz.

1 Holzplatte (OSB, MDF, Vollholz)

2 Ständer (Vollholz)

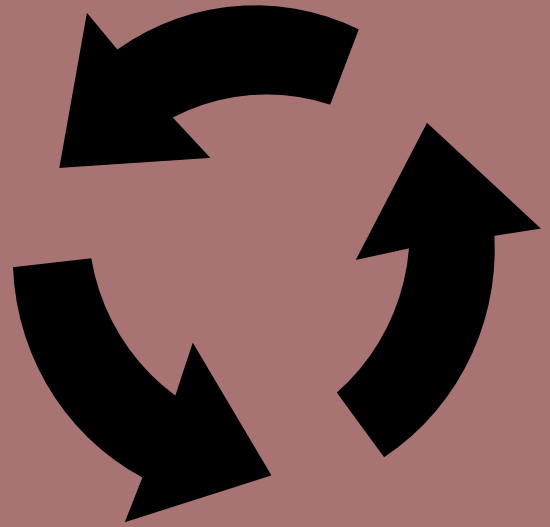
3 Dämmung (Zellulose, Hanf, Schilf, Stroh...)

Abb. 46 Zellulose
Abb. 47 Schilfdämmmatten
Abb. 48 Stohdämmung
Abb. 49 Innenwandaufbau

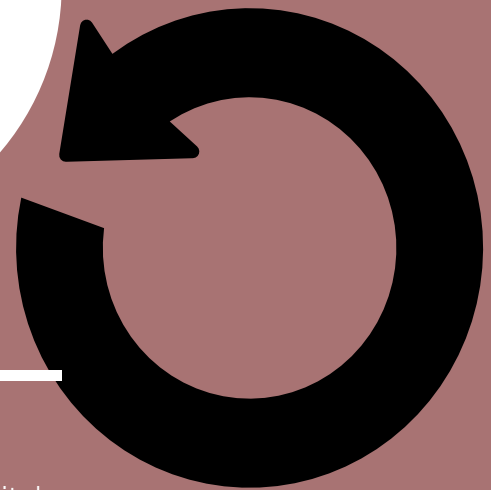
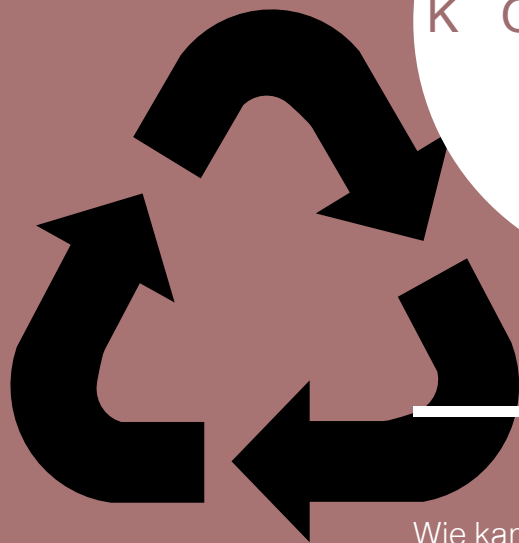


KONZEPT

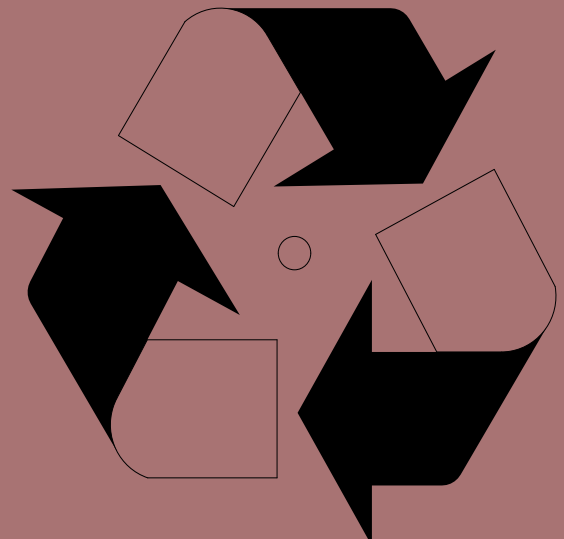
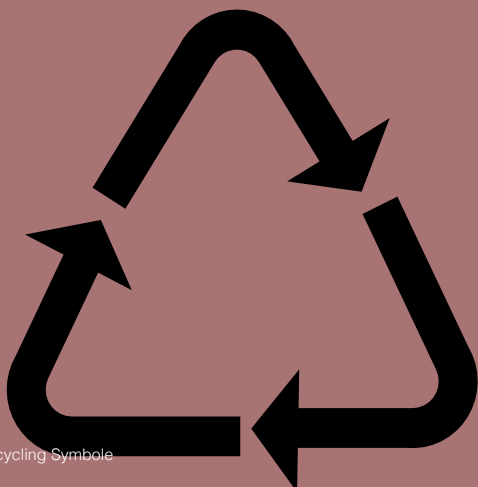
- RECYCLING SICHTBAR MACHEN
- WARUM ROTORBLATT?
- ROTORBLÄTTER
- BLATTSTRUKTUR
- BEWEGUNG



K O N Z E P T



Wie kann Recycling in der Architektur sichtbar gemacht werden? Ideen zur Formfindung, die sich über Blattstrukturen und Bewegung definiert.



KONZEPT

RECYCLING SICHTBAR MACHEN

WARUM ROTORBLÄTTER?

ROTORBLÄTTER

BLATTSTRUKTUR

BEWEGUNG

KONZEPT

RECYCLING

- Wie kann Recycling in der Architektur sichtbar gemacht werden?

40

Die erste Frage, die man sich stellt, wenn man sich mit diesem Thema beschäftigt, ist folgende: Wie wird Recycling sichtbar? Eine Wand aus Beton, egal ob neuer oder recycelter Beton, wird erstens meist verkleidet und zweitens gibt es keinen sichtbaren Unterschied. In meinem Entwurf sollte dieses Sichtbarmachen auch in einer Form passieren die nicht offensichtlich nach Recycling schreit.

Nach ausführlicher Recherche habe ich vier Möglichkeiten gefunden, wie ich das bewerkstelligen kann:

1. über Material
2. über Konstruktion
3. durch scheinbare Unvollständigkeit
4. über Funktion

All diese vier Möglichkeiten werden im Entwurf angewandt.

Abb.50
Papierhaus PH-Z2
Dartz & Dartz Architekten

Abb. 51
Loblolly House
Kieran Timberlake

Abb. 50 Papierhaus



Abb. 51 Loblolly House



1. MATERIAL (Abb. 50)

Über das Material der Fassade wird die Recyclbarkeit des Gebäude transportiert.

2. KONSTRUKTION (Abb. 51)

Sichtbare und rückbaubare Konstruktion kann auch ein Hinweis auf Wiederverwertung sein.

3. UNVOLLSTÄNDIGKEIT (Abb. 52)

Die scheinbare Unvollständigkeit und somit reversible Bauweise schließt die Recyclingmöglichkeit nicht aus.

4. NEUE FUNKTION (Abb. 53)

Alten Gebäuden neue Funktionen zu geben ist eine Form des Recyclings. Neuen Gebäuden die Möglichkeit zu geben neue Funktionen anzunehmen ist auch eine Form des Recyclings.

Abb. 52
Raum Zita Kern, artec Architekten

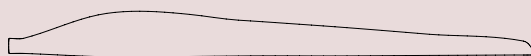
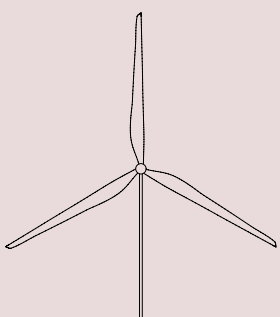
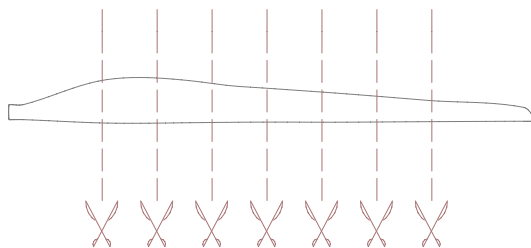
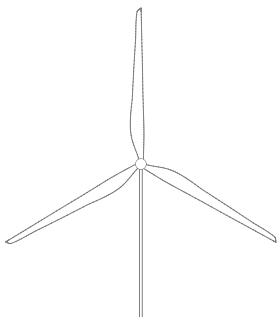
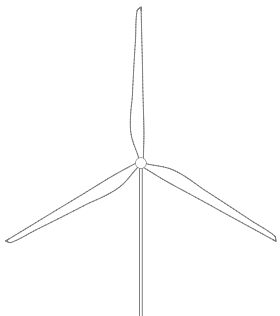
Abb. 53
Gasometer, Wien

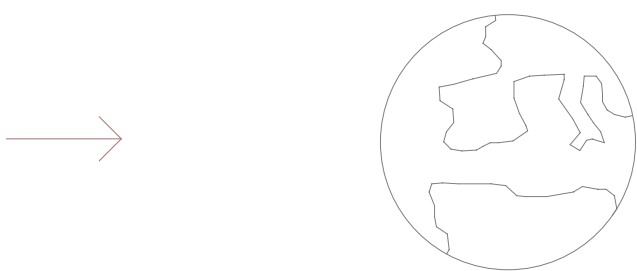


WARUM ROTORBLÄTTER ?

Varianten der Rotorblatt Verwertung

- A Windkraftanlagen inkl. Rotorblätter werden gelagert und/ oder verkauft.
- B Rotorblätter werden zerkleinert und im besten Fall als Betonzuschlag verwendet.
- C Rotorblatt wird als Konstruktion eingesetzt.





ROTORBLÄTTER

44

Im Laufe der Recherche stieß ich auf beeindruckende Bilder von Rotorblättern, die mich immer wieder inspiriert haben, sei es die unglaubliche Stabilität, die technischen Lösungen und vor allem die riesigen Dimensionen.

Abb. 54

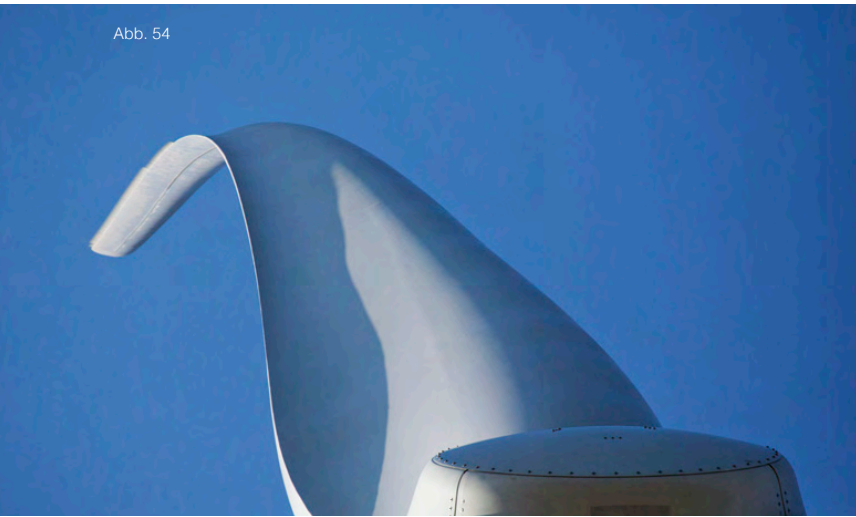


Abb. 56



Abb. 55



Abb. 57



„So kommen die Flügelspitzen von 50 Meter-Rotoren bei einer Drehzahl von 0,3 [Umdrehungen] pro Sekunde auf eine Geschwindigkeit von 340 Kilometern pro Stunde. ... Dies erfordert hohe Ansprüche an die Zerreißfestigkeit der verwendeten Materialien “²⁰



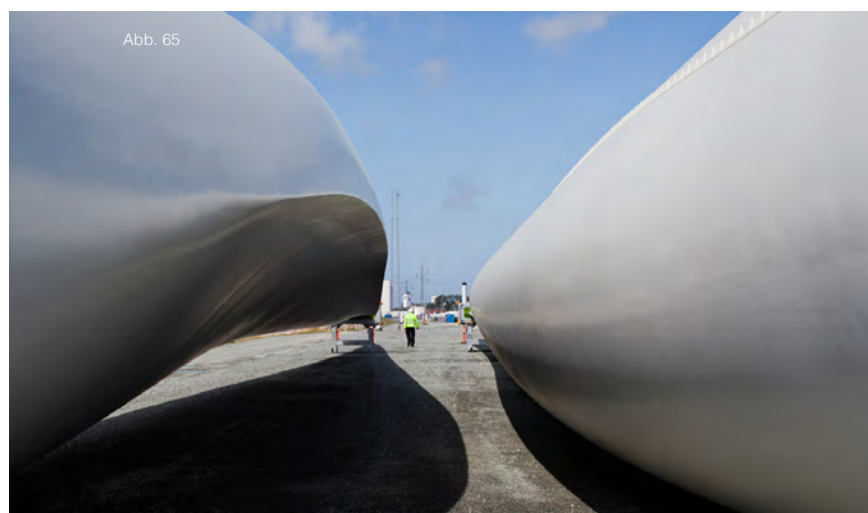
ROTORBLÄTTER

46

Der Entwurf soll all diese Eigenschaften von Rotorblättern widerspiegeln. Die enormen Auskragungen, die Flexibilität und Festigkeit der Rotorblätter waren hervorragende Grundlagen für meinen Entwurf.



„Rotorblätter sind im Betrieb millionenfachen Lastwechseln durch Änderungen der Windgeschwindigkeit und -richtung ausgesetzt, so dass höchste Anforderungen an das Material gestellt werden.“²¹



BLATTSTRUKTUR

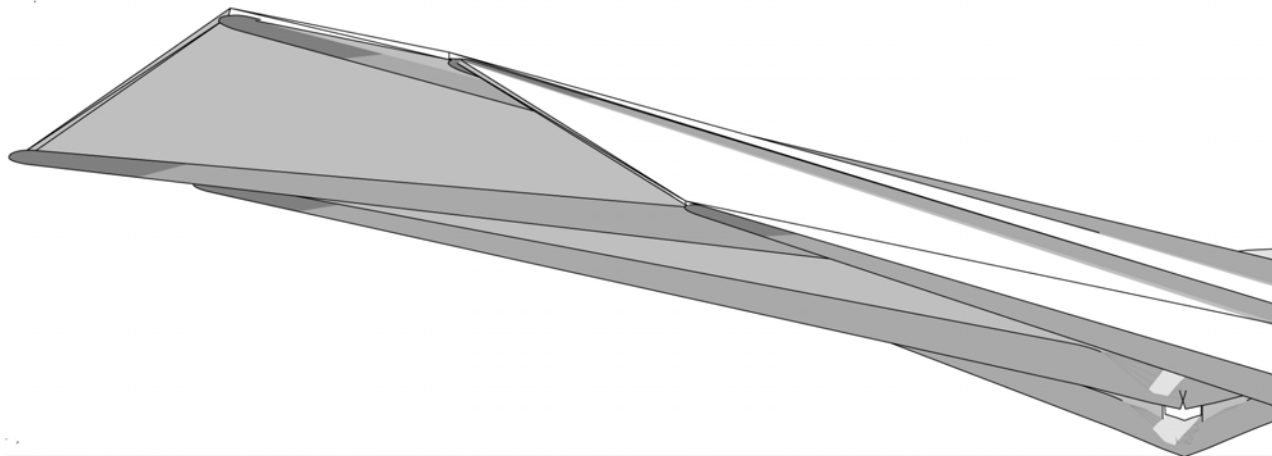
- Wie kann Recycling-Architektur aussehen? Eine Formfindung

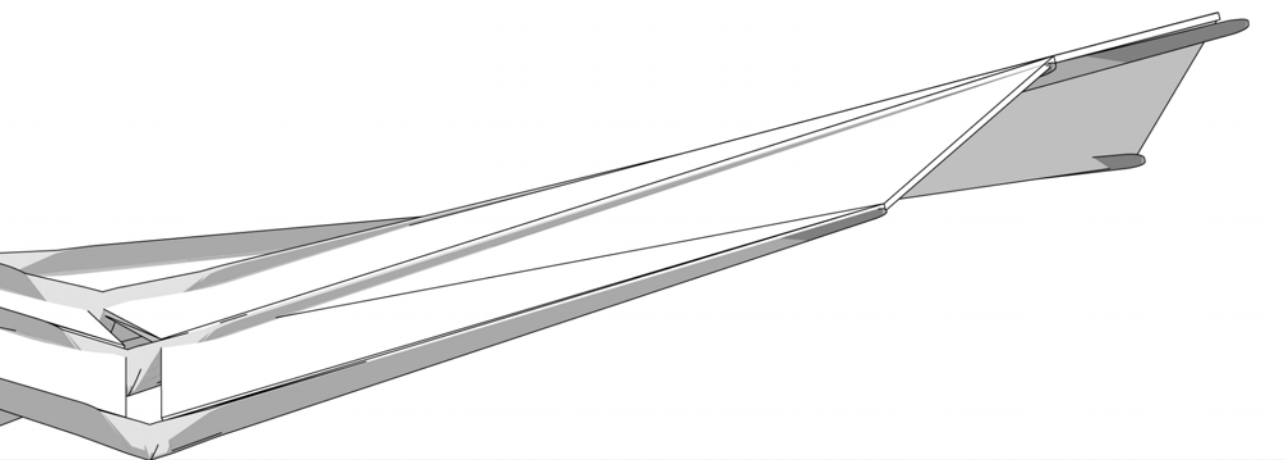
48

Im Buch *cradle to cradle* von William McDonough und Michael Braungart kommt folgender Absatz vor: „*Nachdem der Kirschbaum fast schon verschwenderisch viele Blüten produziert hat und diese ihren Sinn erfüllt haben, fallen sie zu Boden und ihre Nährstoffe werden von anderen Organismen weiterverwendet.*“²²

Nun lag die Idee, ein Gebäude in Form einer Blüte bzw. eines Blattes zu entwerfen recht nahe.

In der Skizze unten sieht man einen der ersten Entwürfe. Die Rotorblätter, stellen gewissermaßen sind die Adern des Blattes.





BEWEGUNG

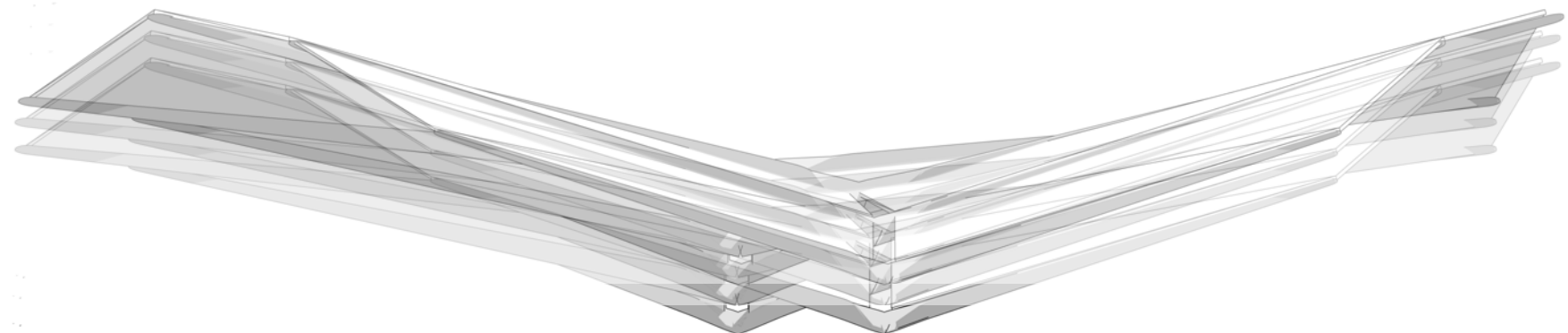
- Wie erzeugt man Bewegung in der Architektur?

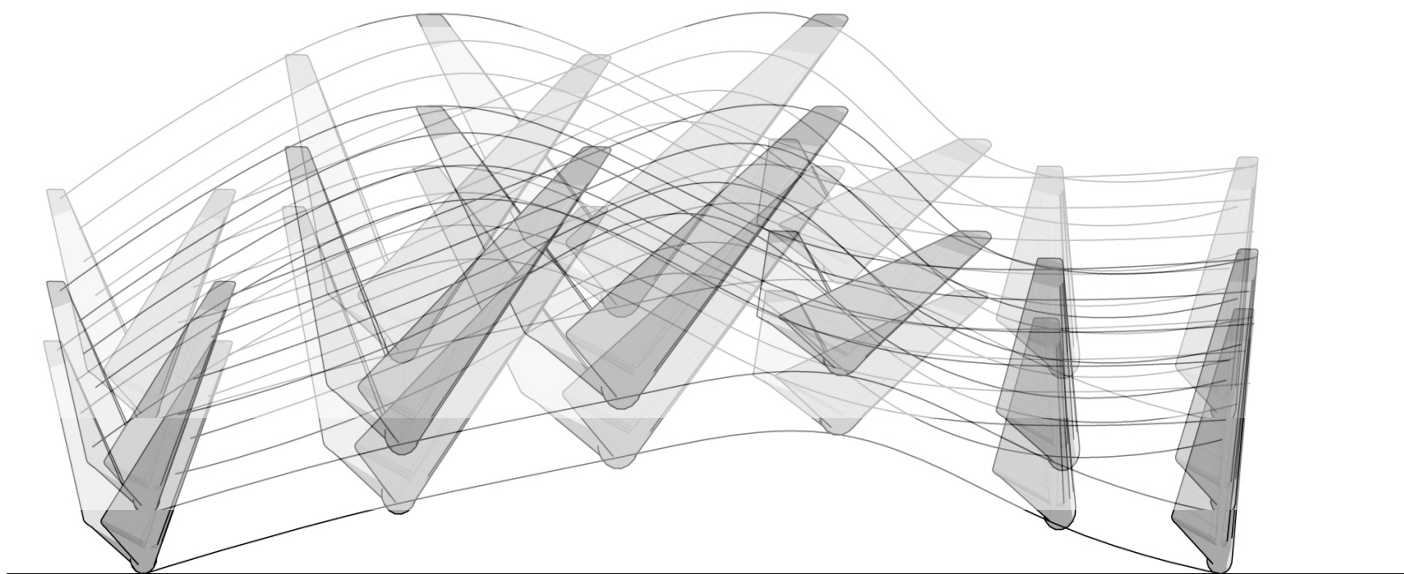
50

Architektur ist ja grundsätzlich eine starre Kunst. Sie bewegt sich nicht. Das Bild, die Fotografie bewegen sich auch nicht und die Architektur tut das heute nicht.

Dann wurde der Film erfunden, und die Bilder begannen sich zu bewegen. Die Architektur beginnt sich heute zu bewegen.

Da es in der Eigenschaft der Rotorblätter liegt, im Wind nicht nur zu drehen, sondern auch zu schwingen und sich zu verformen, entstand der zweite Entwurfsansatz! Aus einer Not, nämlich der Bewegung der Rotorblätter wurde sozusagen eine Tugend.









ENTWURF

Mittels Grundriss, Schnitt, Ansicht und Schaubildern wird das Projekt dargestellt. Eine Hülle, die mehrere Funktionen annehmen kann: ein Recyclingzentrum, eine Sportstätte oder auch ein Fledermausparadies.

ROTORBLATT
LAGEPLAN
GRUNDRISSE
ANSICHTEN
SCHNITTE
FASSADE
VISUALISIERUNG

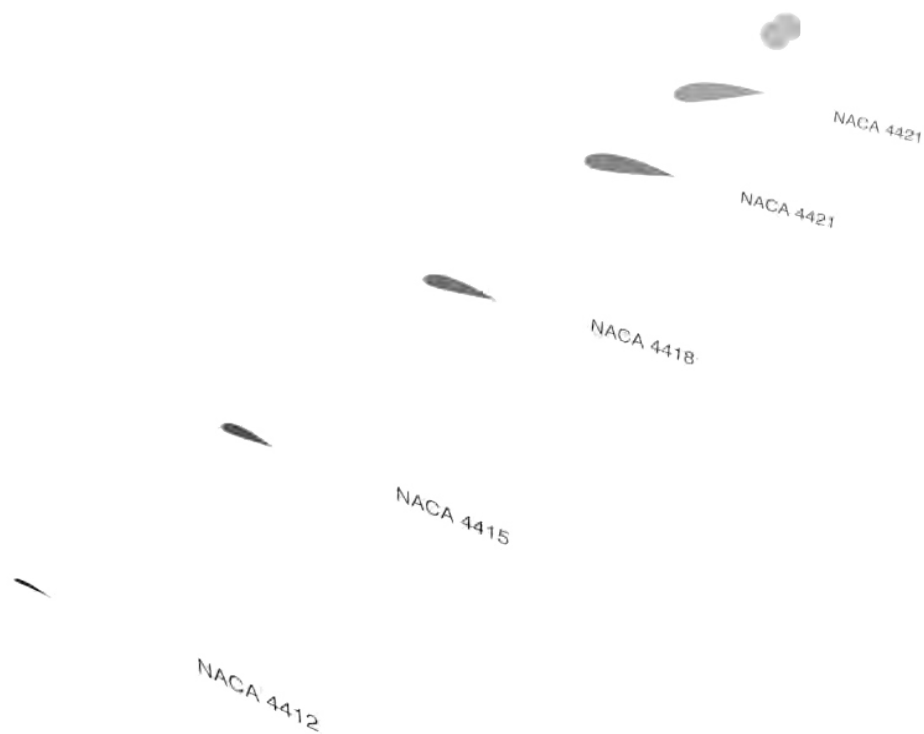
ENTWURF

Bevor ich mit dem Entwurf anfangen konnte, brauchte ich das Model eines Rotorblattes.

Da der genaue Aufbau sowie die genaue Form eines Rotorblattes von den Herstellern nicht veröffentlicht wird, musste ich mir mein eigenes Rotorblatt entwerfen.

Die nötigen Formen der NACA Profile, habe ich mir von der Homepage von Airfoil Tools zusammengesucht. Die Profile, die genaue Anordnung, Verschiebung, Winkel und Größe habe ich mit Hilfe von Vorlesungsunterlagen der Hochschule Bremen und schlichtweg nach Augenmaß erstellt.

http://airfoiltools.com/NACA_Profile



Geometriedaten des Rotorblattes

Profil NACA 44er Reihe

Profil	Abstand (m)	Profilwinkel (m)	Typ	Anzahl	Länge/max. Breite/max.Dicke
Kreis	0	0	V66	6	66 / 5,5 / 2,0 m
Kreis	1	0	V52	8	52 / 4,5 / 1,5 m
NACA 4421	6,5	-17			
NACA 4421	12	-7			
NACA 4418	20	-3			
NACA 4415	28	-1			
NACA 4412	34	0			
Spitze	35	0			

Für den Entwurf habe ich zwei unterschiedlich große Rotorblätter gewählt.

Die Dimensionen habe ich aus der Produktliste (Abb. 32, S.29) der Firma Vestas gewählt.

Die entgültige Form wurde dann auf die entsprechende Größe skaliert.



ROTORBLATT
LAGEPLAN
GRUNDRISSE
ANSICHTEN
SCHNITTE
FASSADE
VISUALISIERUNG

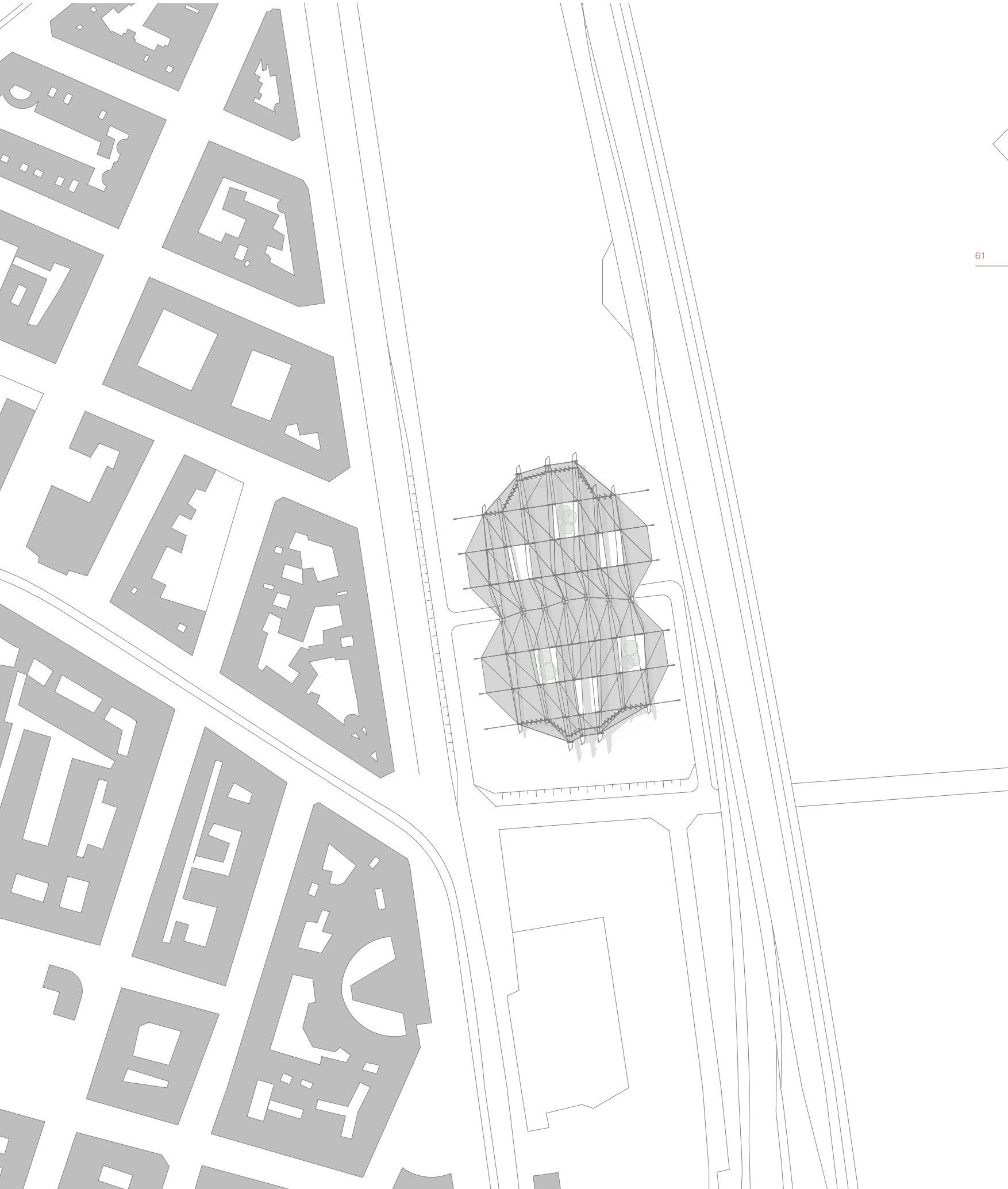
ENTWURF



Das Gebäude wurde für keinen bestimmten Ort entworfen, prototypisch kann der Standort in Wien, auf flachem Terrain, sein. Als ein Baugrund wurde das ehemalige ÖBB Gelände nördlich vom Praterstern, neben den Geleisen, gewählt.

M 1:2000

20 m



W01

50,0cm Stahlbeton

W02

30,0cm WU Stahlbeton

20,0cm Glasschotterdämmung

Flies

Erdreich

W03

2,0cm OSB Platte

11,0cm Konstruktion Vollholz

dazw. Holzfaserplatten

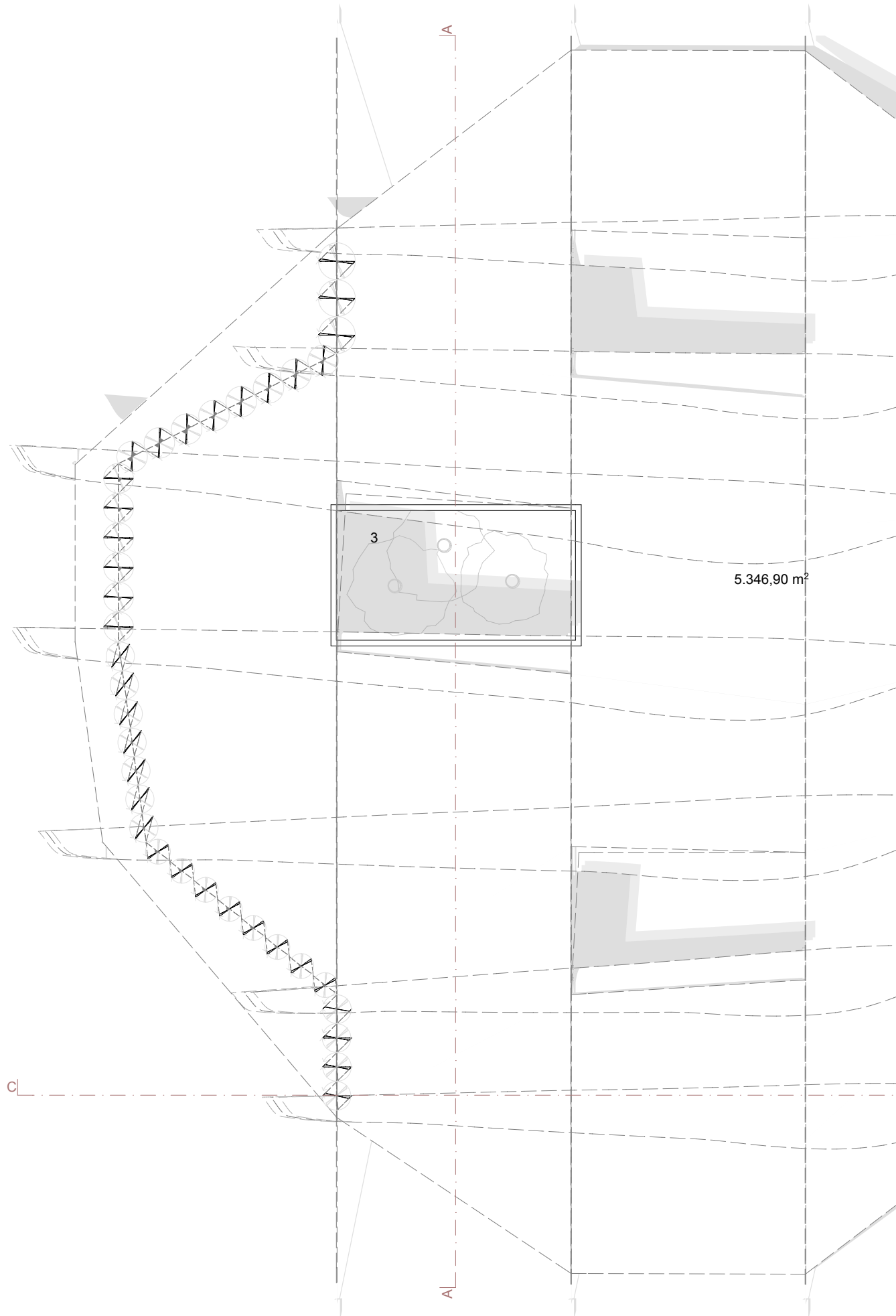
2,0cm OSB Platte

ROTORBLATT
LAGEPLAN
GRUNDRISSE
ANSICHTEN
SCHNITTE
FASSADE
VISUALISIERUNG

ENTWURF

GRUNDRISS Ebene 0

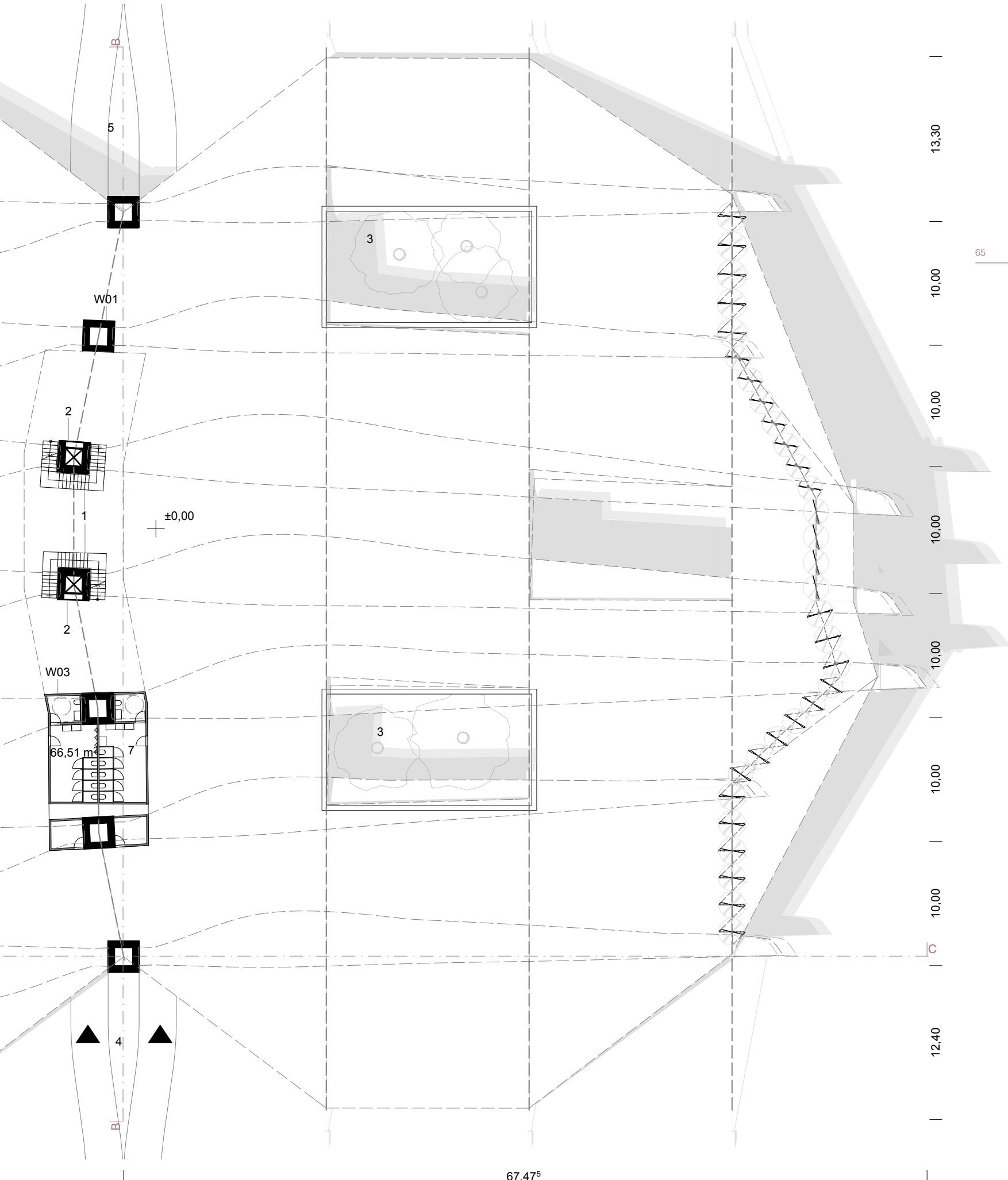
64



- 1 Stiegenhaus
- 2 Lift
- 3 Bepflanzung
- 4 Eingang
- 5 Ausgang
- 7 WC

I

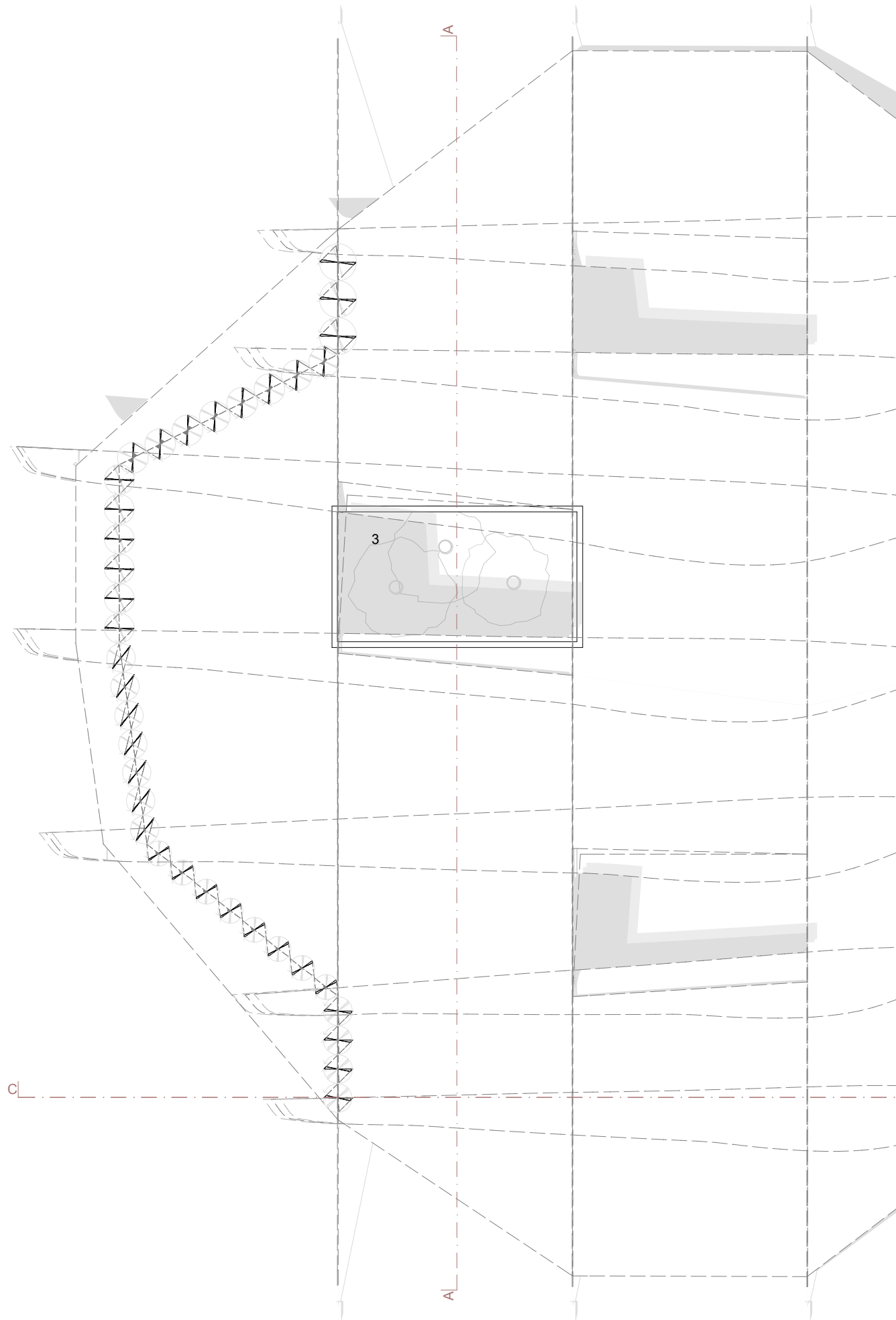
78,01



13,30
10,00
10,00
10,00
10,00
10,00
10,00
10,00
12,40

GRUNDRISS EBENE +4,00

66



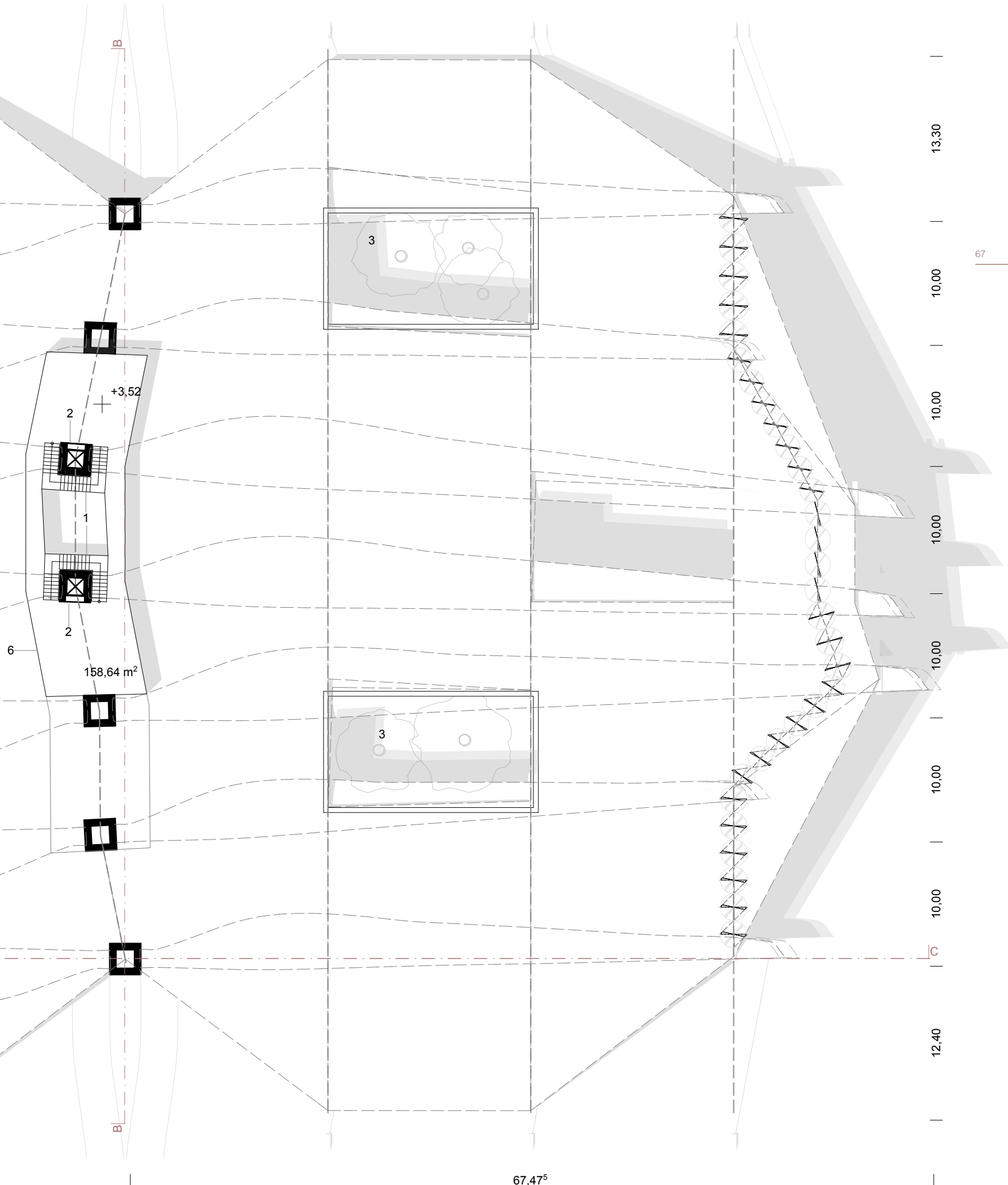
- 1 Stiegenhaus
- 2 Lift
- 3 Bepflanzung
- 4 Eingang
- 5 Ausgang
- 6 Galerie

|

78.01

M 1:350

3,5 m



B

B

13,30

10,00

10,00

10,00

10,00

10,00

10,00

12,40

C

+3,52

2

1

2

6

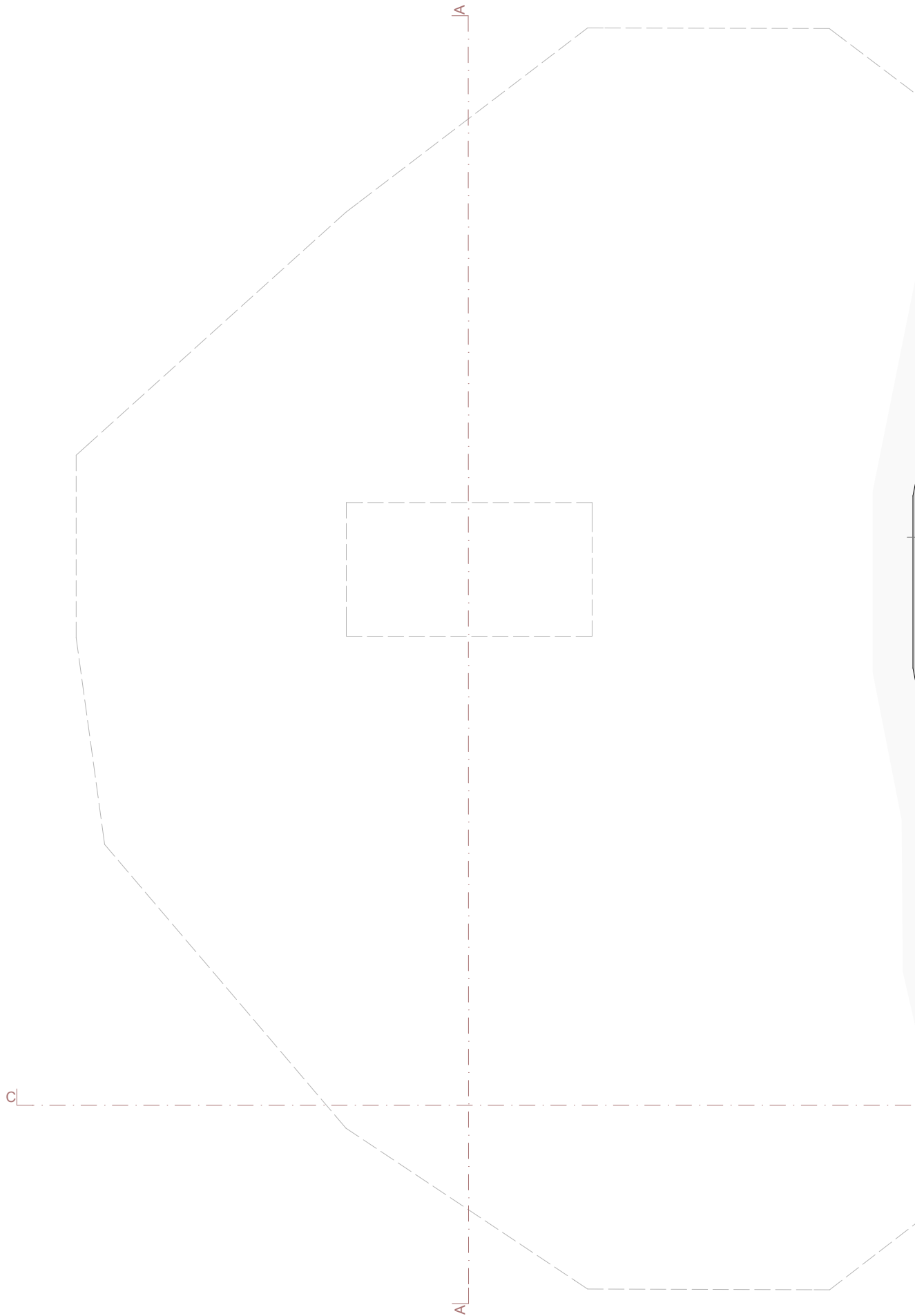
158,64 m²

3

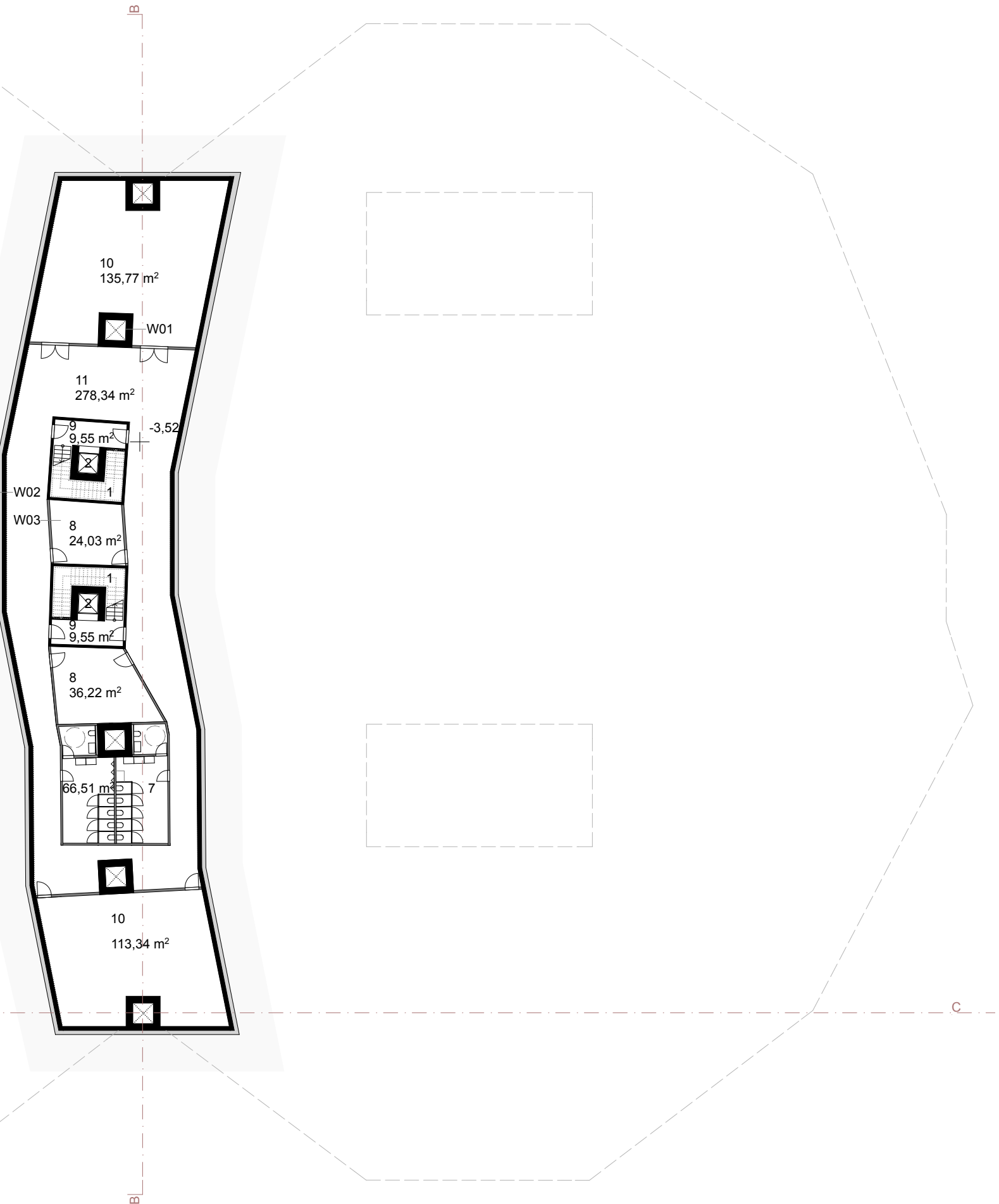
3

67,47⁵

GRUNDRISS EBENE -3,52



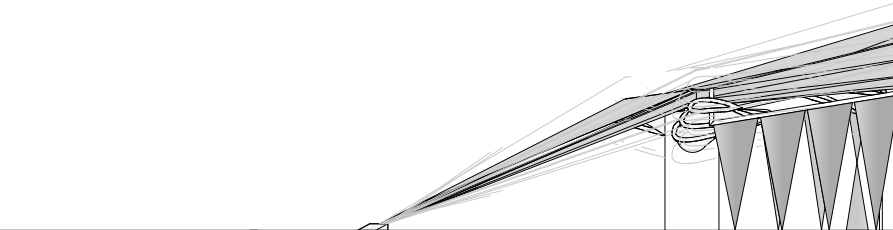
- 1 Stiegenhaus
- 2 Lift
- 7 WC
- 8 Lager
- 9 Schleuse
- 10 Haustechnik
- 11 Gang



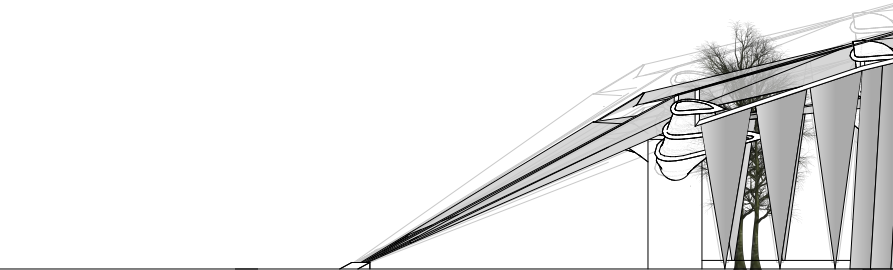
ROTORBLATT
LAGEPLAN
GRUNDRISSE
ANSICHTEN
SCHNITTE
FASSADE
VISUALISIERUNG

ENTWURF

ANSICHT OST

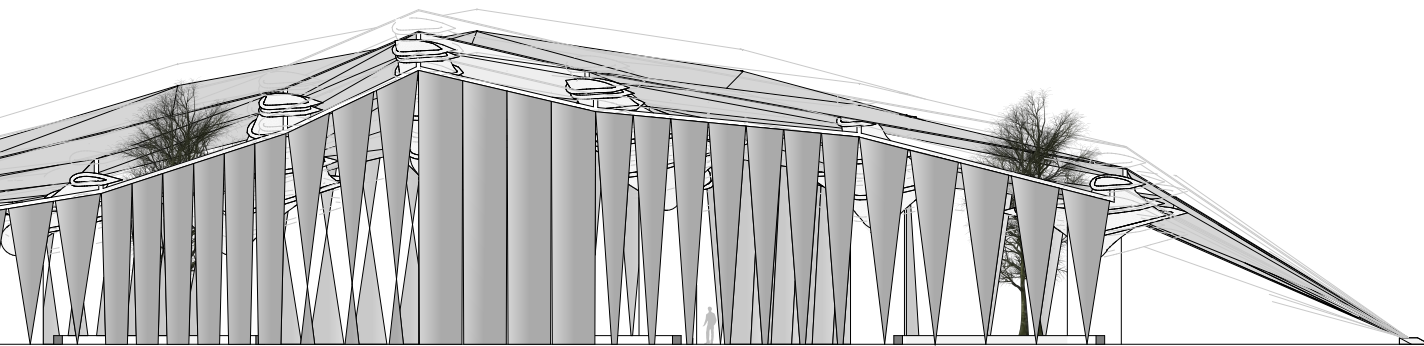


ANSICHT WEST



M 1:350

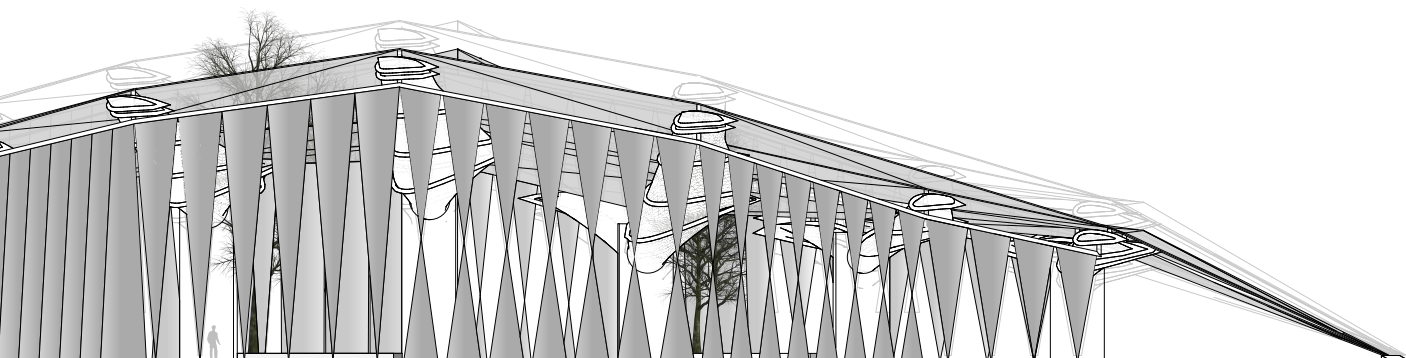
3,5 m



15,40
14,40
13,40

73

0,00

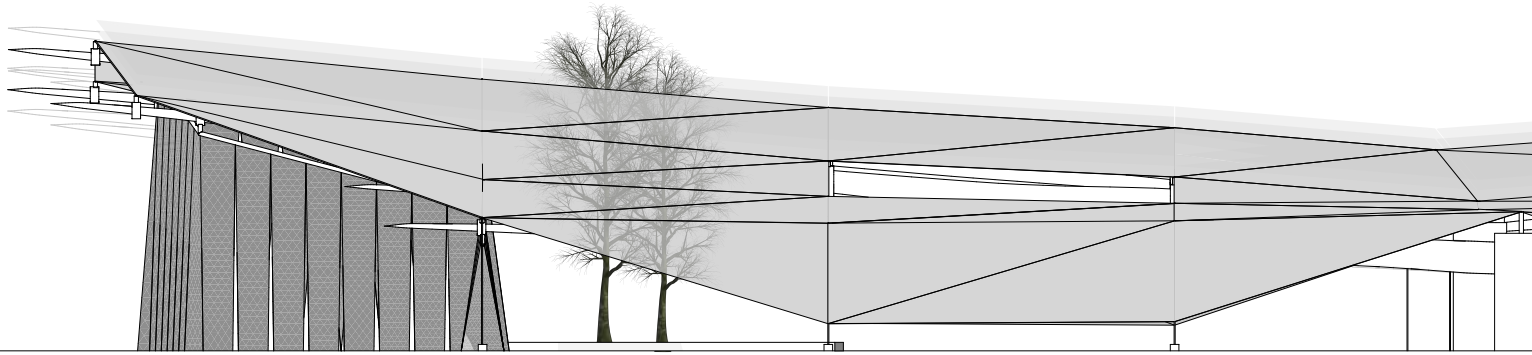


15,46⁵
14,46⁵
13,46⁵

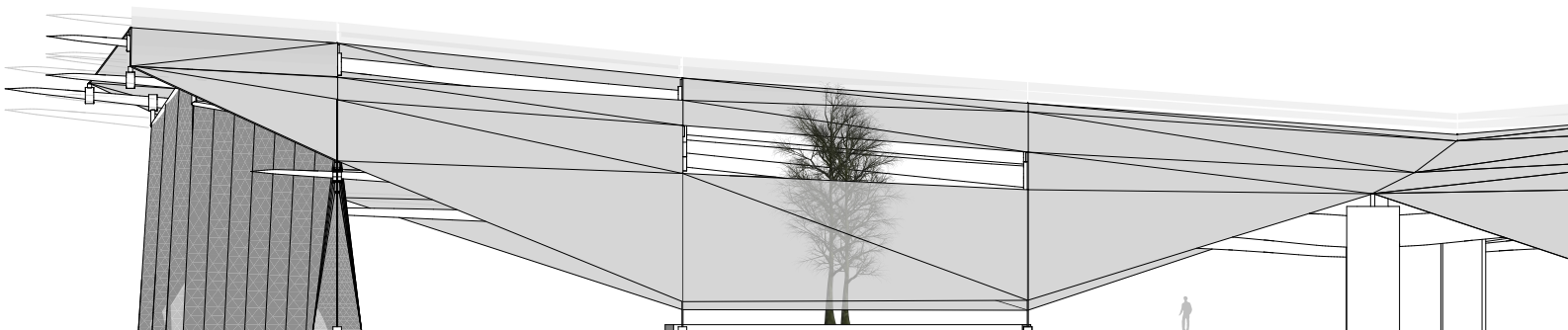
0,00

ANSICHT NORD

74

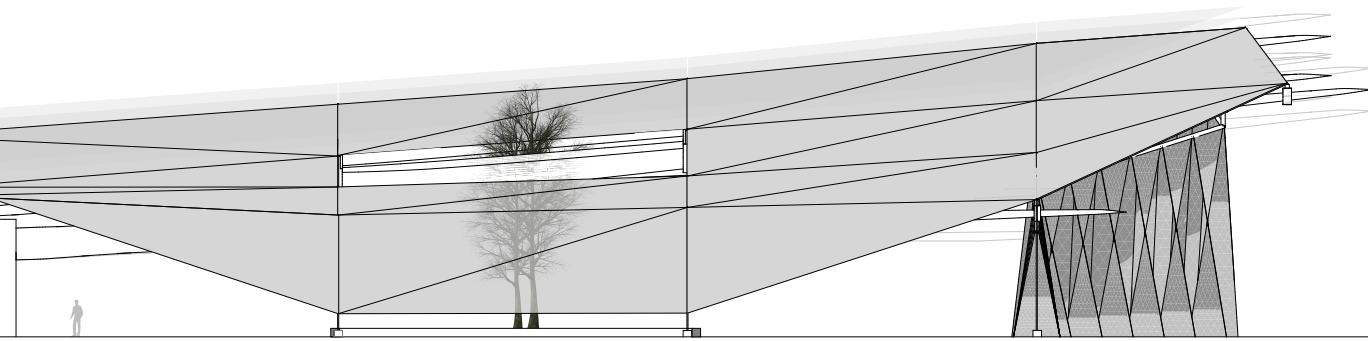


ANSICHT SÜD



M 1:350

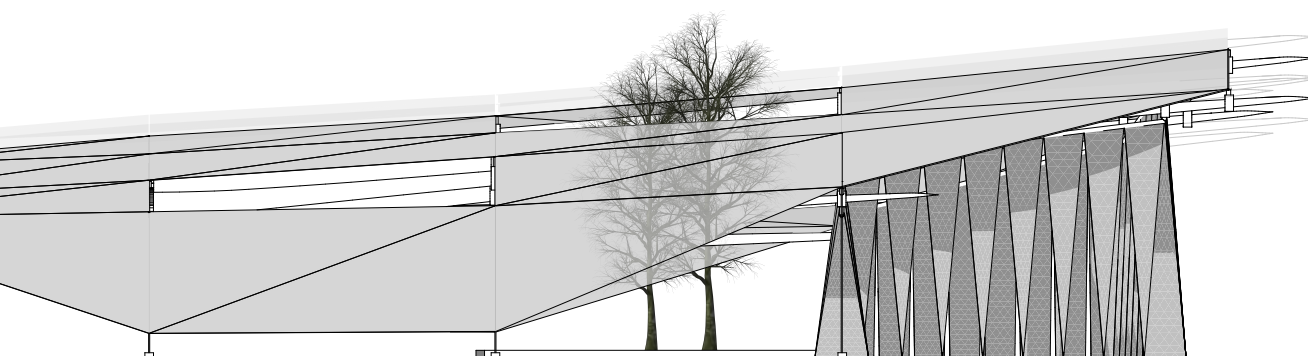
3,5 m



15,40⁵
14,40⁵
13,40⁵

75

0,00



15,40⁵
14,40⁵
13,40⁵

0,00

D01

- Membranddach PVC Gewebe
- Rotorblatt

B01

- 10,0cm Industrieestrich
- Trennfolie
- 35,0cm Stahlbeton
- 20,0cm Glasschotterdämmung
- 20,0cm Sauberkeitsschicht
- Erdreich

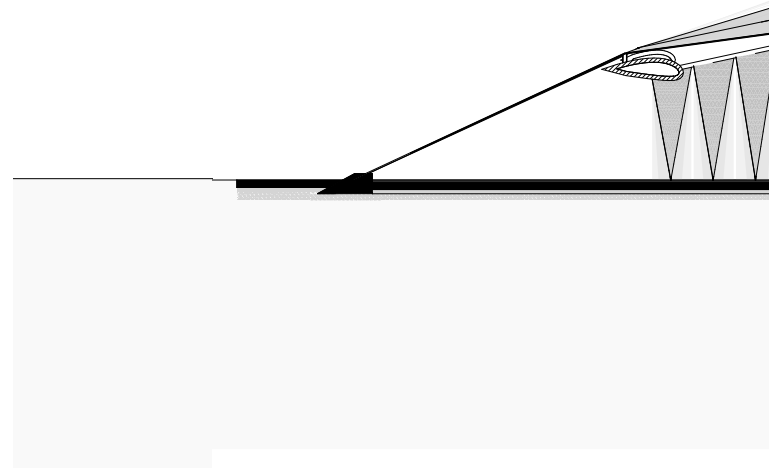
B02

- 10,0cm Industrieestrich
- Trennfolie
- 35,0cm Stahlbeton

ROTORBLATT
LAGEPLAN
GRUNDRISSE
ANSICHTEN
SCHNITTE
FASSADE
VISUALISIERUNG

ENTWURF

SCHNITT AA

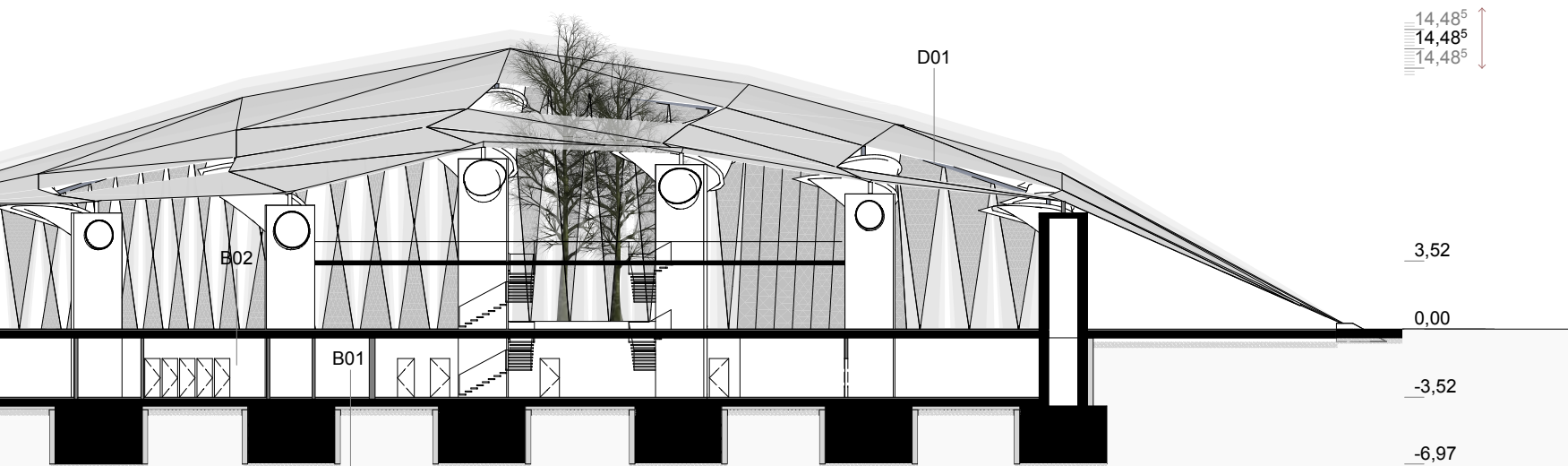
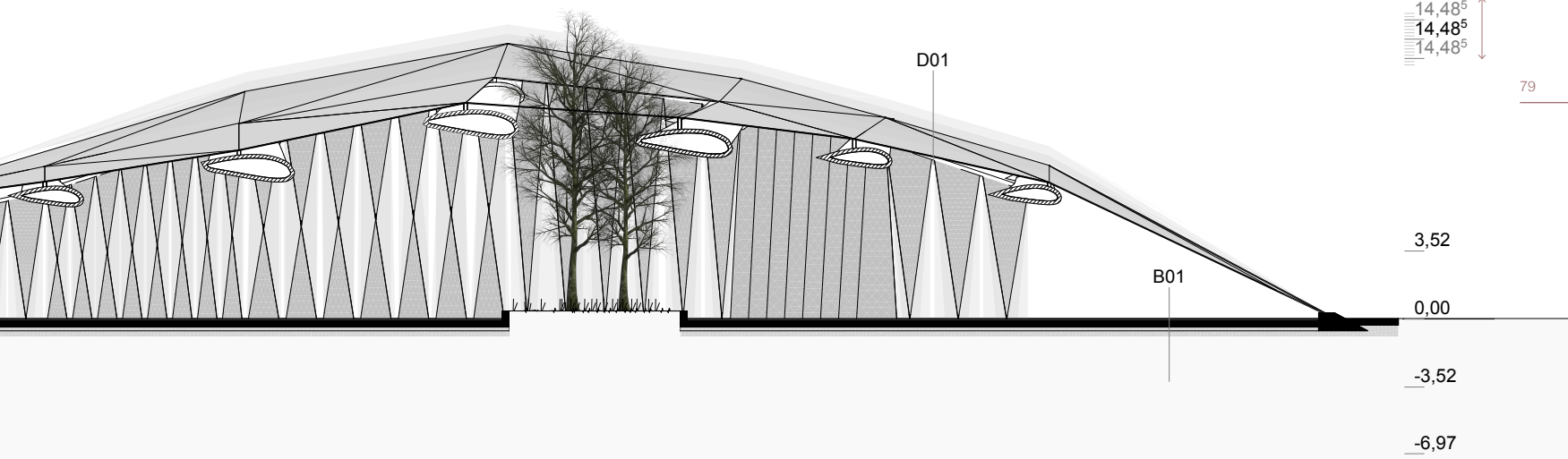


SCHNITT BB

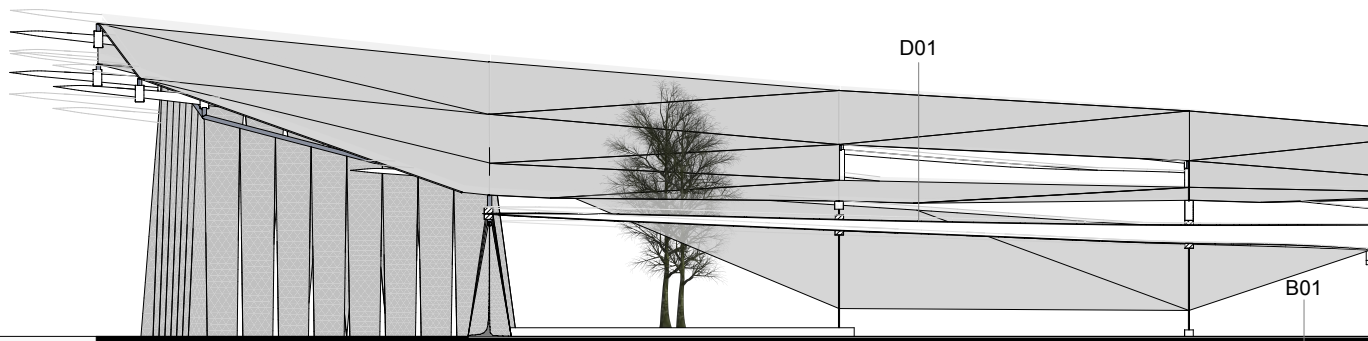


M 1:350

3,5 m

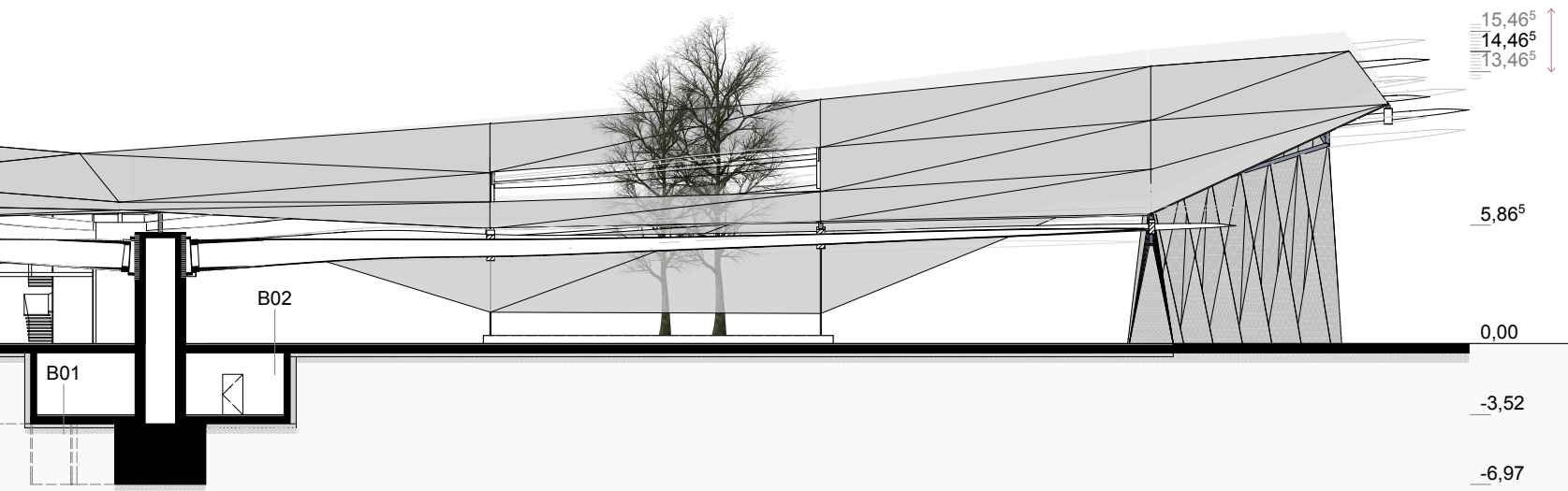


SCHNITT CC



M 1:350

3,5 m



ROTORBLATT
LAGEPLAN
GRUNDRISSE
ANSICHTEN
SCHNITTE
FASSADE
VISUALISIERUNG

ENTWURF

FASSADE beweglich

Rotorblätter sehr steif

Aussteifung x Achse mittels Zugseilen

Aussteifung y Achse mittels Zugseilen

7,03

- Statik nimmt überhand, Architektur verschwindet

+ Lasten werden gleichmäßig verteilt

+ bestmögliche Aussteifung

0,00

Rotorblätter steif

Aussteifung x Achse mittels Zugseilen

7,03

- Statik nimmt überhand, Architektur verschwindet

+ gute Aussteifung

0,00

Rotorblätter schwingend

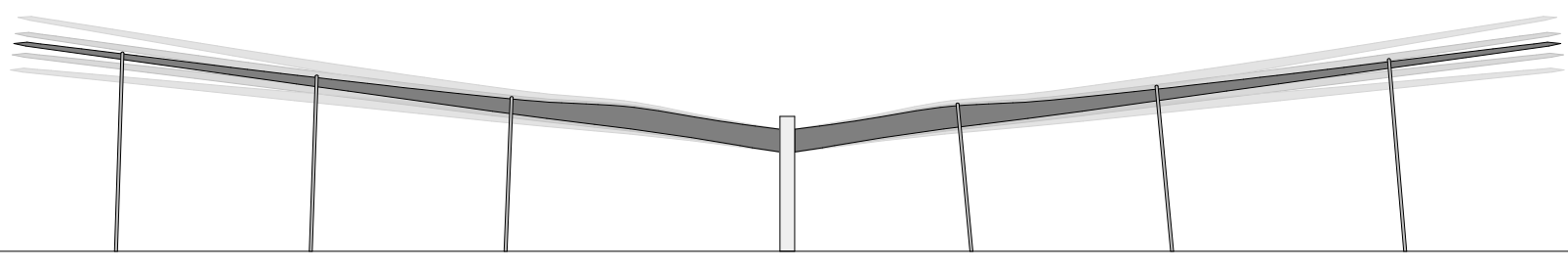
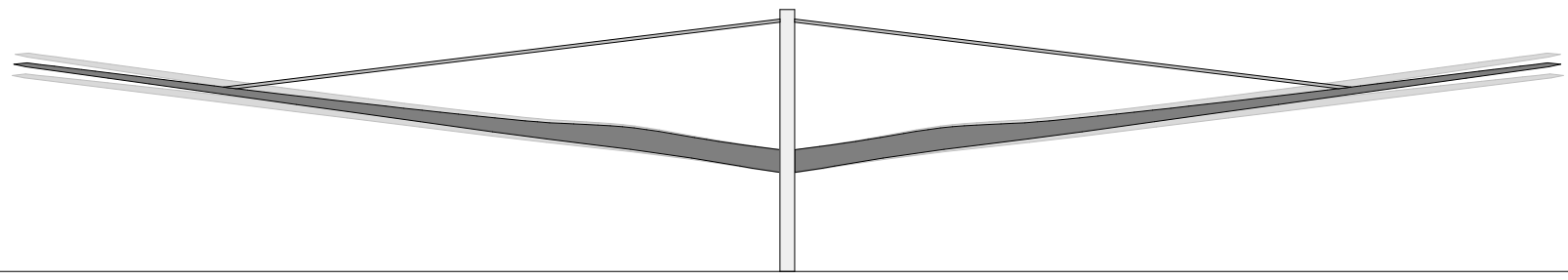
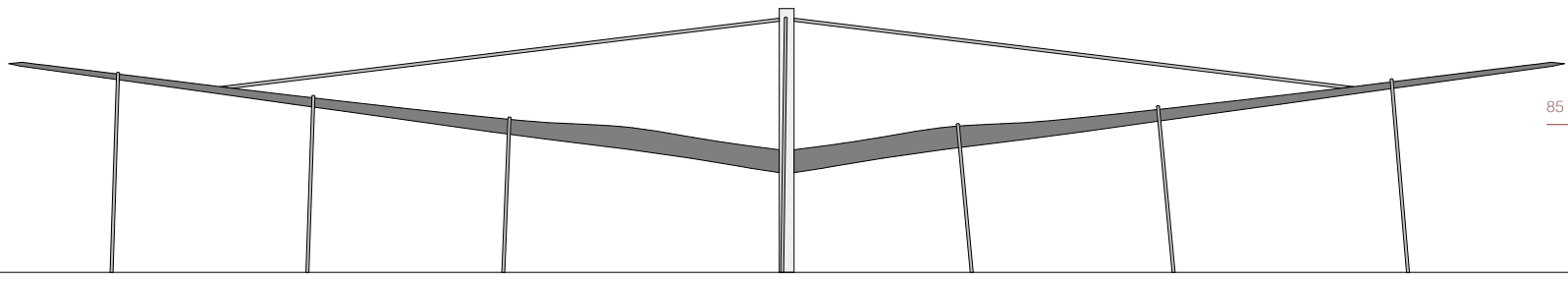
- schlechte Aussteifung

- Rotorblätter schwingen

+ Rotorblätter schwingen

8,03
7,03
6,03

0,00



FASSADE beweglich

herkömmliche Fassade möglich

7,03

Fassade steif und stützend

0,00

Fassade muss leichte Schwingungen der Rotorblätter aufnehmen können.

7,03

Fassade stützend und selbsttragend

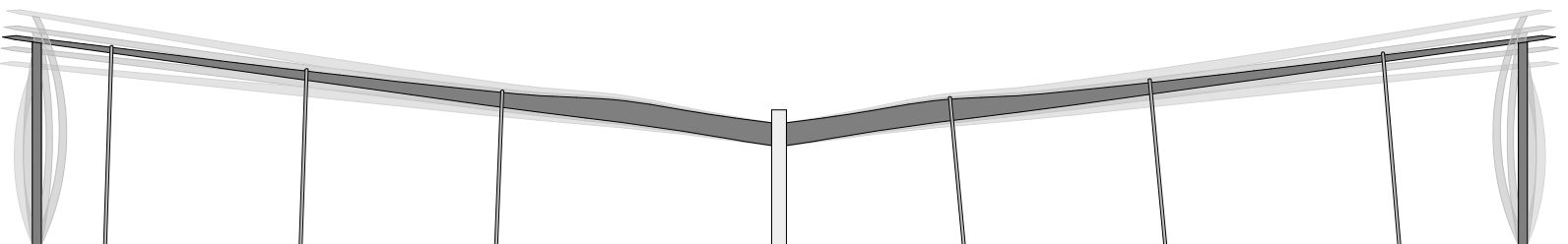
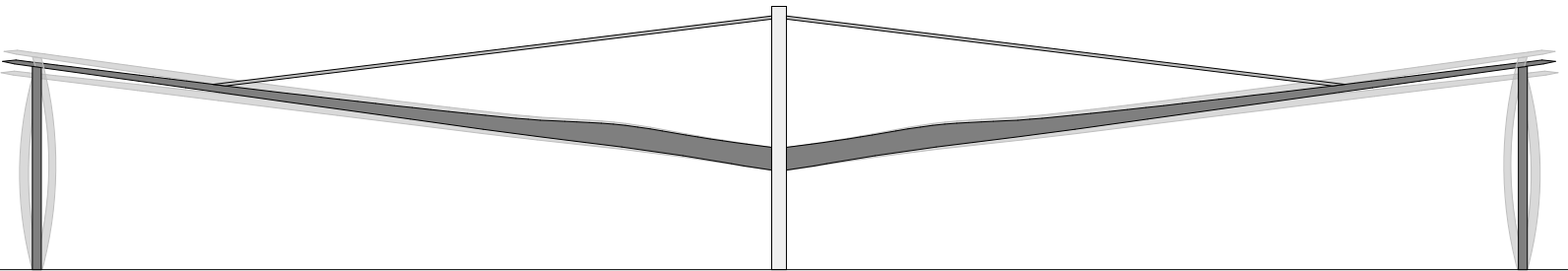
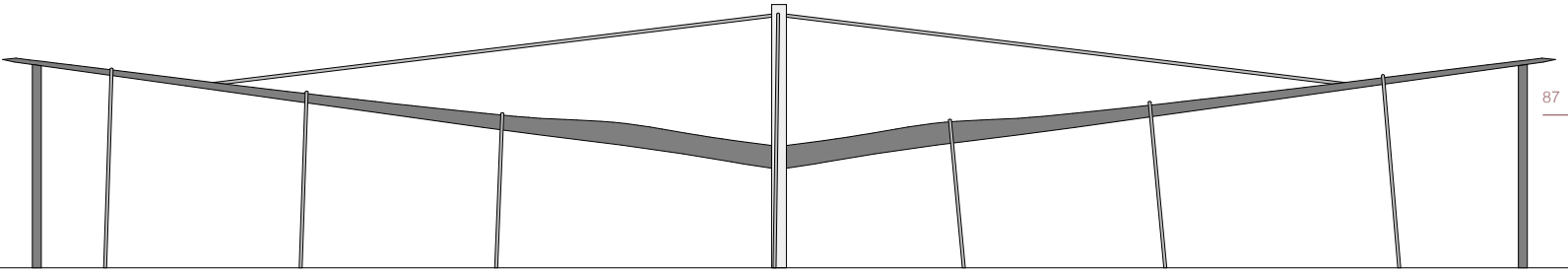
0,00

Fassade muss Schwingungen der Rotorblätter aufnehmen können.

8,03
7,03
6,03

Fassade nur selbsttragend

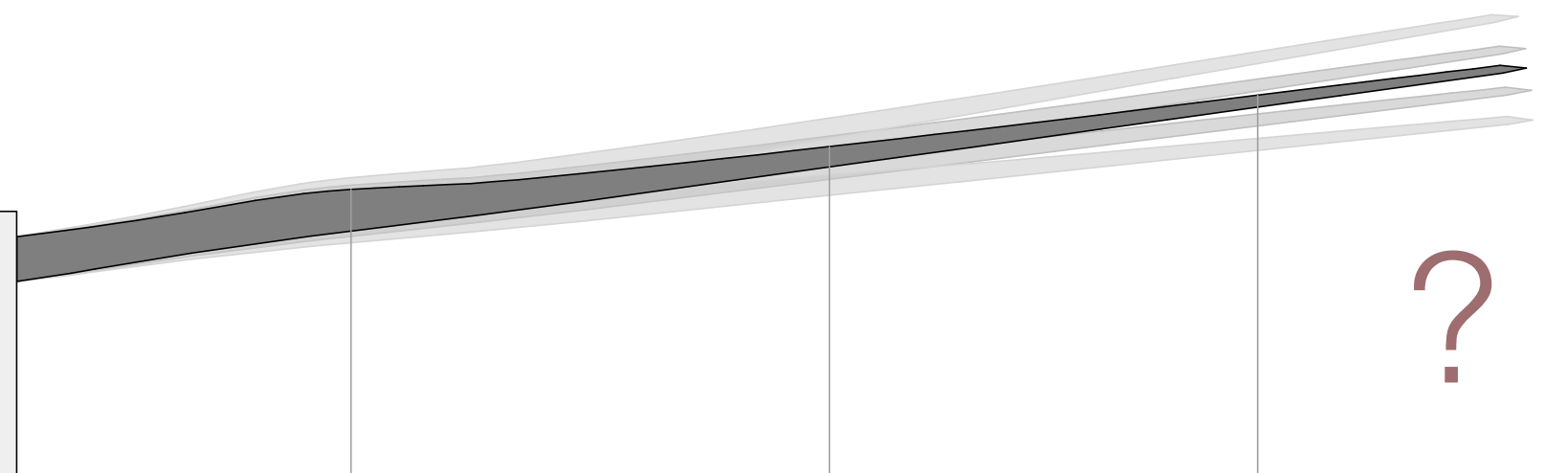
0,00



FASSADE beweglich

88

Welche Möglichkeiten gibt es Schwingungen
des Daches über die Fassade abzuleiten?
Wie kann eine Fassade aussehen, die solche
Eigenschaften besitzt?

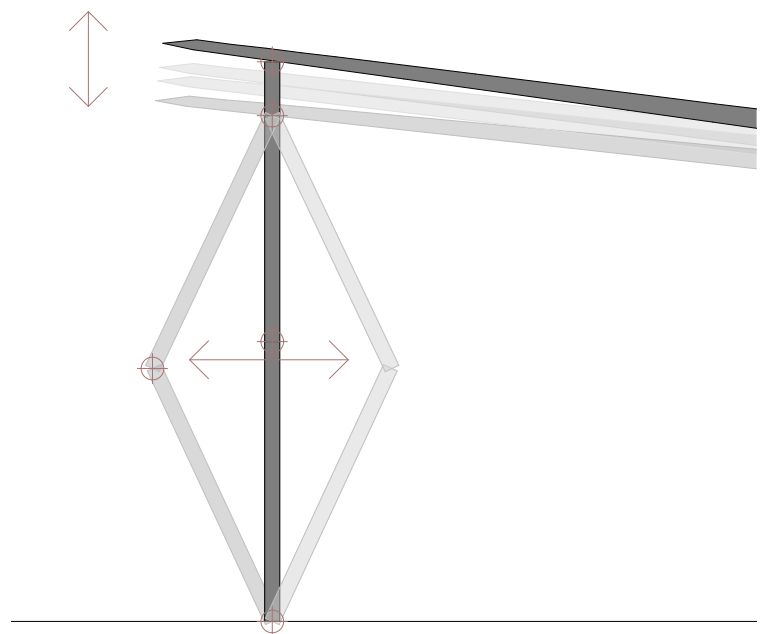
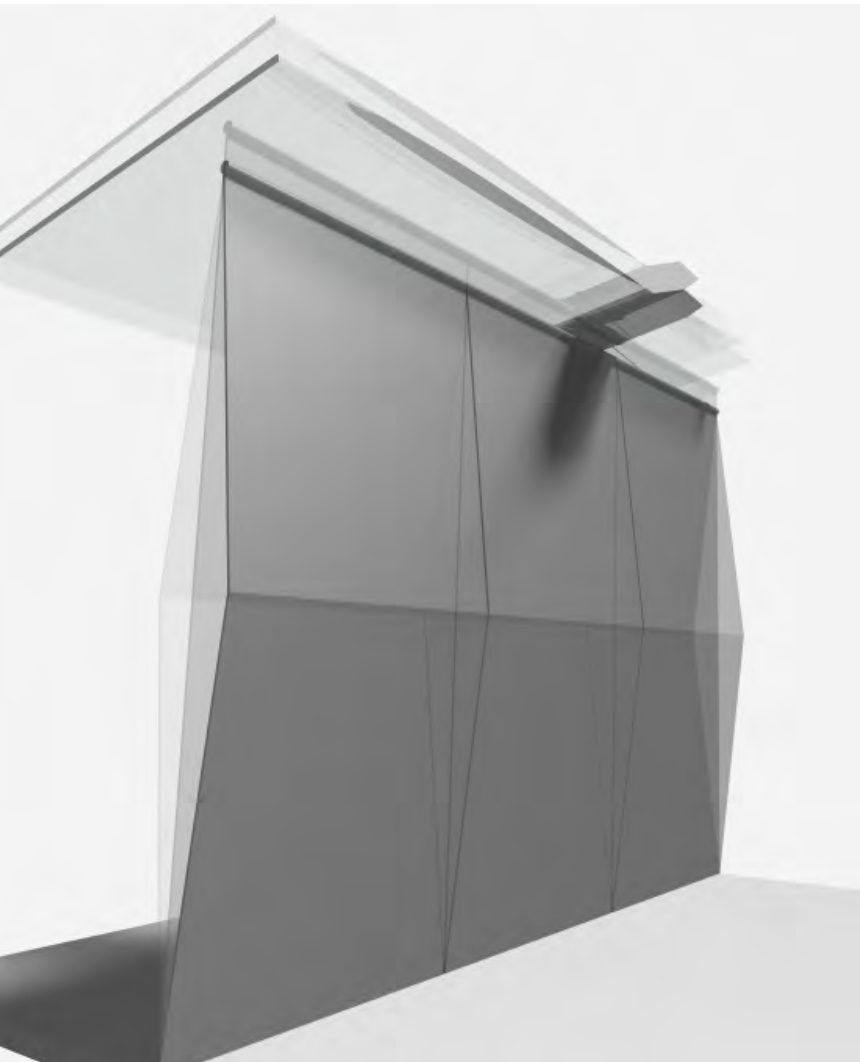
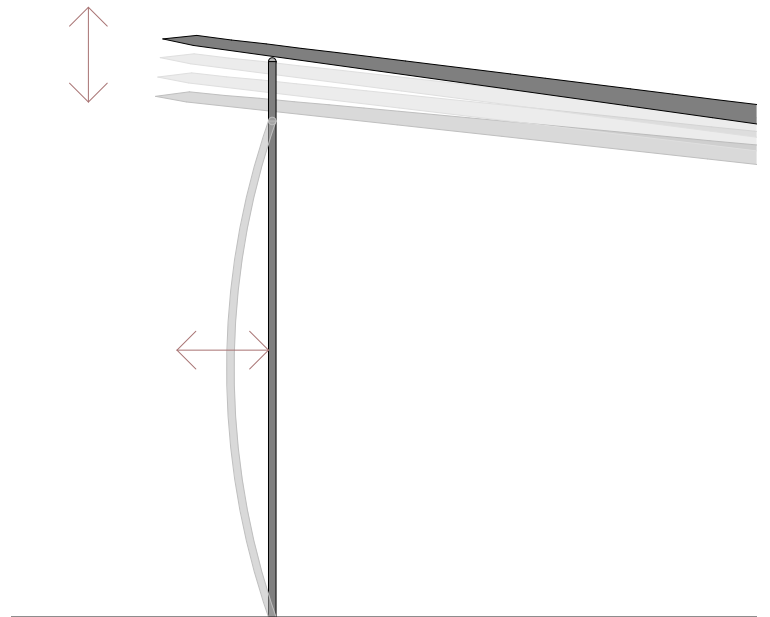


FASSADE beweglich

90

- Fassade elastisch (Blech)
- 1 Elemente
- Das Material biegt sich ohne zu knicken.
- Am Rotorblatt und Boden befestigt
- Durch die Biegung wird die Schwingung der Rotorblätter aufgenommen.

- Fassade massiv
- 2 Elemente
- Am Rotorblatt und Boden befestigt
- 3 Gelenke ermöglichen das Durchknicken, dadurch wird die Schwingung der Rotorblätter aufgenommen.

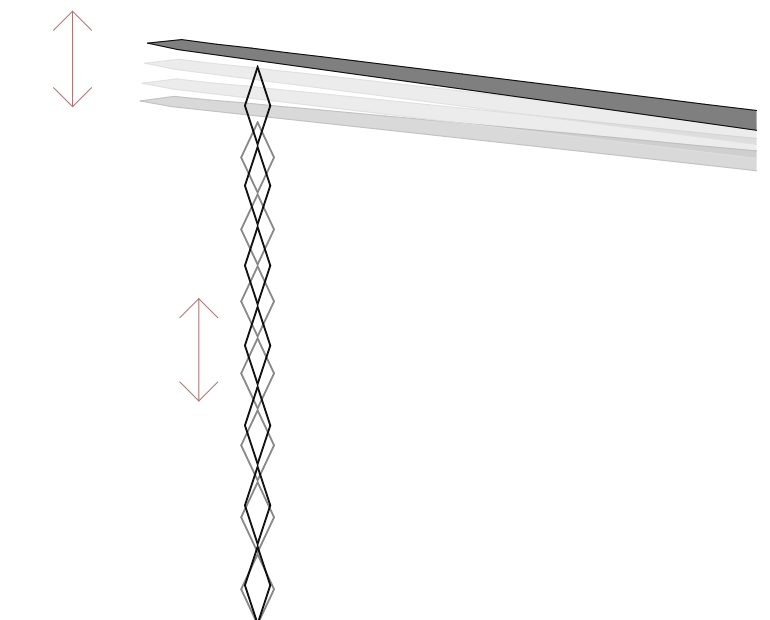
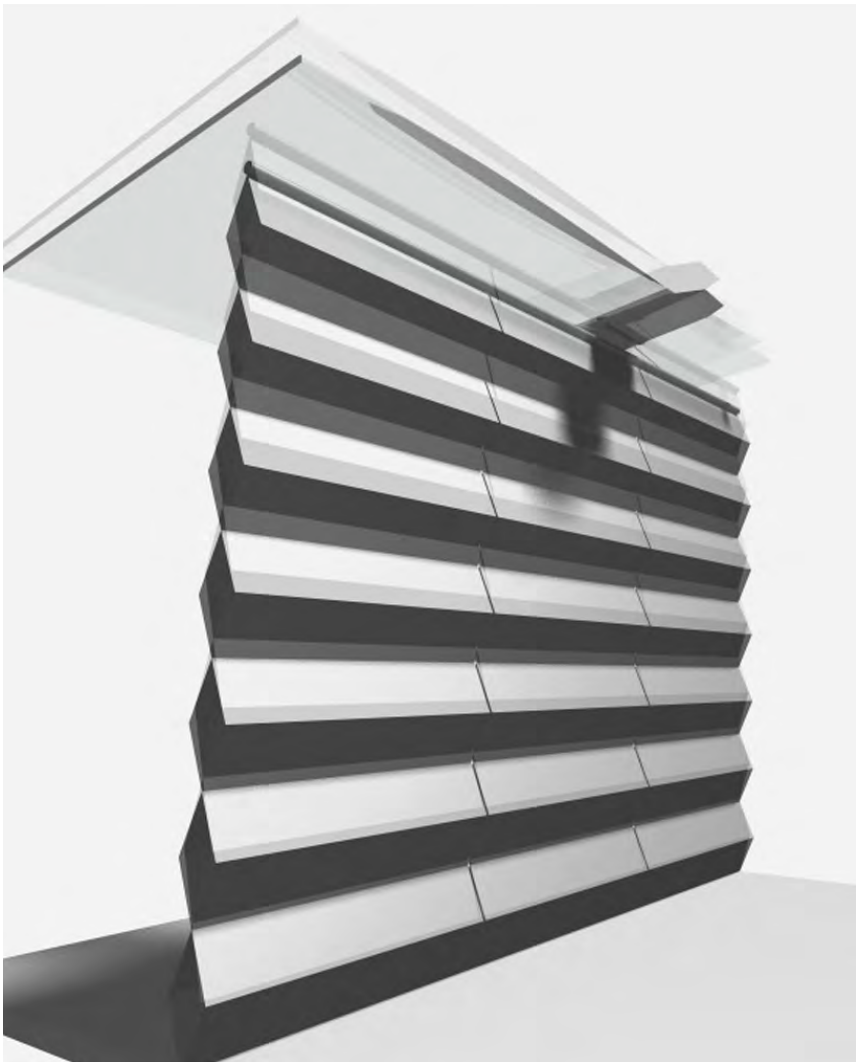
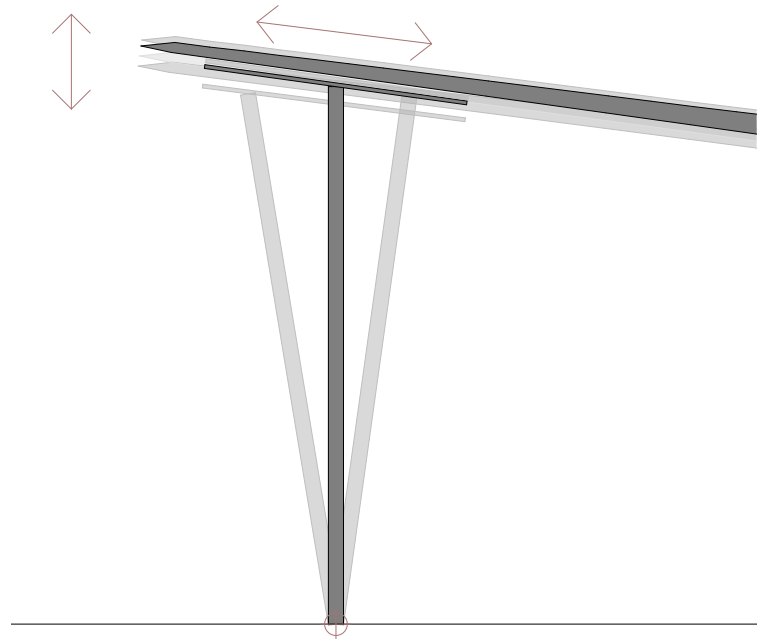
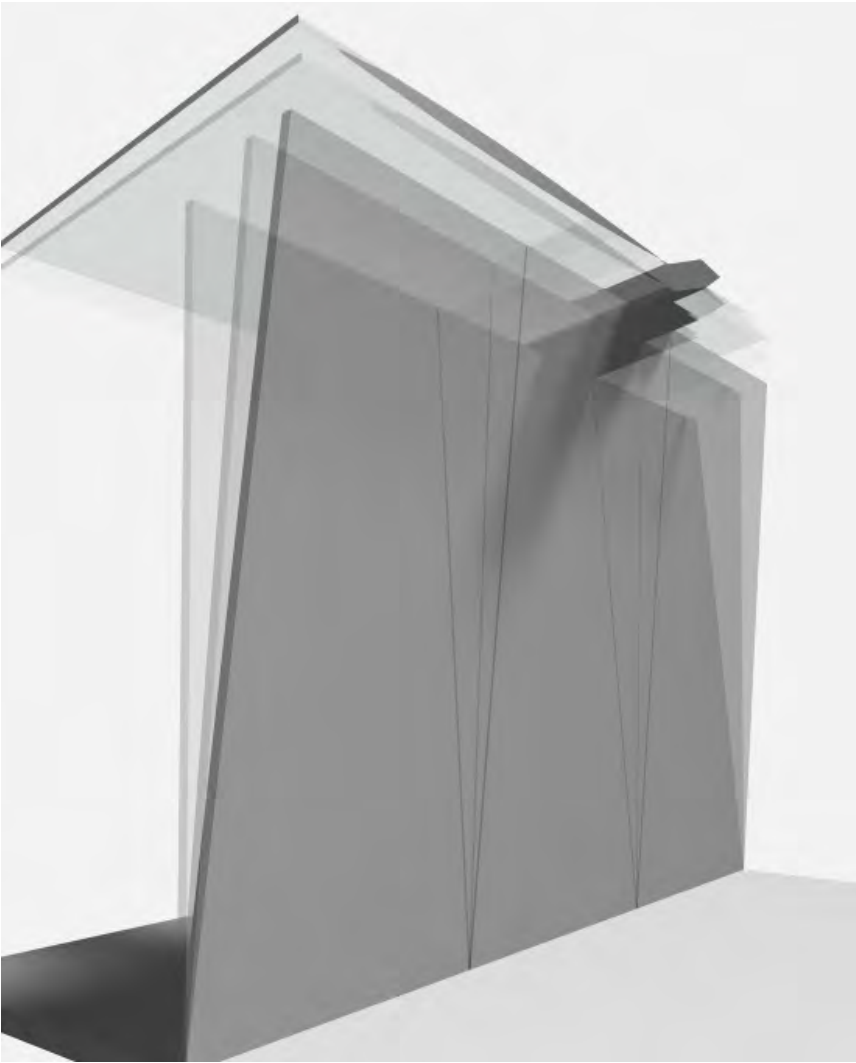


FASSADE beweglich

92

- Fassade massiv
- 1 Element (Wand)
- Am Rotorblatt auf Schiene laufend und am Boden befestigt.
- Durch das Verschieben der Wand wird die Schwingung der Rotorblätter aufgenommen.

- Fassade aus Rauten aufgebaut
- mehrere Elemente
- Am Rotorblatt und Boden befestigt
- Die Elemente mittels Gelenke an den Kanten deformierbar
- Durch das Zusammendrücken wird die Schwingung der Rotorblätter aufgenommen.



FASSADE beweglich

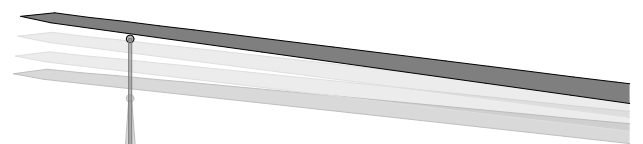
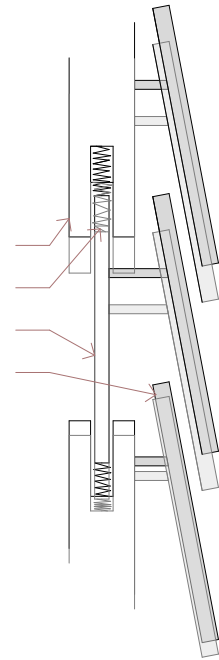
94

- Fassade massiv
- mehrere Elemente (Schindel)
- an Stahlkonstruktion befestigt.
- Endstücke der Stahlrohre Rotorblatt und Boden befestigt.
- Die Stahlrohre lassen sich mittels Feder oder Hydraulik verschieben, durch das Zusammenpressen der Federn/ Hydraulik wird die Schwingung der Rotorblätter aufgenommen.

- Fassade Textil
- 1 Elemente
- Am Rotorblatt fixiert und Boden mittels Gewinde befestigt
- das Gewinde unten ermöglicht das Eindrehen, dadurch wird die Schwingung der Rotorblätter aufgenommen.



Stahlrohr
Feder bzw. Hydraulik
Stahlrohr
Schindel



LAGEPLAN
GRUNDRISSE
ANSICHTEN
SCHNITTE
FASSADE
VISUALISIERUNG

ENTWURF

VISUALISIERUNG

- Außenperspektive



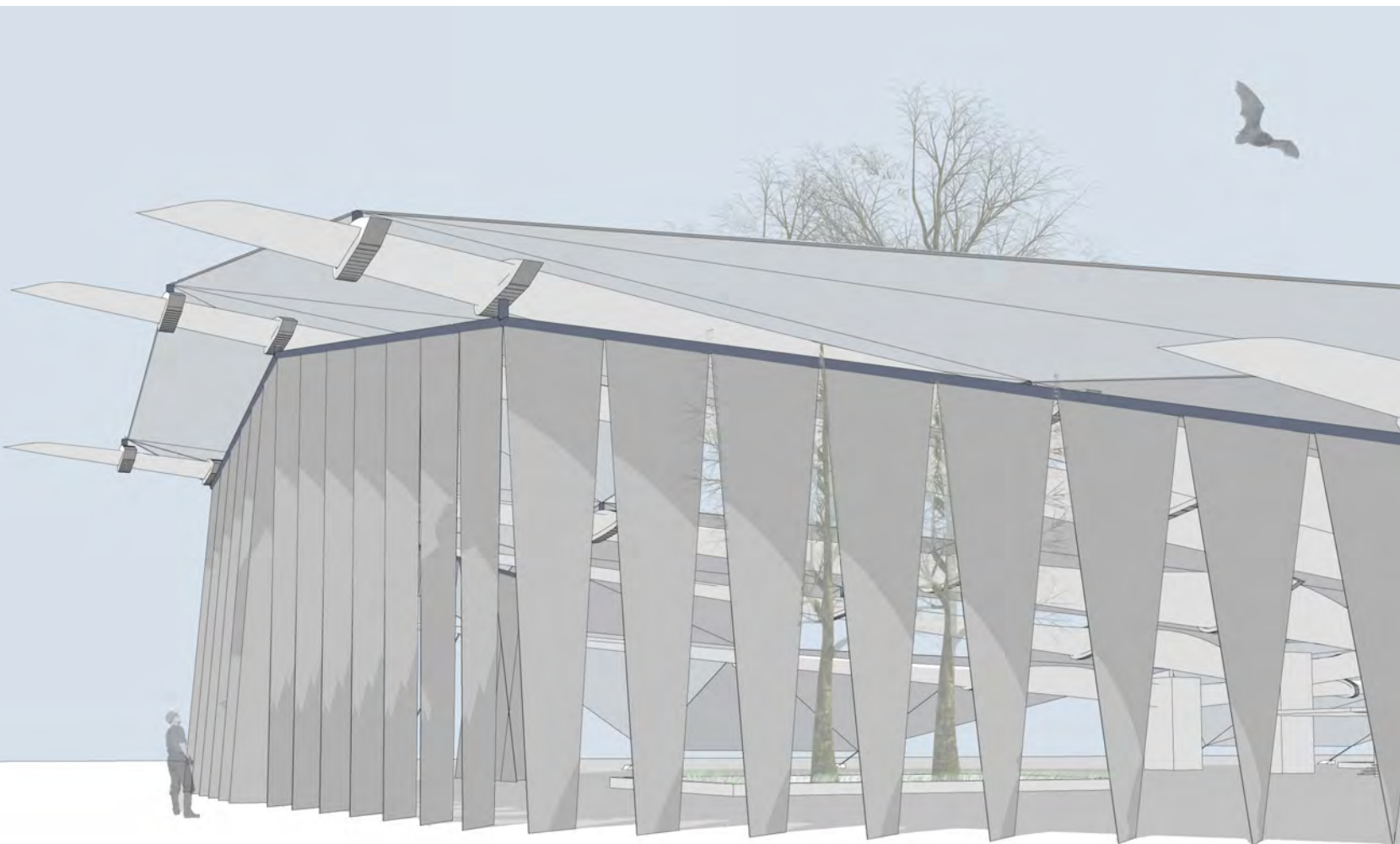


VISUALISIERUNG

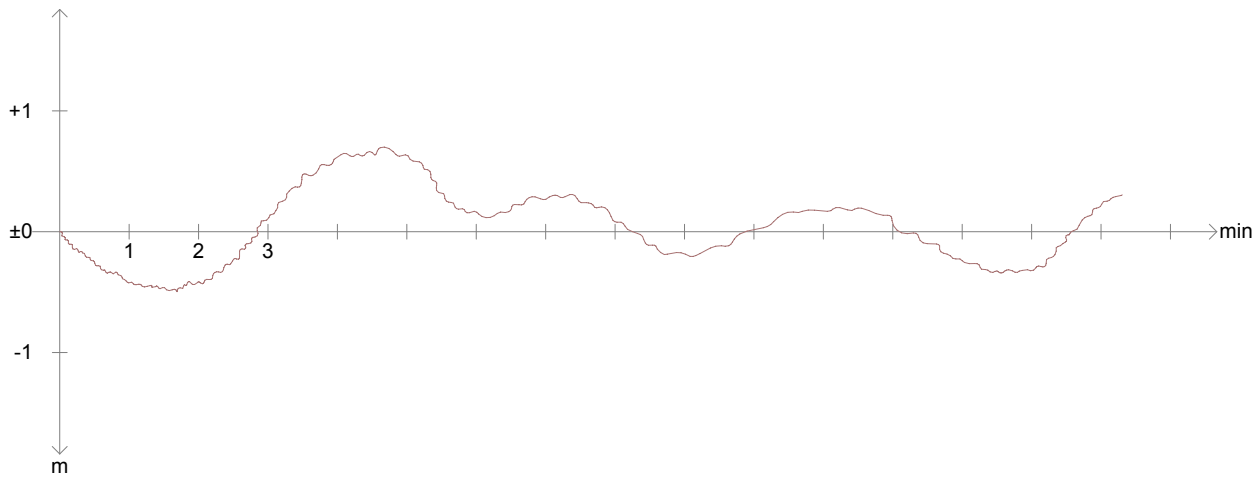
- Fassade in Bewegung

Windstärke

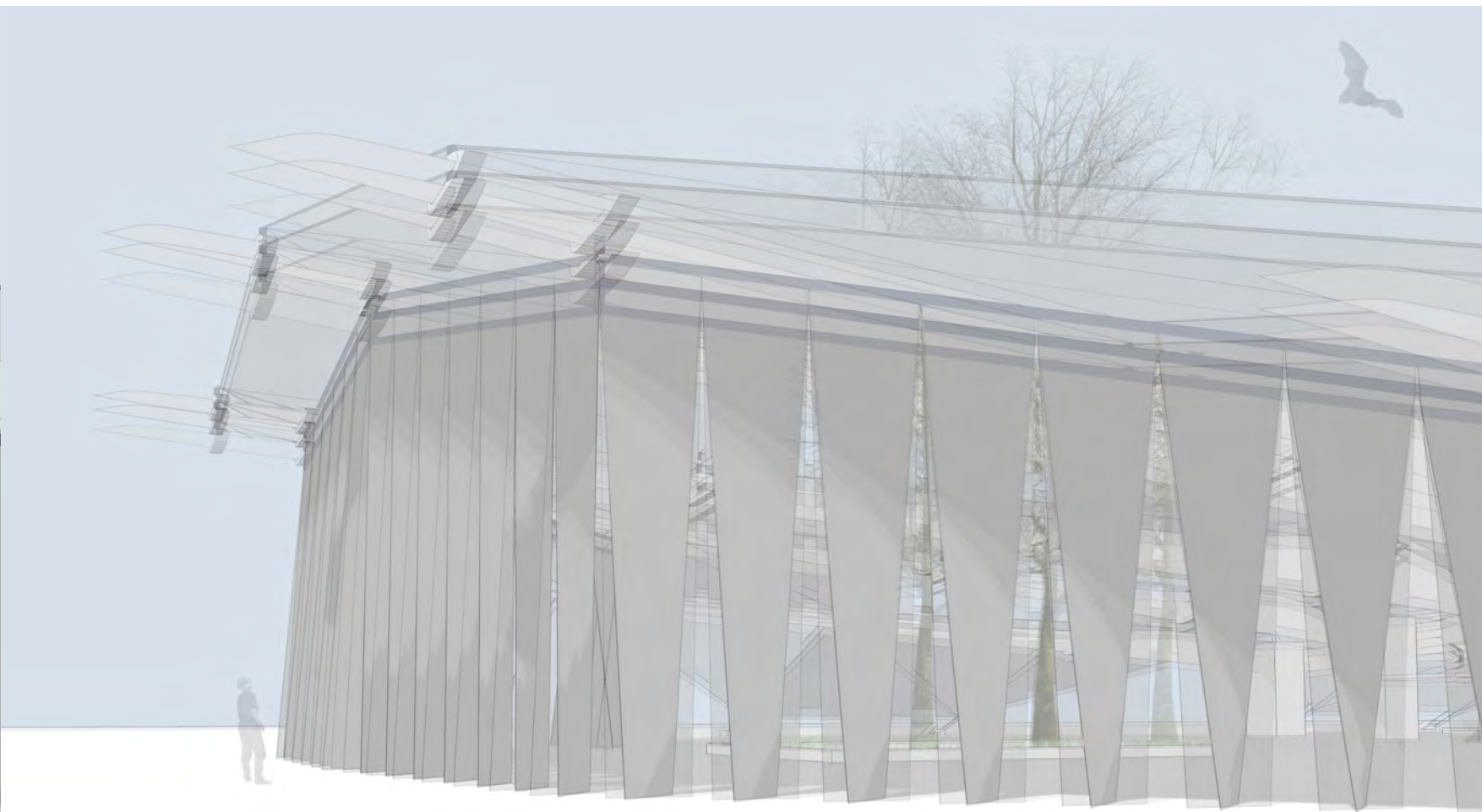
Beaufort	m/s	km/h	Bezeichnung
0	0-0,2	<1	still
1	0,3-1,5	1-5	3 leiser Zug
2	1,6-3,3	6-11	leichte Brise
3	3,4-5,4	12-19	schwache Brise
4	5,5-7,9	20-28	mäßige Brise
5	8,0-10,7	29-38	frische Brise
6	10,8-13,8	39-49	starker Wind
7	13,9-17,1	50-61	steifer Wind
8	17,2-20,7	62-74	stürmischer Wind
9	20,8-24,4	75-88	Sturm
10	24,5-28,4	89-102	schwerer Sturm
11	28,5-32,6	103-117	orkanartiger Sturm
12	>32,7	>118	Orkan



Rotorblattspitze Bewegung in Meter und Minute



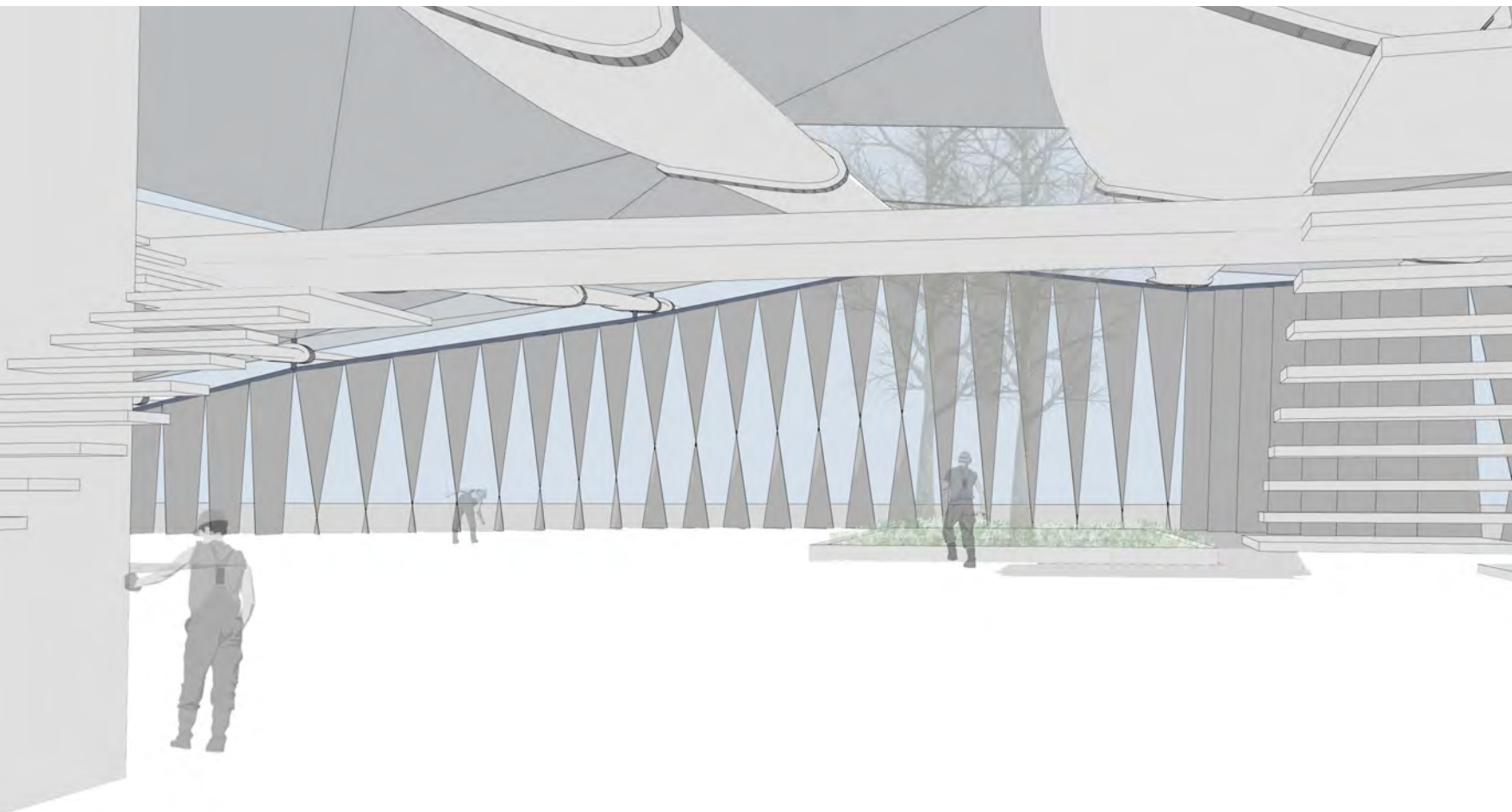
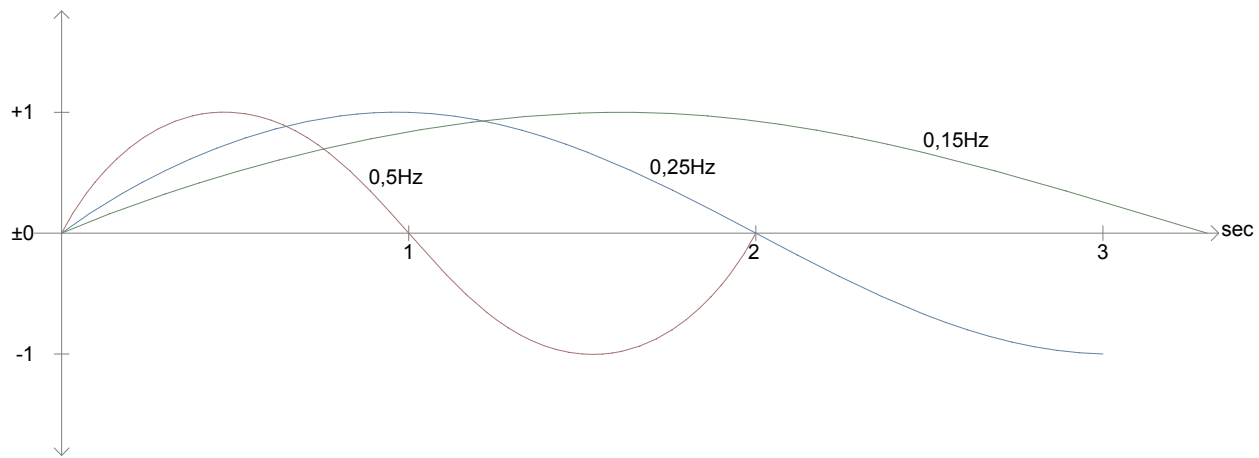
* Annahme Rotorblattspitzen
Bewegen sich ±1,0m



VISUALISIERUNG

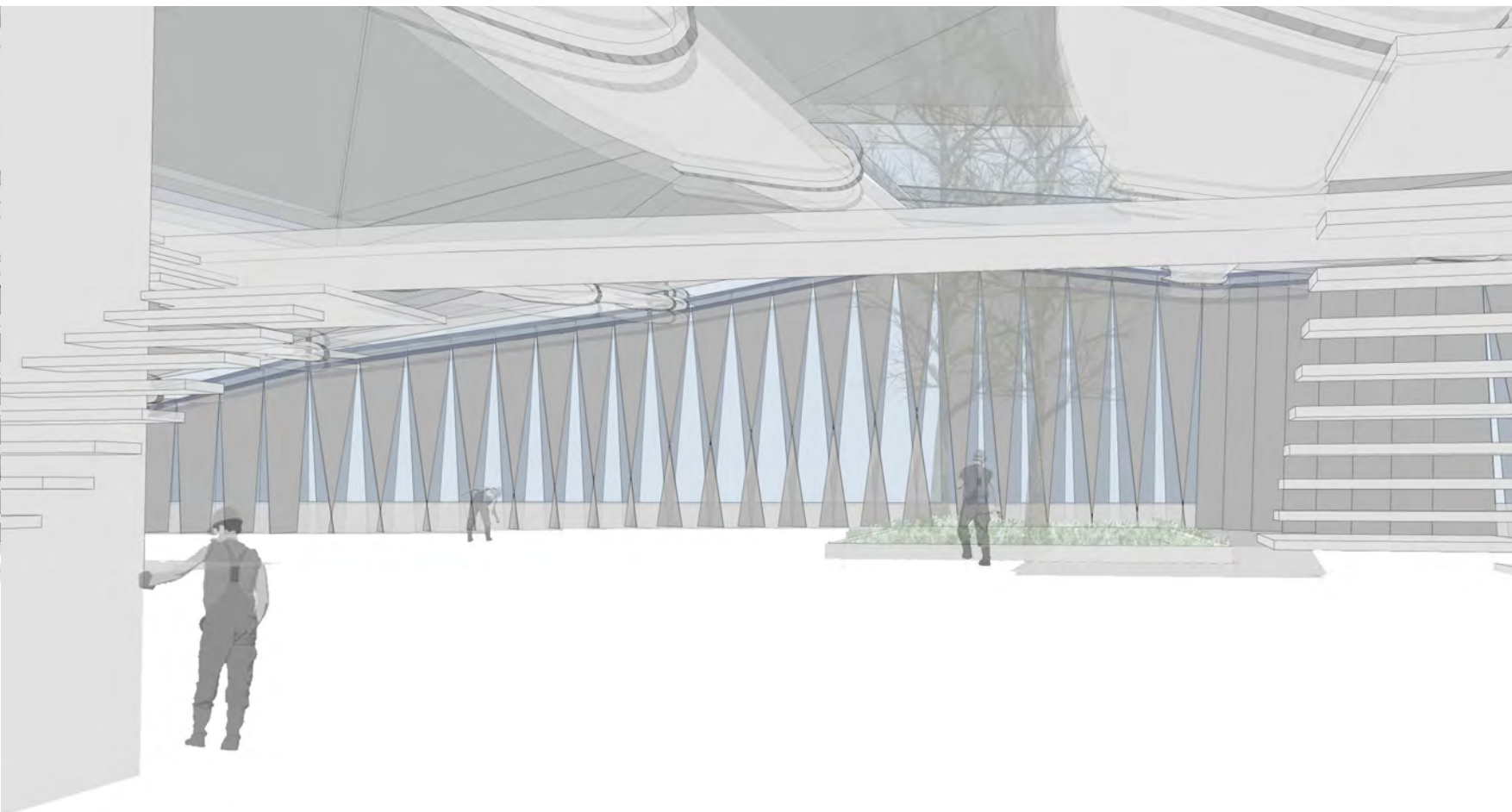
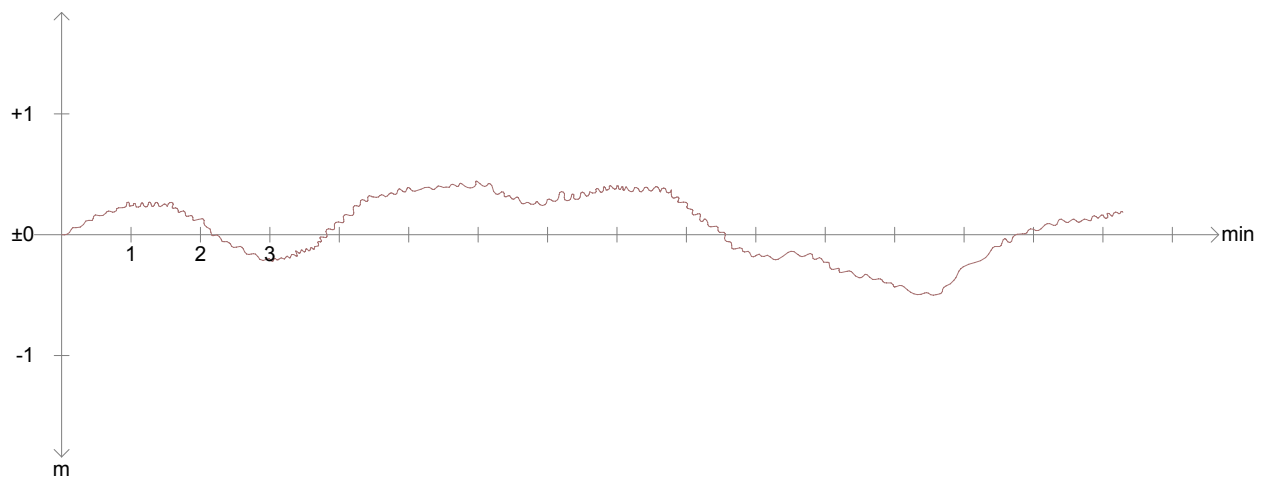
- Innenansicht in Bewegung

Rotorfrequenz 0,15-0,5 Hz (1/s)²⁵



Rotorblattspitze Bewegung in Meter und Minute*

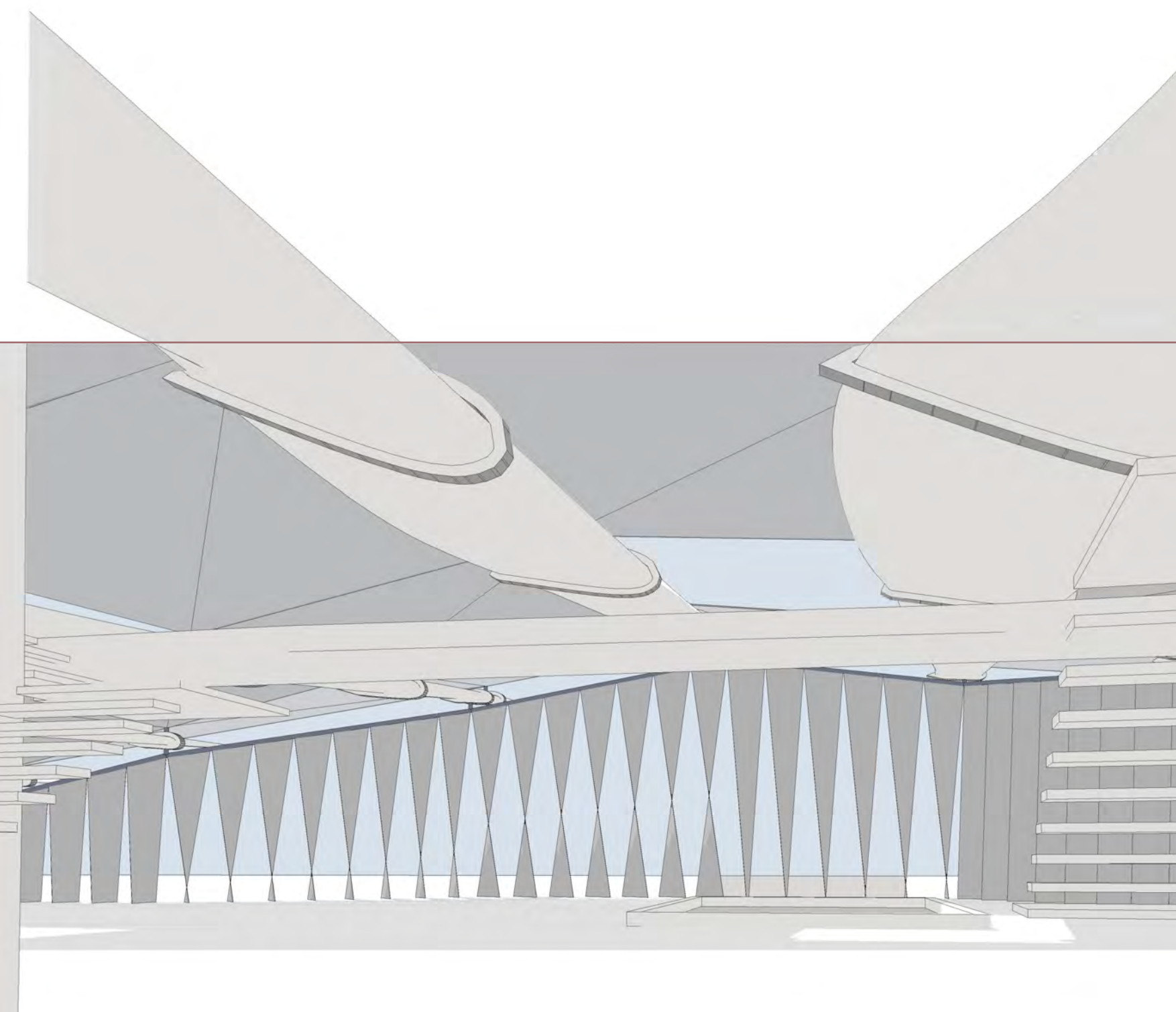
* Annahme Rotorblattspitzen
Bewegen sich $\pm 1,0\text{m}$



VISUALISIERUNG

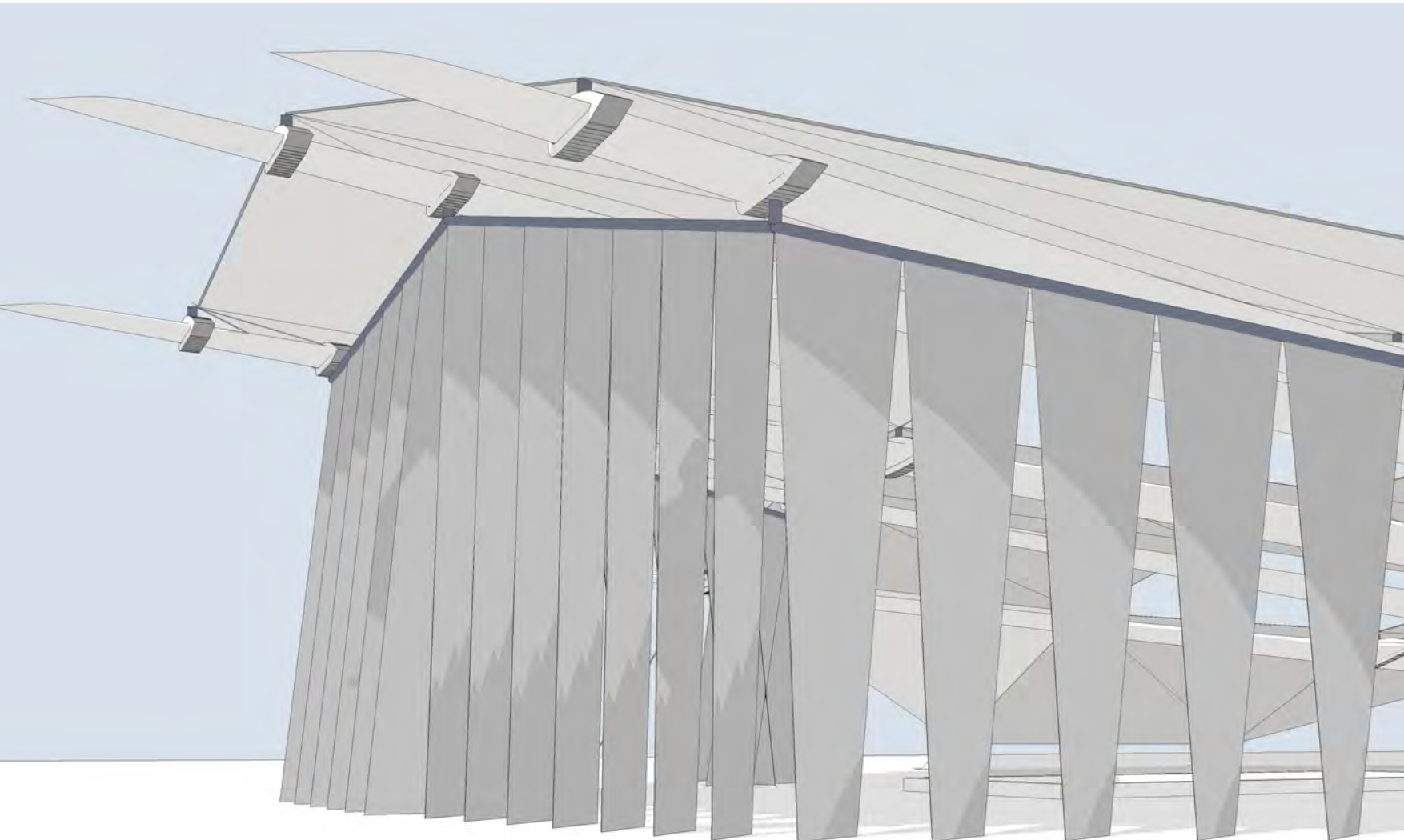
- Innenansicht +

Schnitt Visualisierung
Rotorblätter freigelegt

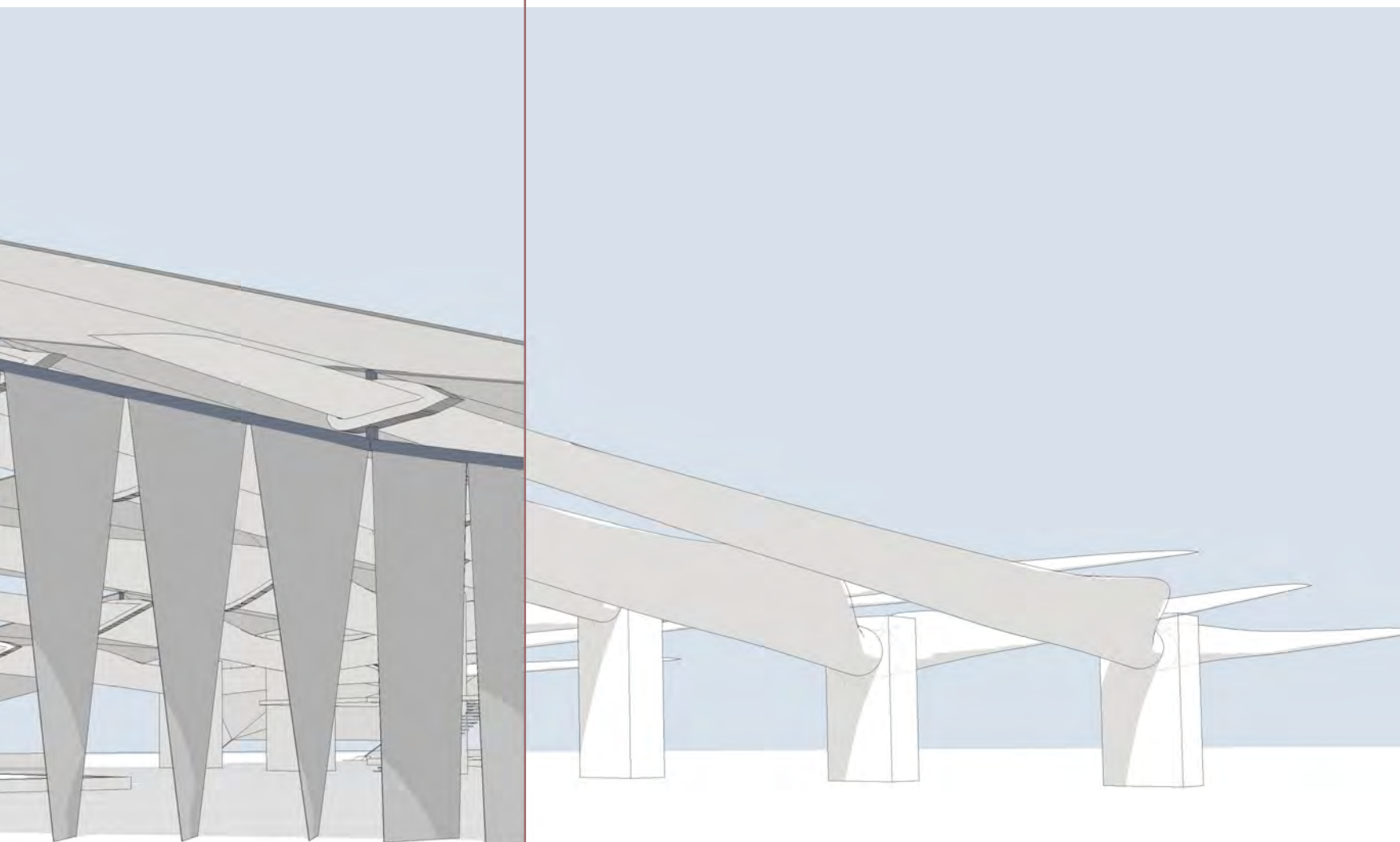


VISUALISIERUNG

- Fassade +

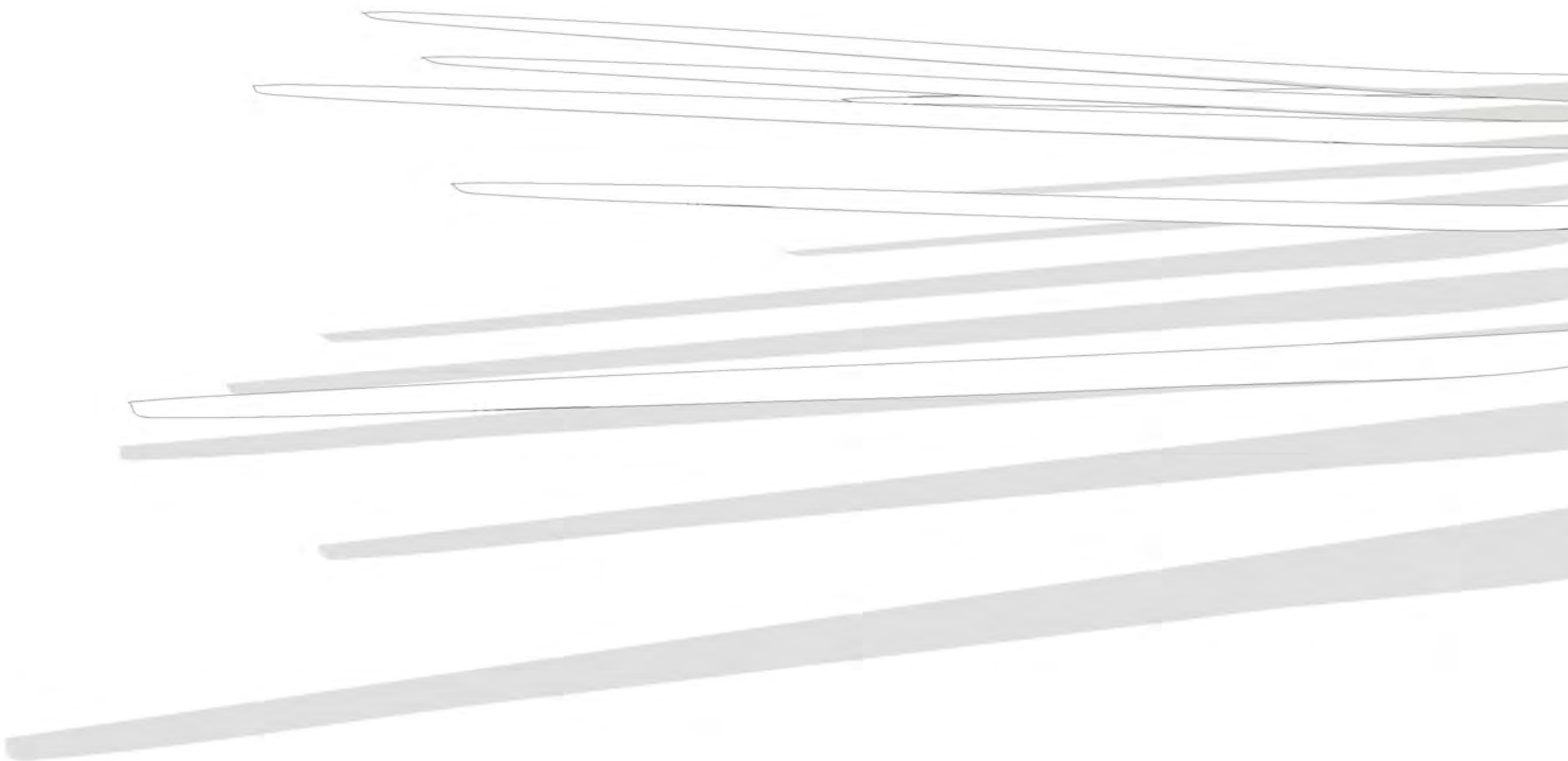


Schnitt Visualisierung
Rotorblatt Konstruktion freigelegt

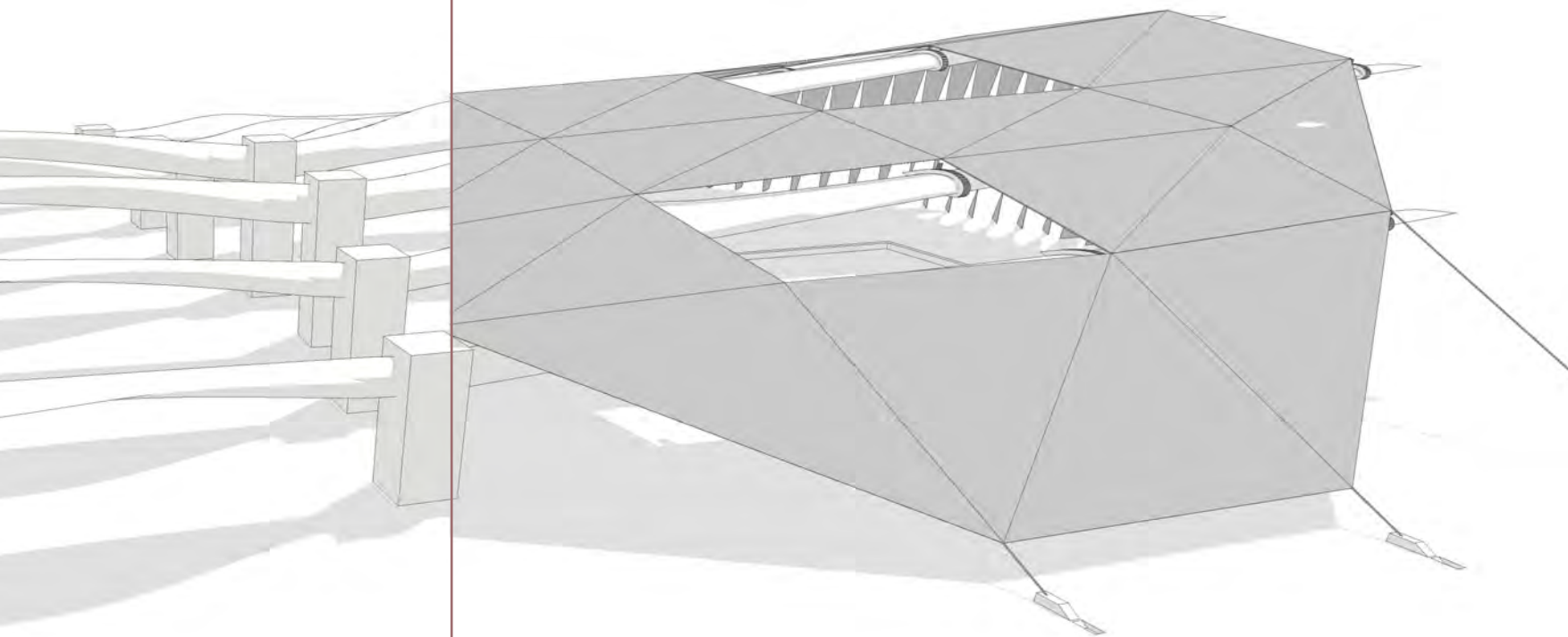


VISUALISIERUNG

- Ansicht gesamt+



Schnitt Visualisierung
Rotorblatt Konstruktion freigelegt

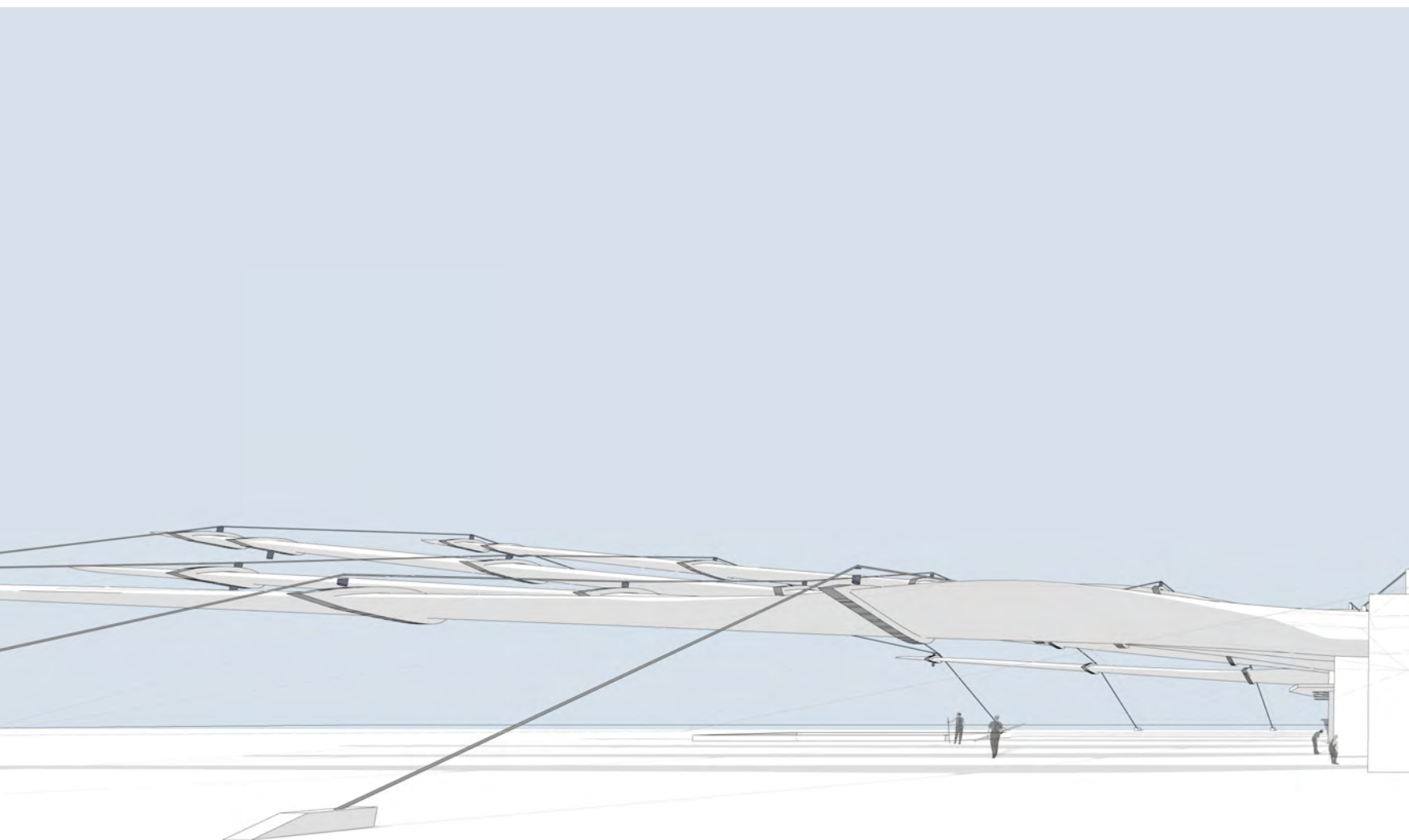


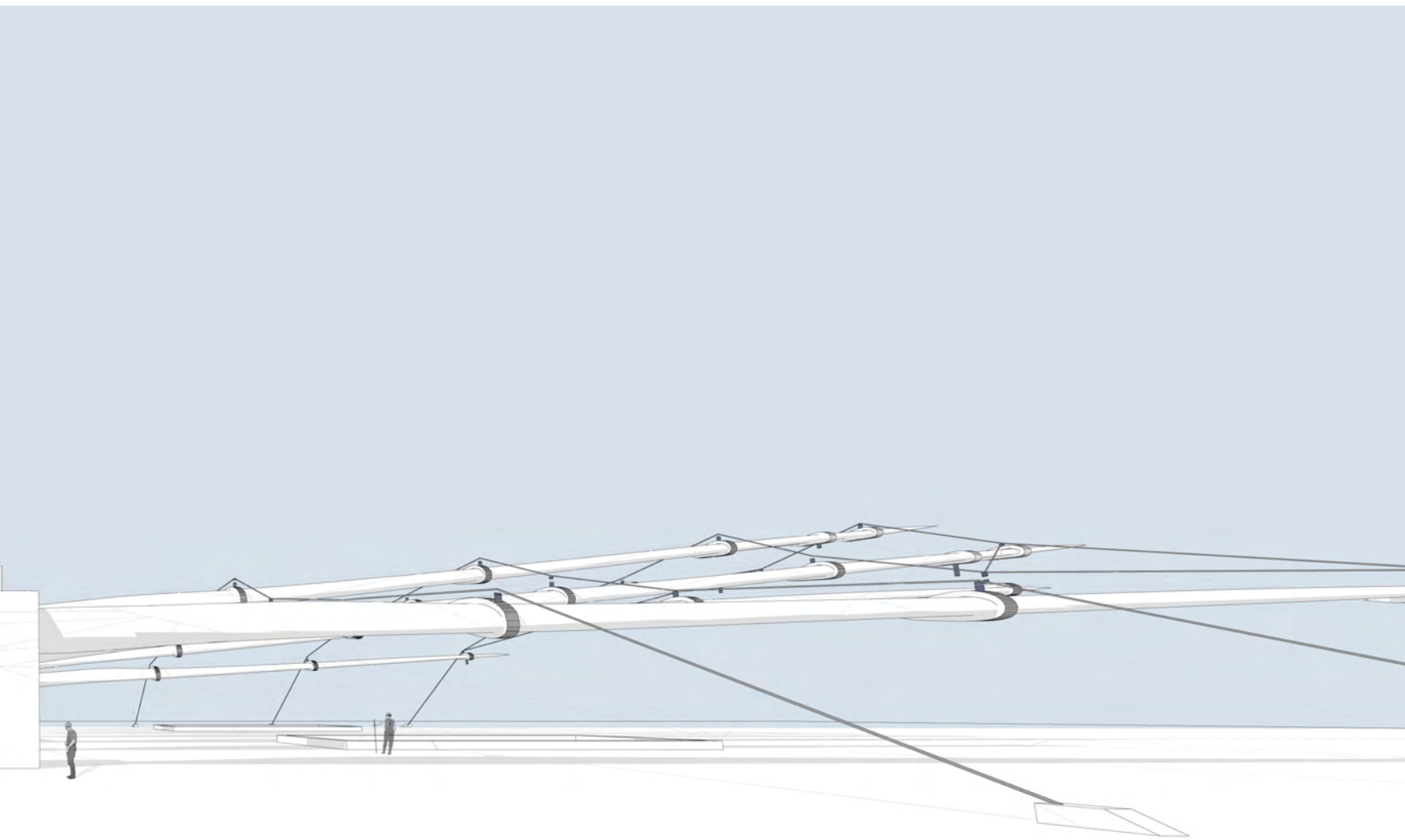
VISUALISIERUNG

- Baustelle, ohne Dach

110

Baufortschritt:
Rotorblatt Konstruktion inkl. Auflager und Zugseile stehen.
Dachbahnen noch nicht montiert.







KONSTRUKTION

Die Konstruktion des Daches wird mit den recycelten Rotorblätter bewerkstelligt. In den Zwischenbereichen werden Textilie gespannt, um die Witterungsbeständigkeit zu gewährleisten.

MODELBAU FÜR STATISCHE BERECHUNG

116

- 1 Baumaterial
- 2 Rohling wurde aus Styropor geschliffen
- 3 1. Lage Glasfasergewebe und Epoxyharz wurden aufgetragen



- 4 1. Lage GFK und Harz wurde auf die Rückseite aufgetragen
- 5 2. und 3. Lage wurde auf beiden Seite aufgetragen
- 6 Fertiger 1. Modellversuch Rotorblatt aus Glasfasern



- 7 Versuch mit Negativform
- 8 geöffnete Negativform
- 9 Finale Rotorblätter für Belastungstest



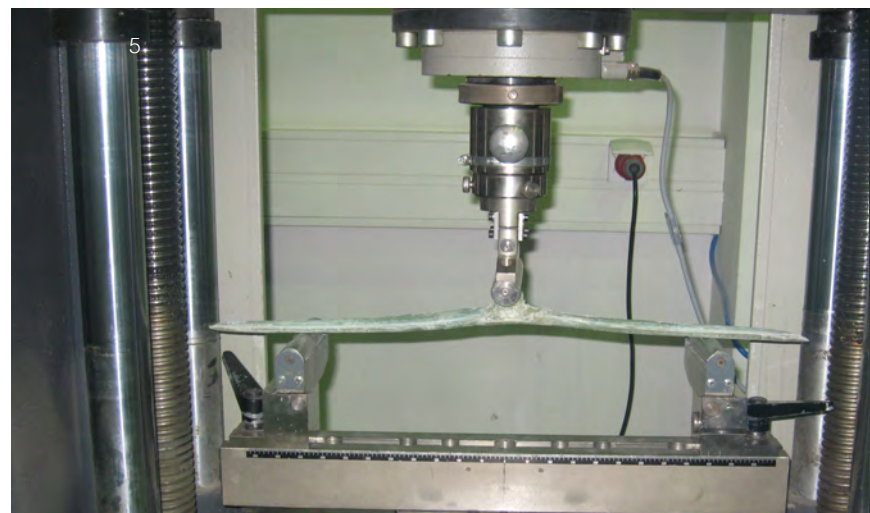
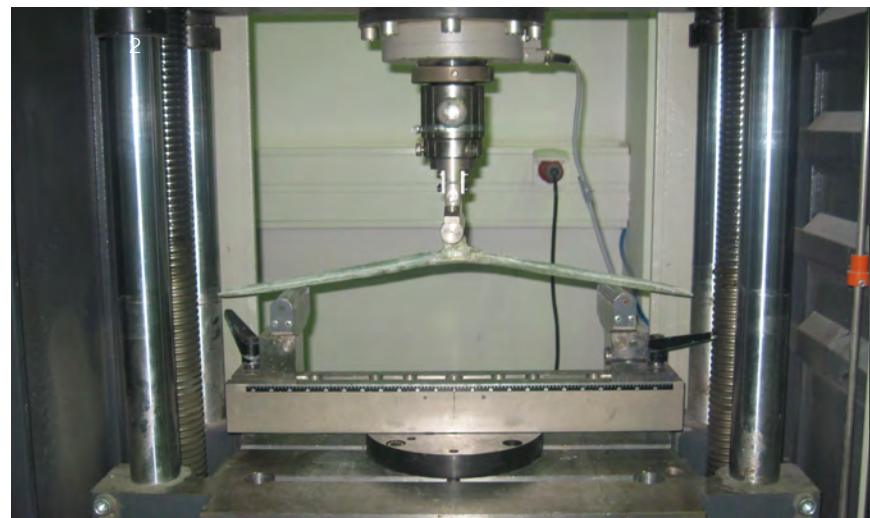
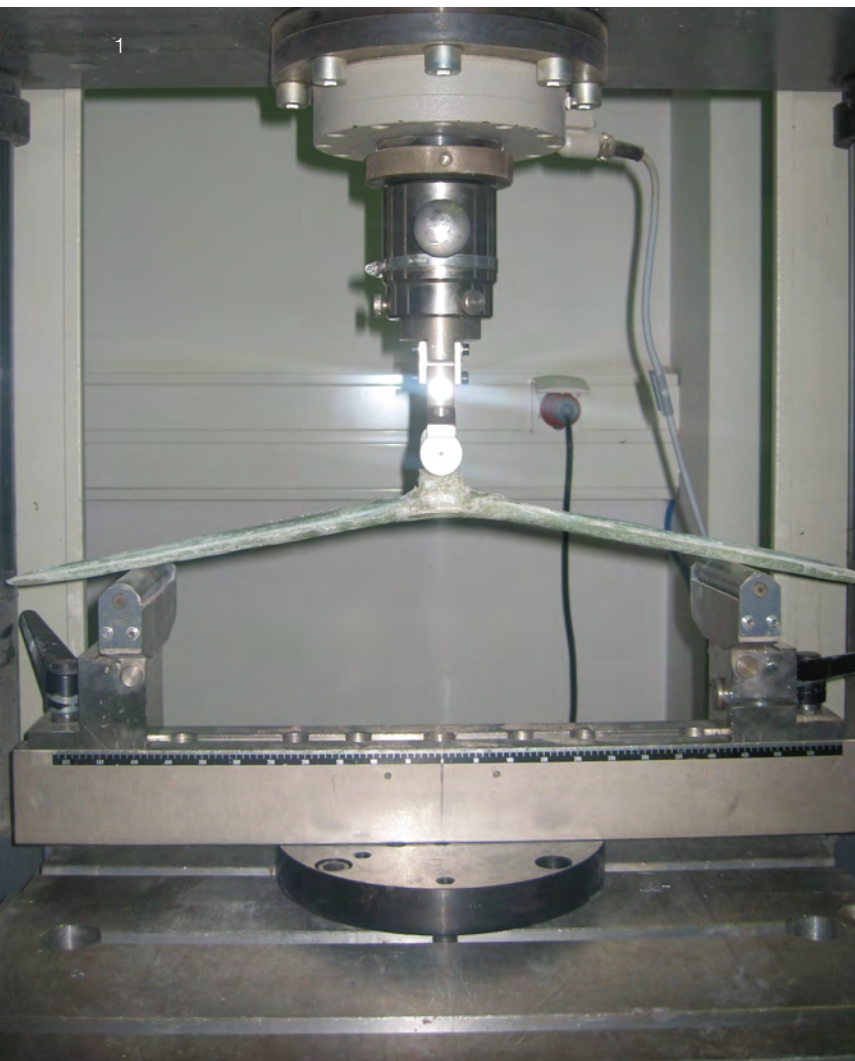
- 10 Rotorblätter in die richtige Position gebracht
- 11 Alle 4 Modelle
1. Gipsmodell aus Negativform
 2. 1. Rotorblatt aus GFK
 3. 1. Versuch mit GFK
 4. Fertiges Modell für Belastungstest

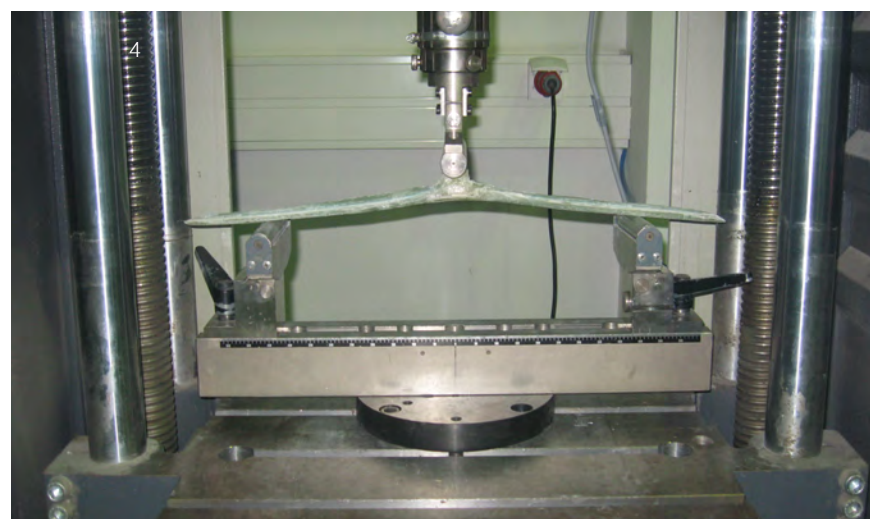
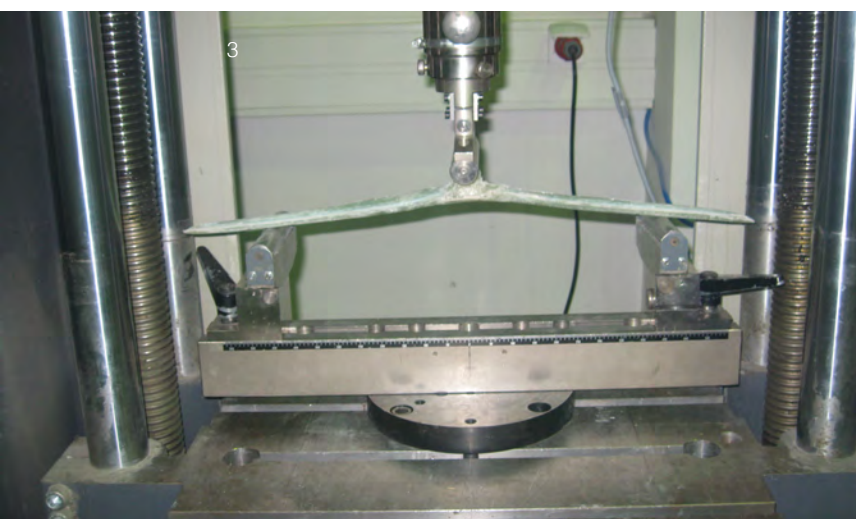


STATISCHE BERECHNUNG

120

- 1 Modell eingespannt
- 2-7 Druckversuch wird durchgeführt



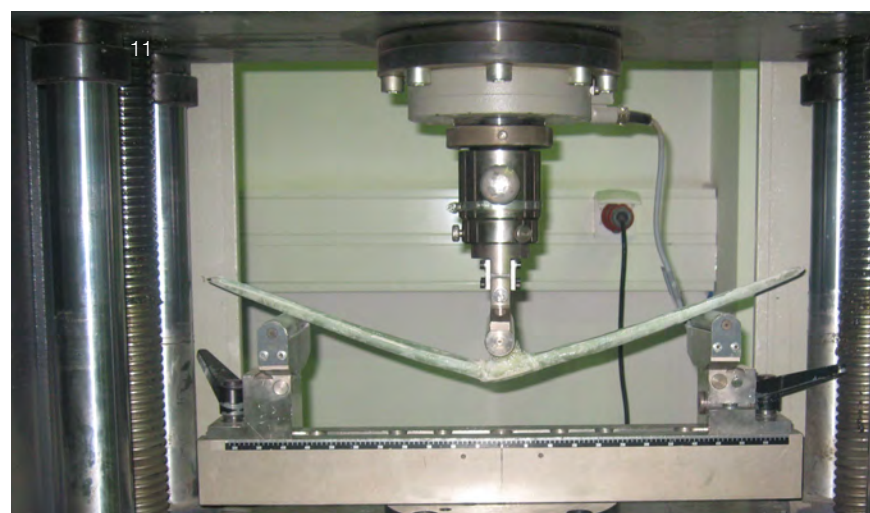
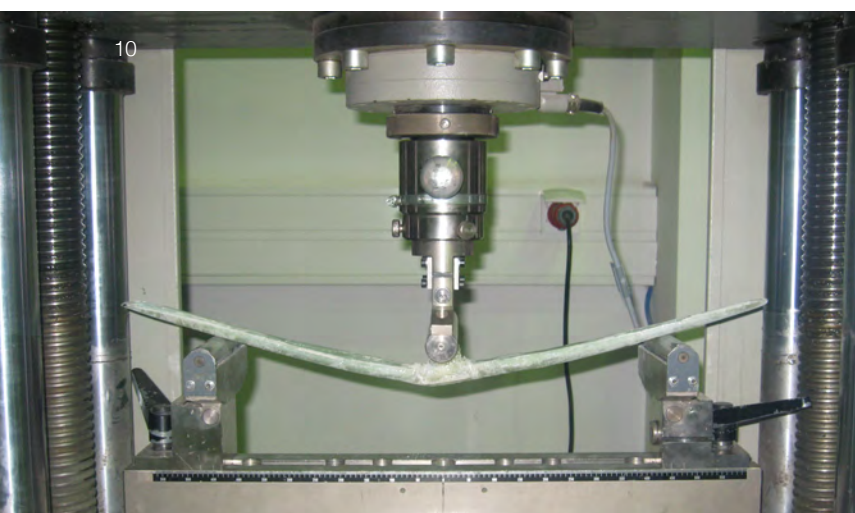
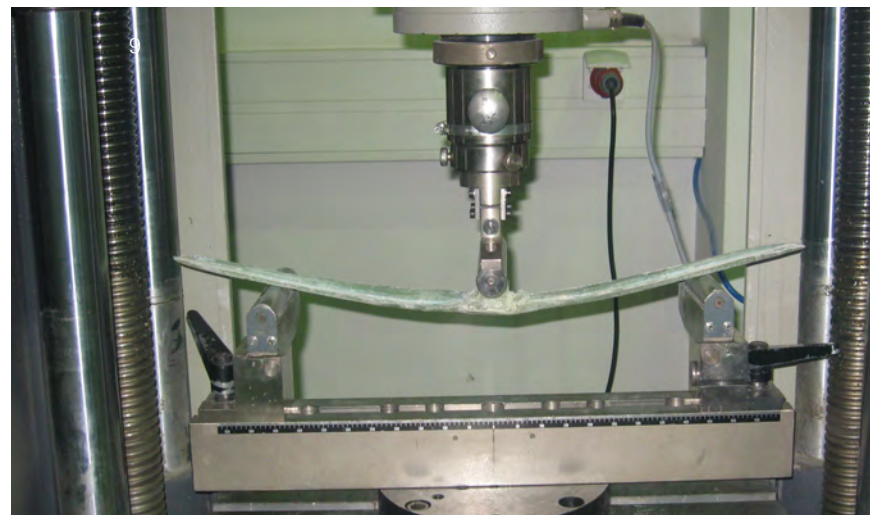
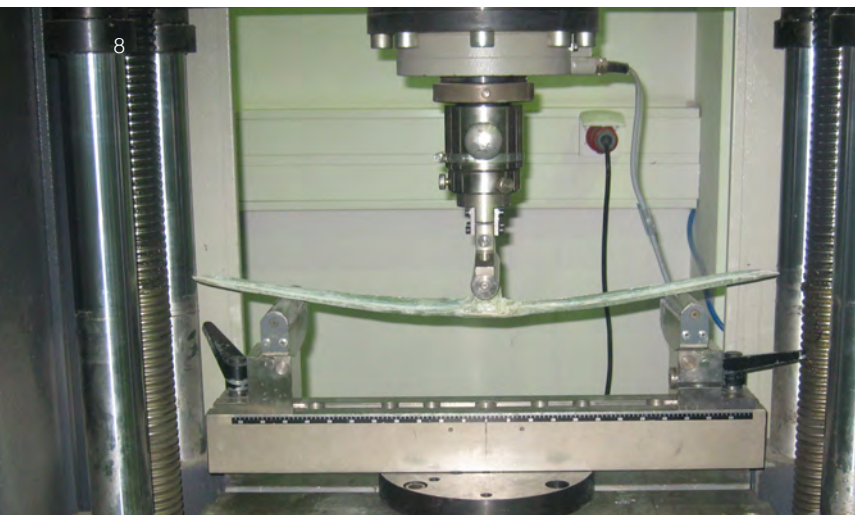


STATISCHE BERECHNUNG

122

8-10 Druckversuch wird durchgeführt

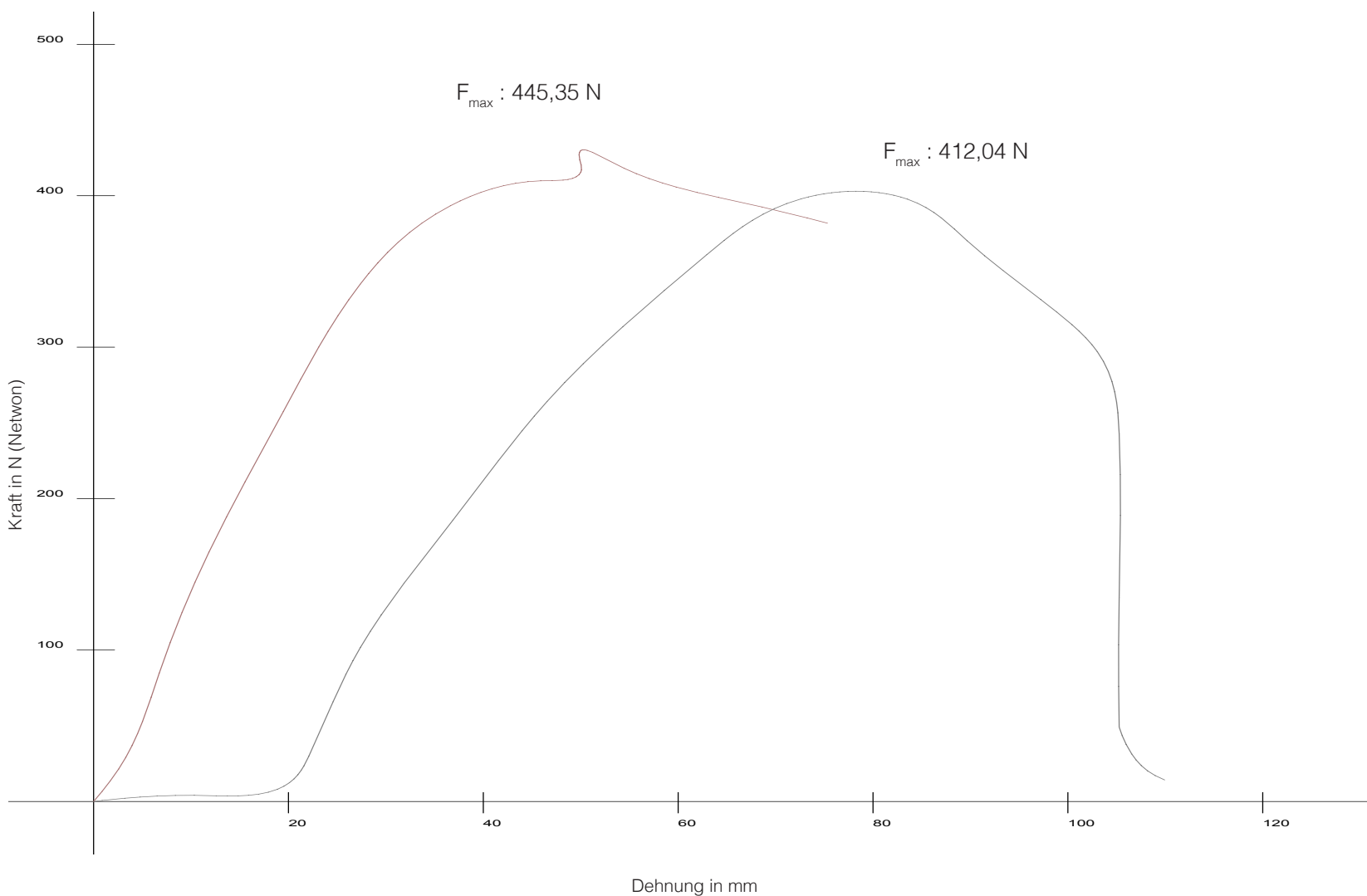
11 Modell gibt nach, Bruch



Es wurden 2 Serien mit demselben Modell durchgeführt. Bei der 1. Serie wurde dieses mit einer maximalen Kraft F_{\max} 445,35 N belastet. Das Modell wurde dabei um 78 mm durchgebogen. Nach Entlastung nahm das Modell beinahe wieder seine Ausgangsform ein.

Bei der 2. Serie wurde bis zum Bruch getestet. Bei einer Kraftaufwendung von F_{\max} 412,04 N trat der Bruch ein. Da der Testgegenstand schon zum zweiten Mal beansprucht wurde, kam es schon bei

einer geringeren Kräfteinwirkung zum Bruch. Dieser erfolgte, wie zu erwarten war, genau an einer Verbindung Rotorblatt-Auflager. Die Durchbiegung betrug 107 mm. Wenngleich man keine außergewöhnlichen Messergebnisse erwarten konnte (von Laien hergestellter GFK Prototyp), konnte man erkennen, dass es sich bei Glasfaserverstärktem Kunststoff um einen interessanten Baustoff handelt, mit hoher Bruchfestigkeit und hoher Elastizität.

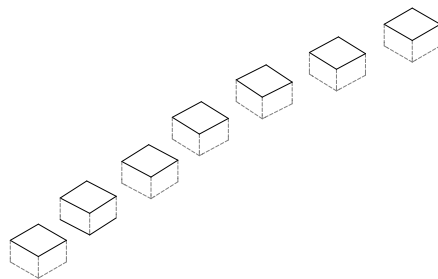


FUNDAMENT

126

Fundament

Stahlbeton 4,5x4,5x3,0m (bxlxh)



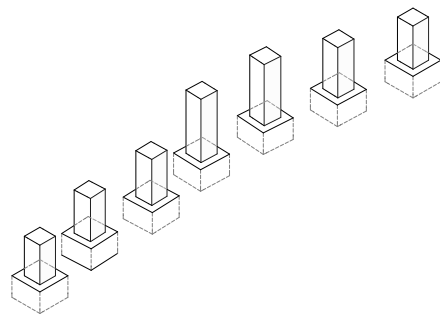
STÜTZEN

Fundament

Stahlbeton 4,5x4,5x3,0m (b_xl_xh)

Stützen

Stahlbeton 2,5x2,5m d=,50m



ROTORBLÄTTER

128

Fundament

Stahlbeton 4,5x4,5x3,0m (b_xl_xh)

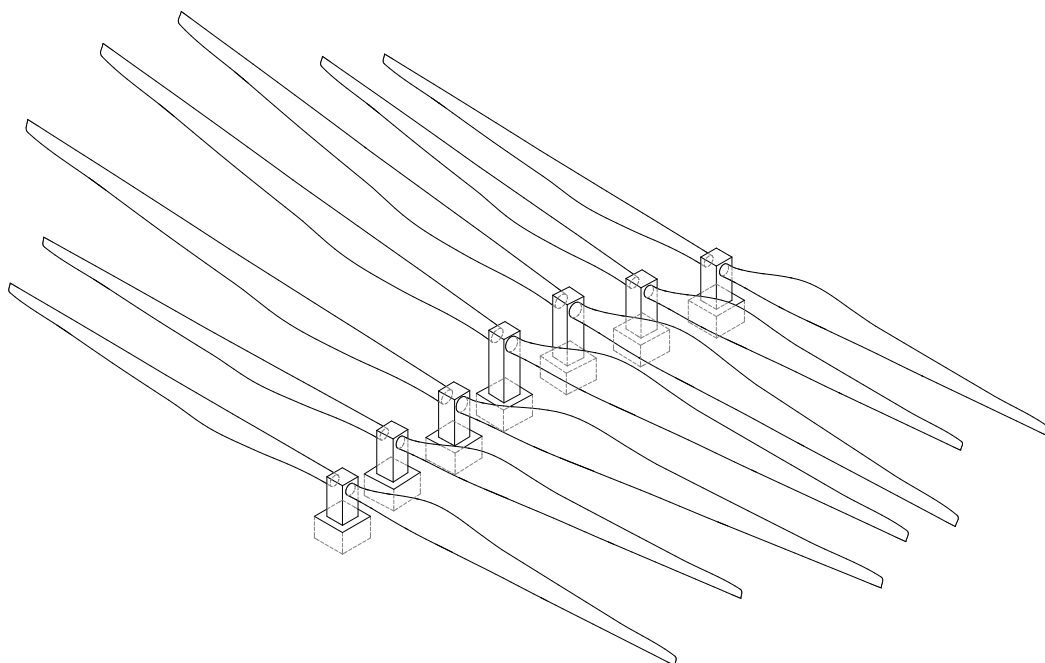
Stützen

Stahlbeton 2,5x2,5m d=,50m

Kragarme

Glasfaser / Kohlefaser

Recycling Rotorblätter 52 -66m



ROTORBLATT AUFLAGER

Fundament

Stahlbeton 4,5x4,5x3,0m (b x l x h)

Stützen

Stahlbeton 2,5x2,5m d=,50m

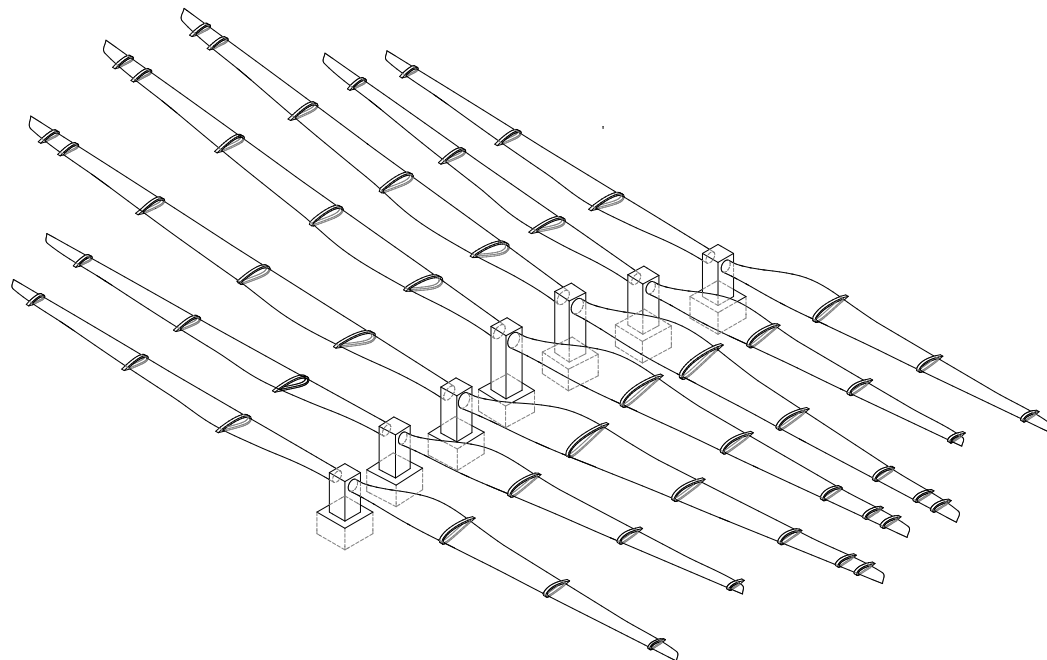
Kragarme

Glasfaser / Kohlefaser

Recycling Rotorblätter 52 -66m

Auflager

Rahmen / Stahl an Rotorblätter angepasst



ZUGSEILE

130

Fundament

Stahlbeton 4,5x4,5x3,0m (b x l x h)

Stützen

Stahlbeton 2,5x2,5m d=,50m

Kragarme

Glasfaser / Kohlefaser

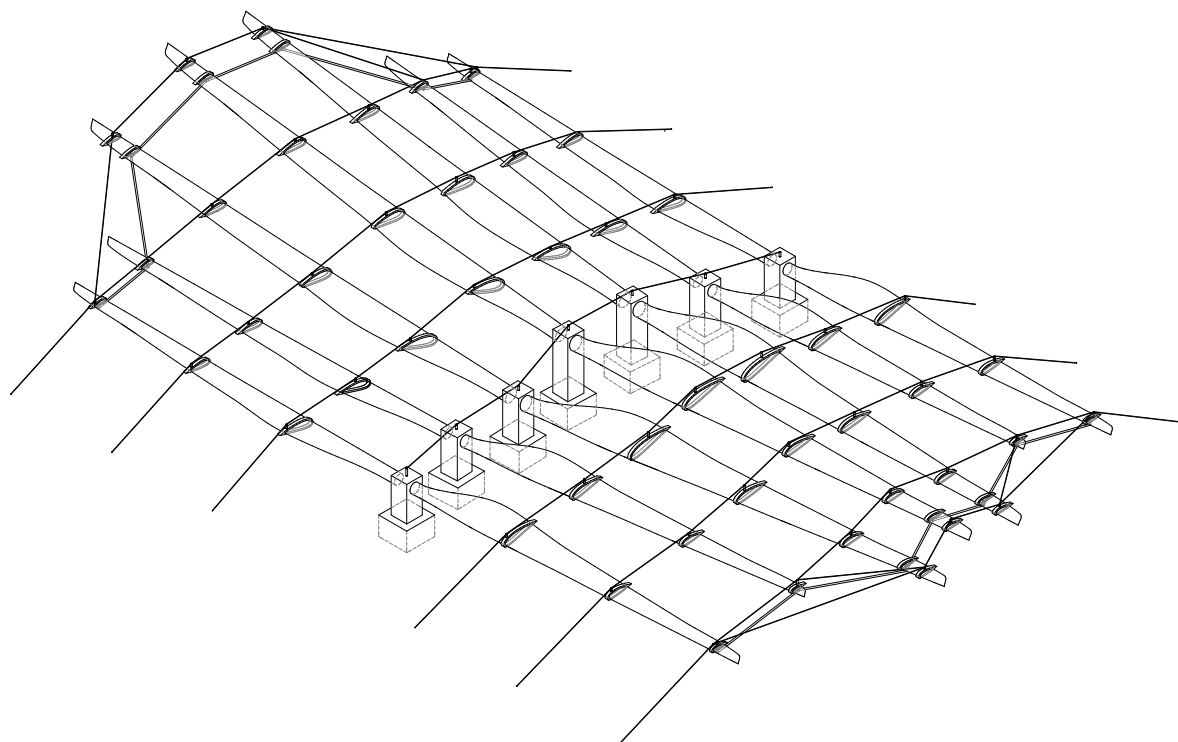
Recycling Rotorblätter 52 -66m

Auflager

Rahmen / Stahl (Holz)an Rotorblätter angepasst

Zugseile

Stahlseile 4 bzw. 2cm ø



FASSADE

Fundament

Stahlbeton 4,5x4,5x3,0m (b x l x h)

Stützen

Stahlbeton 2,5x2,5m d=,50m

Kragarme

Glasfaser / Kohlefaser

Recycling Rotorblätter 52 -66m

Auflager

Rahmen / Stahl (Holz) an Rotorblätter angepasst

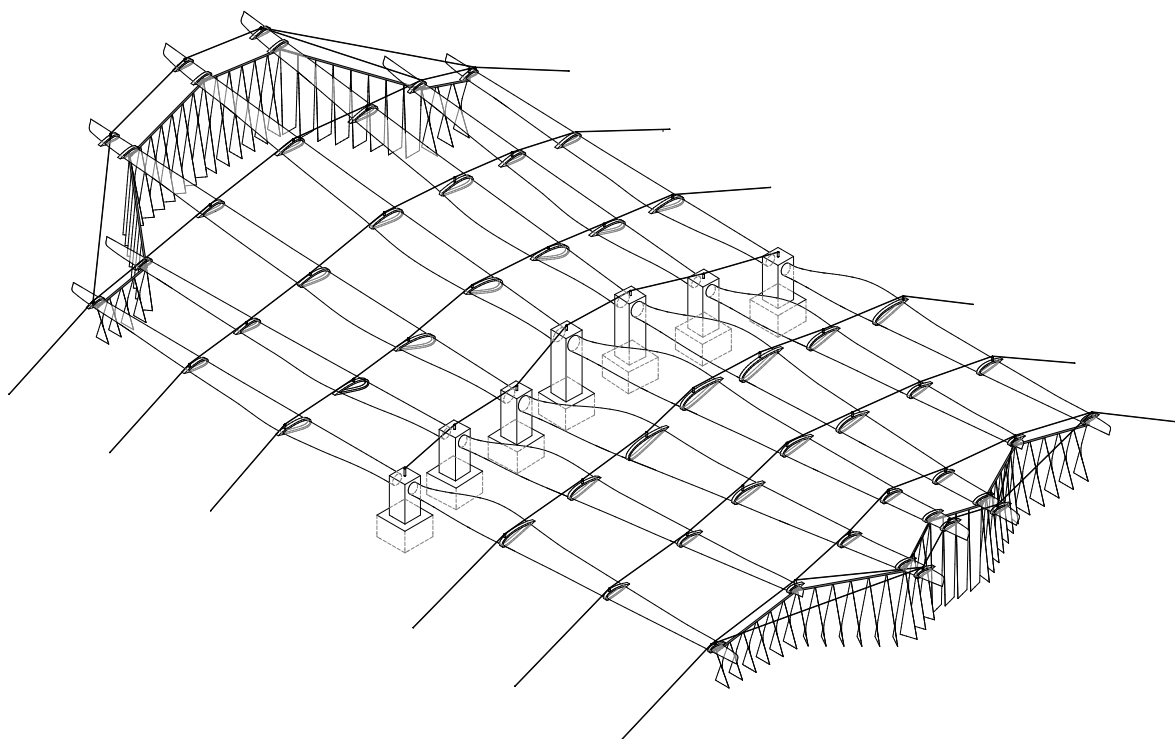
Zugseile

Stahlseile 4 bzw. 2cm \varnothing

Fassade

Textil gespannt und sich drehend

PVC / LKW Planen



DACH

132

Fundament

Stahlbeton 4,5x4,5x3,0m (b x l x h)

Stützen

Stahlbeton 2,5x2,5m d=,50m

Kragarme

Glasfaser / Kohlefaser

Recycling Rotorblätter 52 -66m

Auflager

Rahmen / Stahl an Rotorblätter angepasst

Zugseile

Stahlseile 4 bzw. 2cm ø

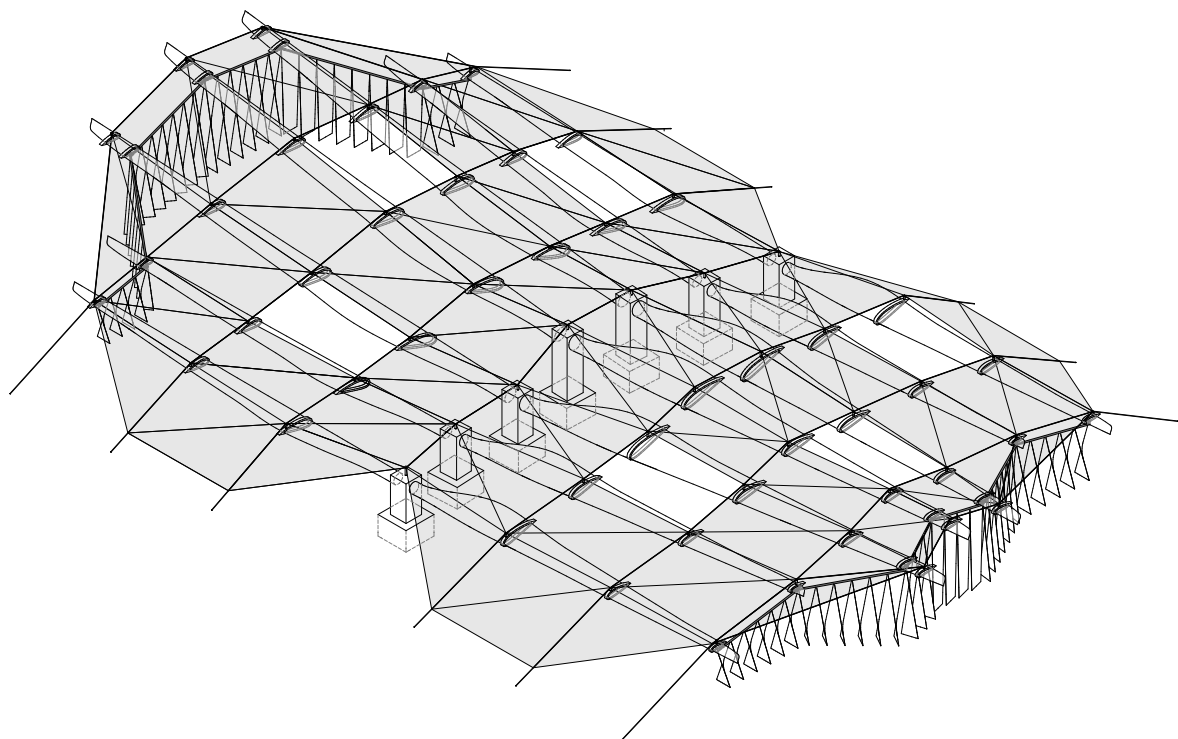
Fassade

Textil gespannt und sich drehend




PVC / LKW Planen

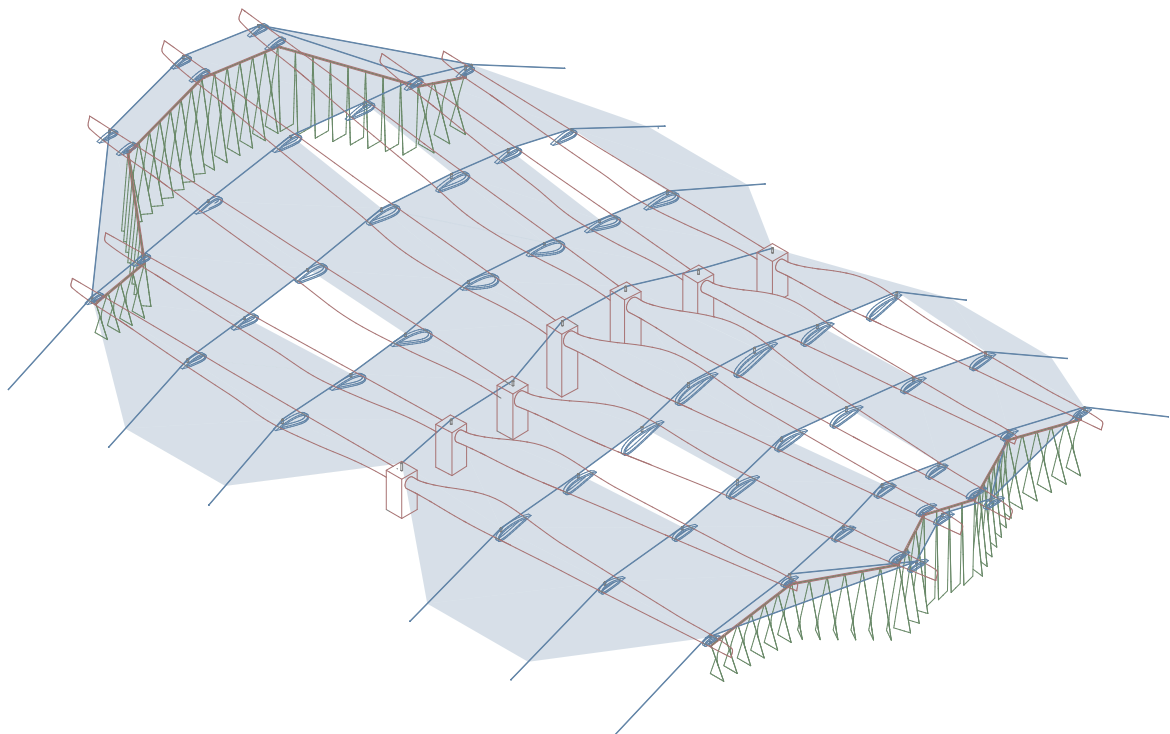
Dach

ETFE Folie / PVC



BEANSPRUCHUNG

- Zug 
- Zug und Torsion 
- Druck 
- Druck (Zug) und Torsion 



DETAIL

FASSADE oben

FASSADE unten

DACH

ANSCHLUSS ROTORBLATT-NABE

FUNDAMENT

ANKER-ZUGSEIL



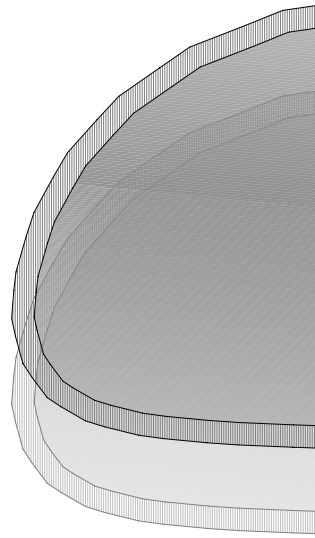
DETAIL

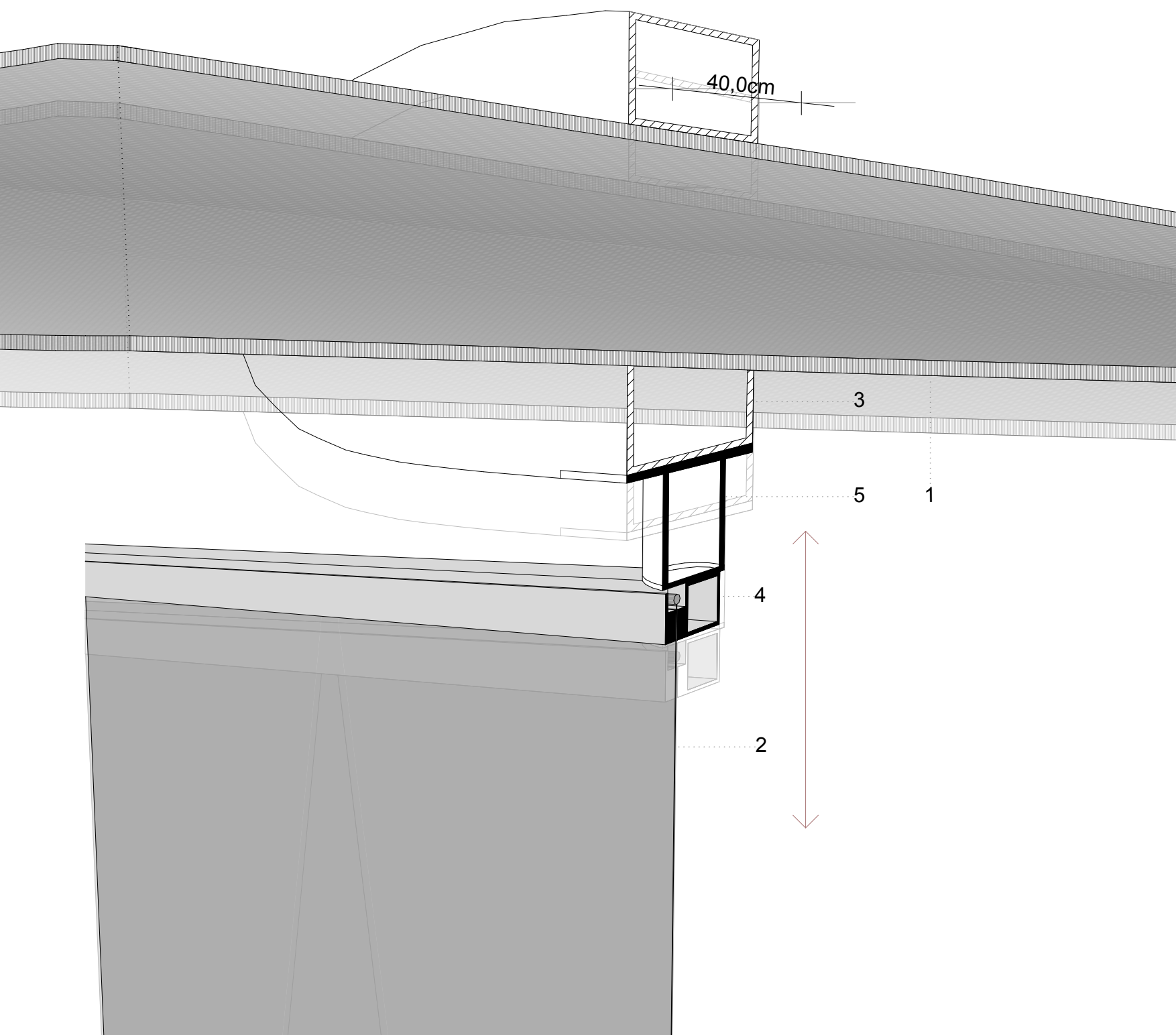
Bei den Details wurde auch die Recyclbarkeit bzw. Wiederverwertbarkeit der Bauteile berücksichtigt.

SCHNITT FASSADE oben

136

- 1 Rotorblatt GFK/ Carbon
- 2 Fassade PVC/ LKW Plane
- 3 Rotorblatt Rahmen Stahl
- 4 Formteil 17,5x10,0cm Stahl
- 5 Formrohr $\varnothing 20,0\text{cm}$ Stahl





SCHNITT FASSADE unten

138

- 2 Fassade PVC/ LKW Plane
- 4 Formteil 17,5x10,0cm Stahl
- 6 Schraube $\varnothing 10,0\text{cm}$
- 7 Gewinde $\varnothing 10,0\text{cm}$
- 8 Bodenbelag 10,0cm Industriebelag
- 22 Stoßdämpfer

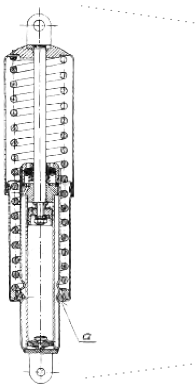
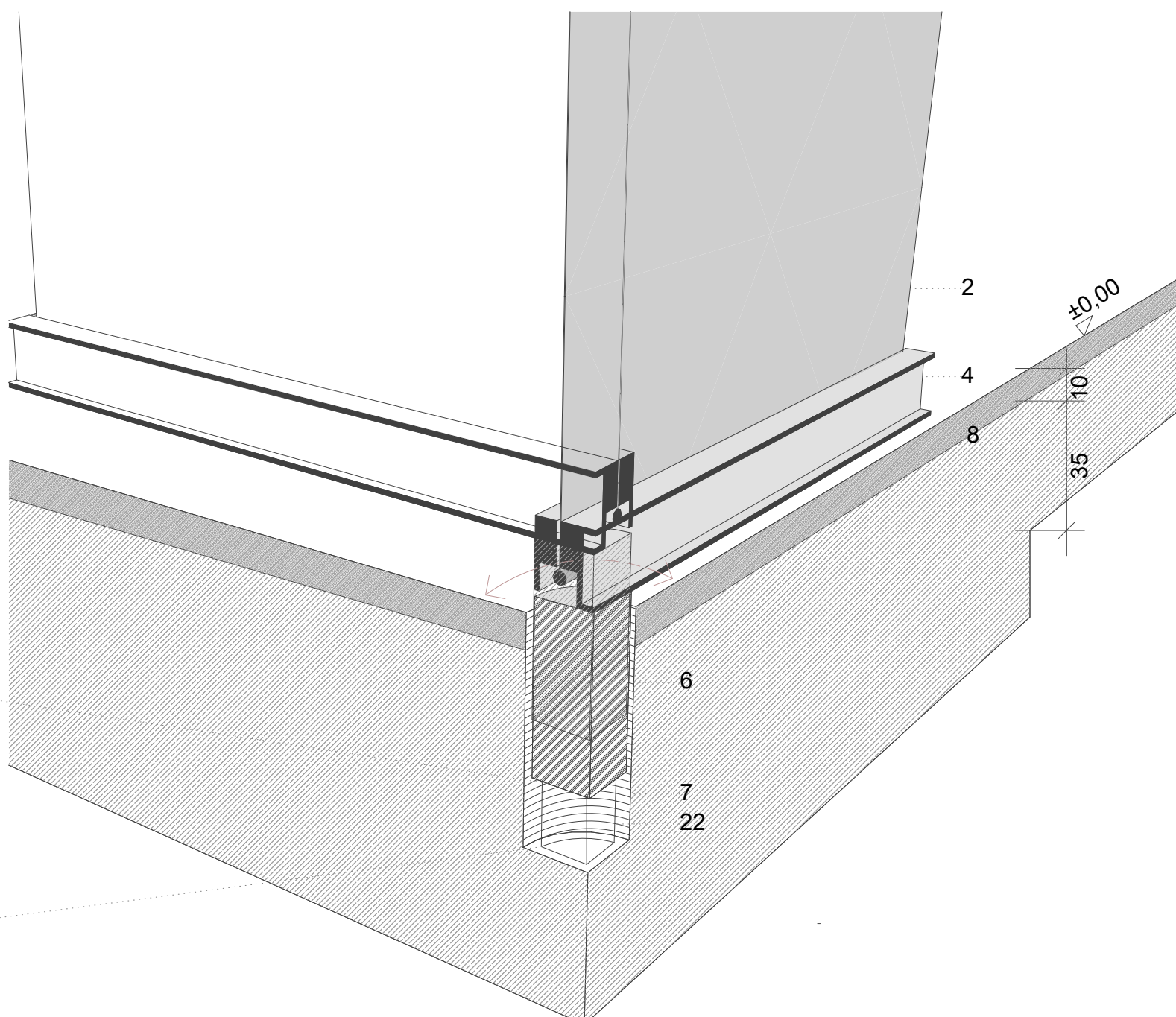


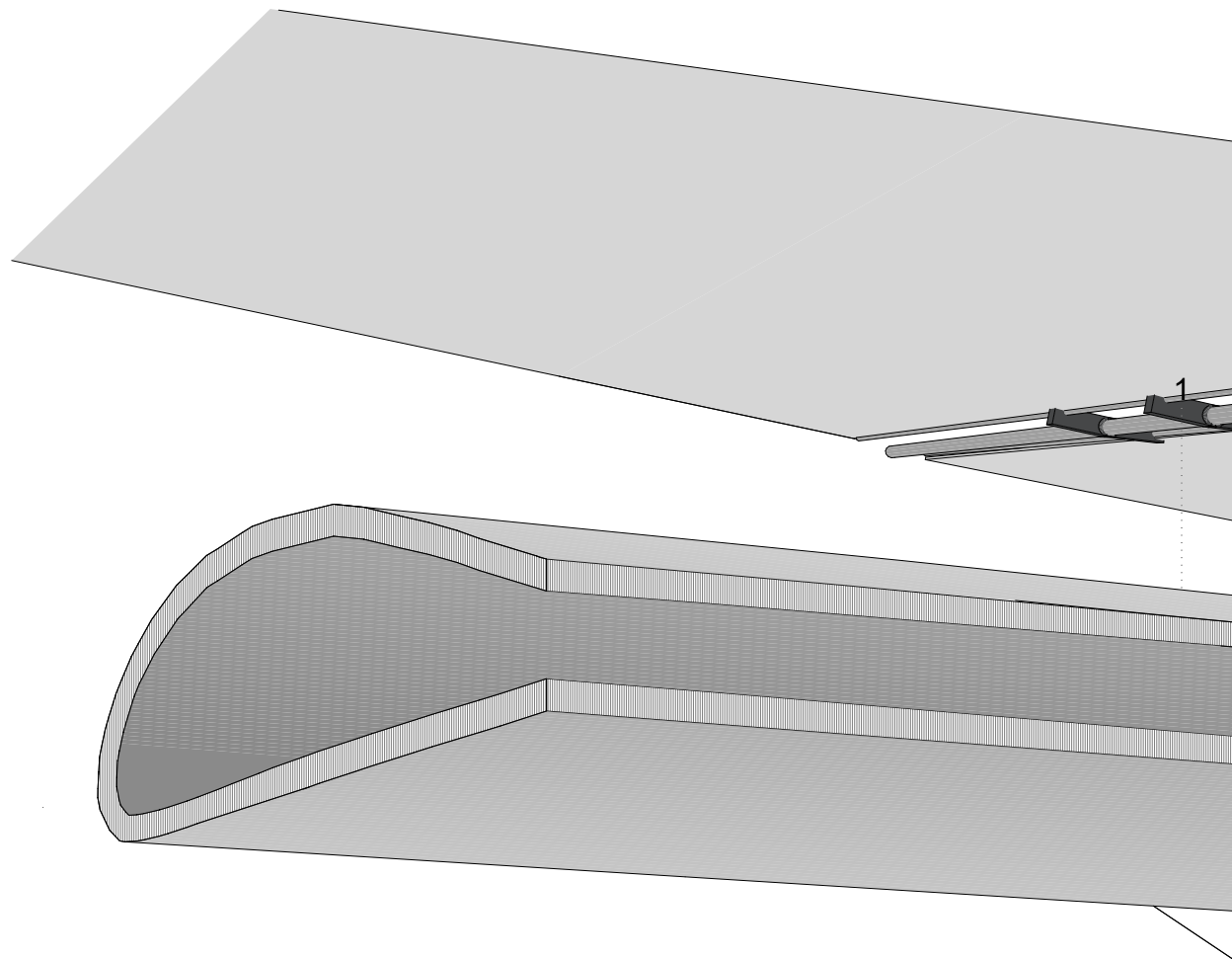
Abb.66 Stoßdämpfer

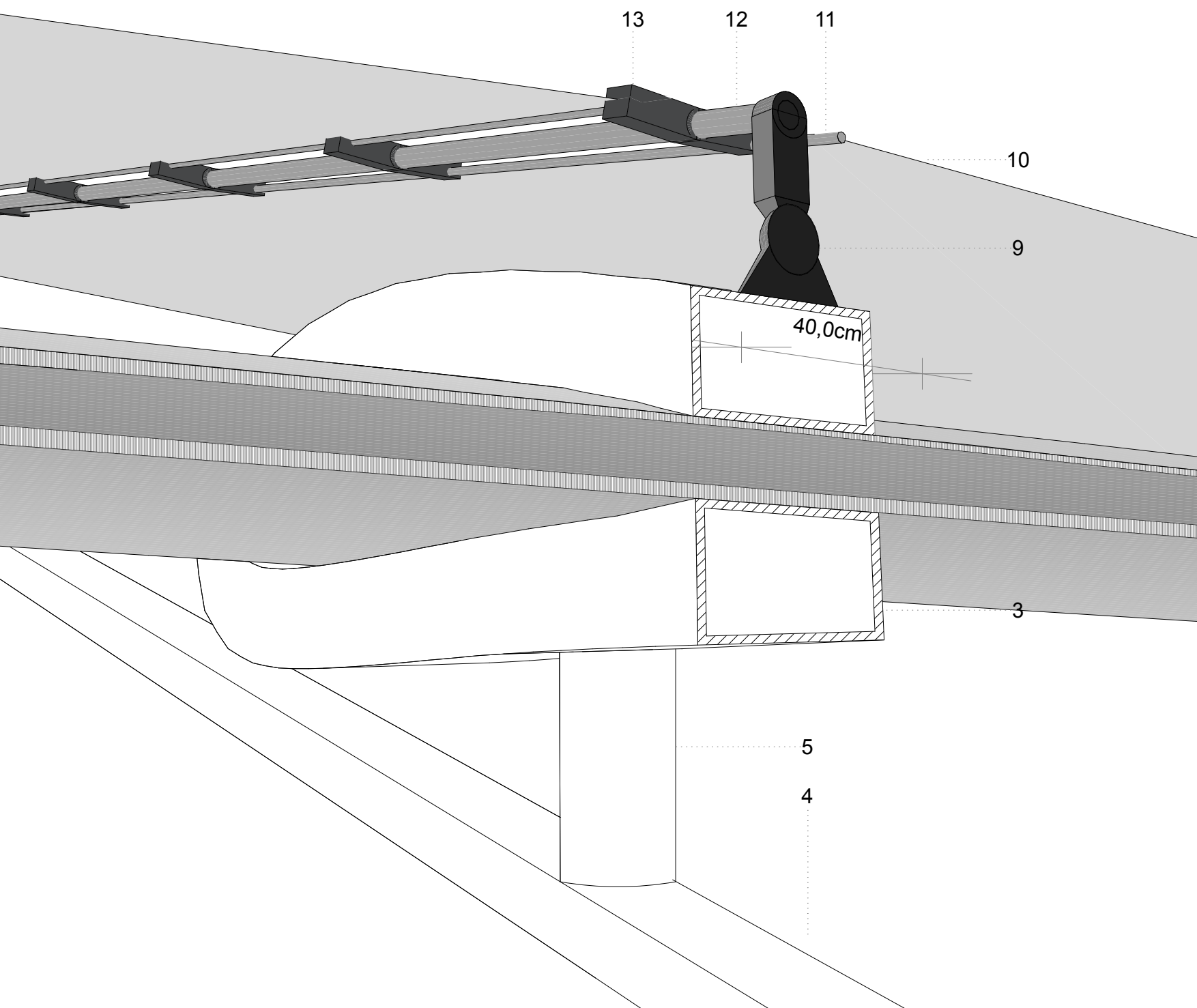


SCHNITT DACH

140

- 1 Rotorblatt
- 3 Rotorblatt Rahmen Stahl
- 4 Formteil 17,5x10,0cm Stahl
- 5 Formrohr $\varnothing 20,0$ cm Stahl
- 9 Gelenk
- 10 Dachmembran PVC Gewebe
- 11 Stahlseil $\varnothing 2,0$ cm Stahl
- 12 Zugseil $\varnothing 4,0$ cm Stahl
- 13 Befestigung Dachmembran

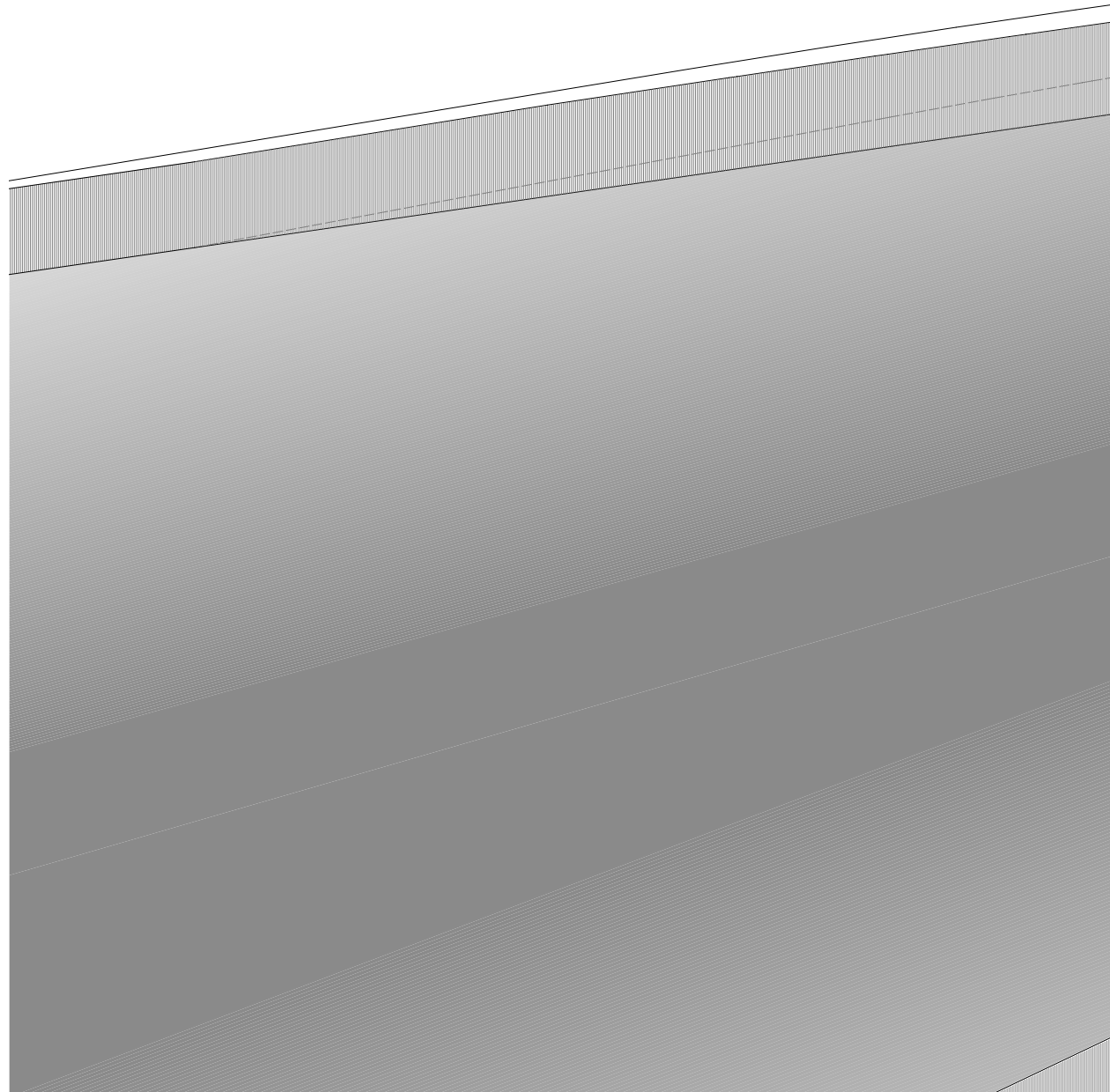


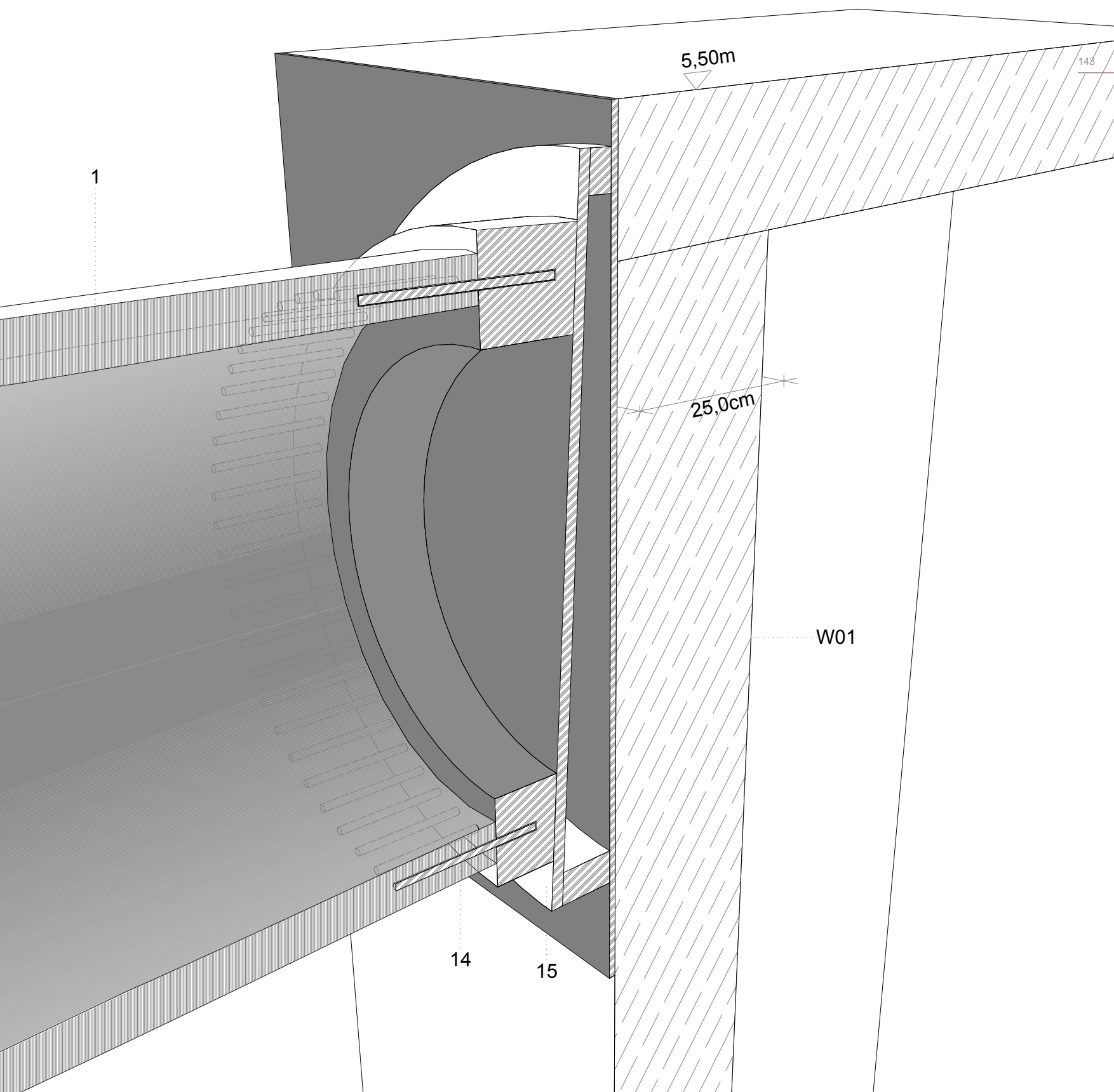


ANSCHLUSS ROTORBLATT-NABE

142

- 1 Rotorblatt
- 14 Bolzen $\varnothing 2,0\text{cm}$ Stahl
- 15 Nabe Stahl
- W01 25,0cm Stahlbeton

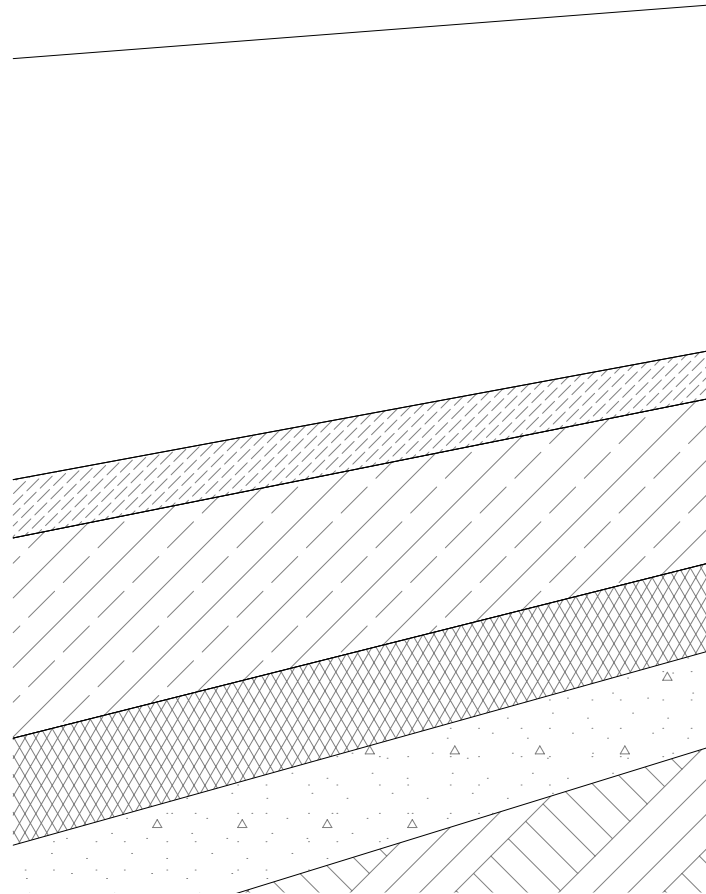


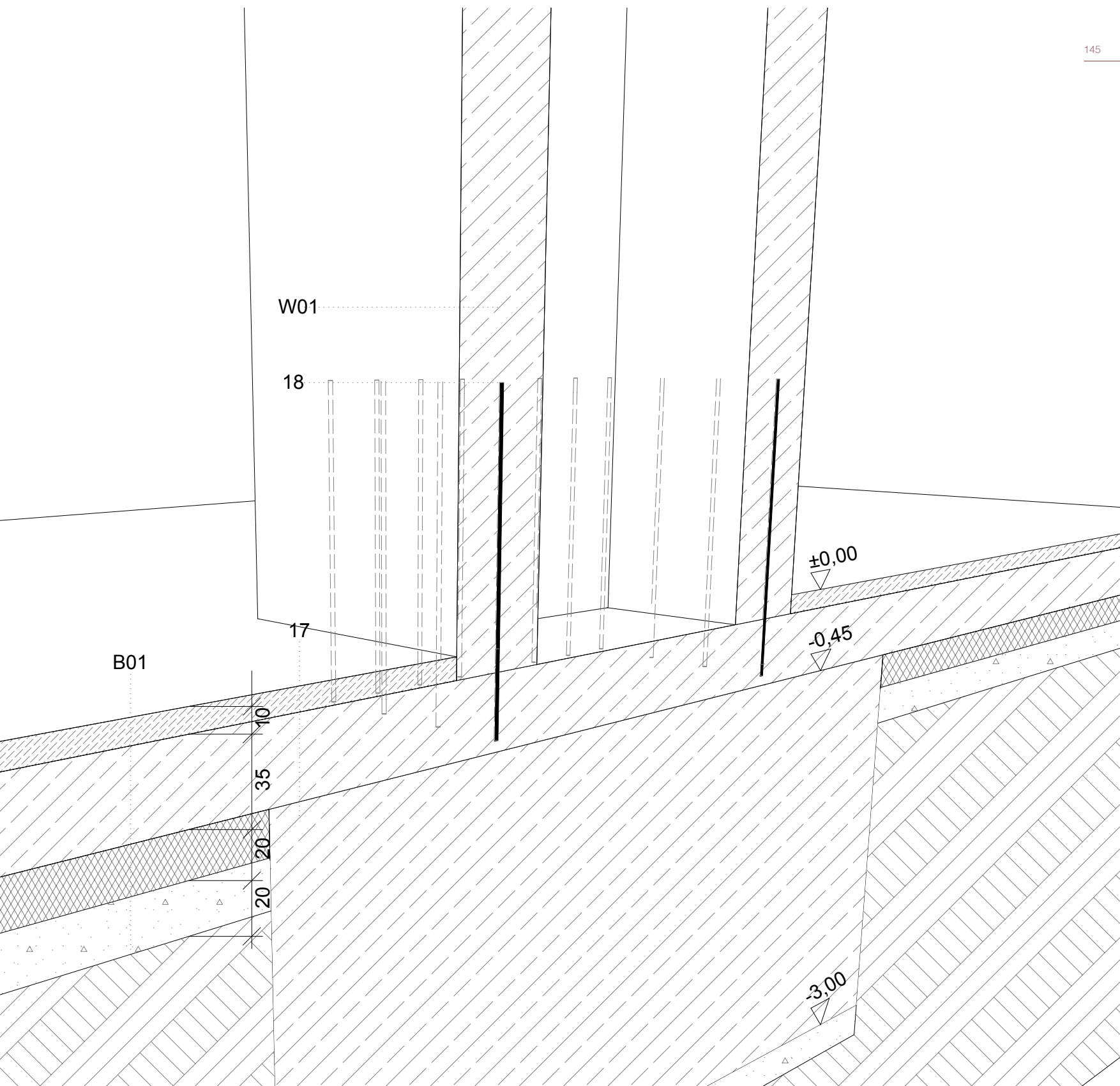


FUNDAMENT

144

- 17 Fundament 4,5x4,5x3,0m
- 18 Bewehrungseisen
- W01 25,0cm Stahlbeton
- B01 10,0cm Industrieestrich
 - Trennfolie
 - 35,0cm Stahlbeton
 - 20,0cm Glasschotterdämmung
 - 20,0cm Sauberkeitsschicht
 - Erdreich

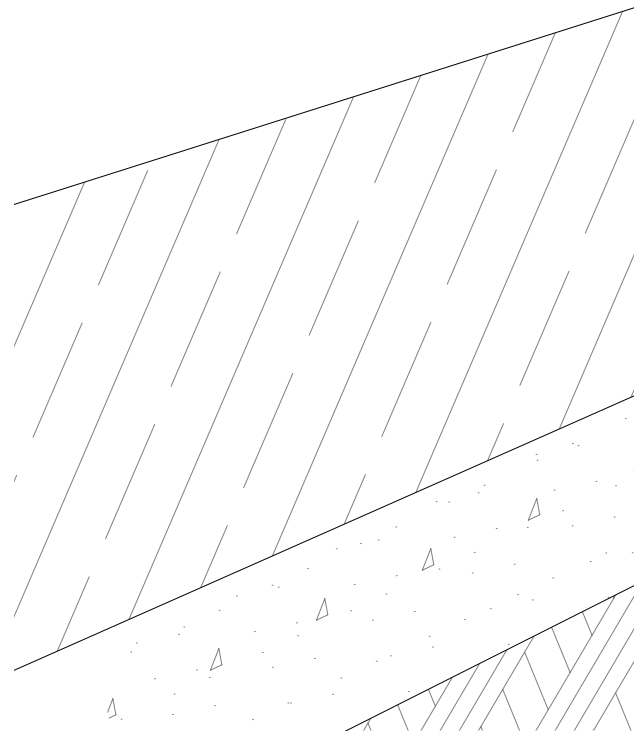
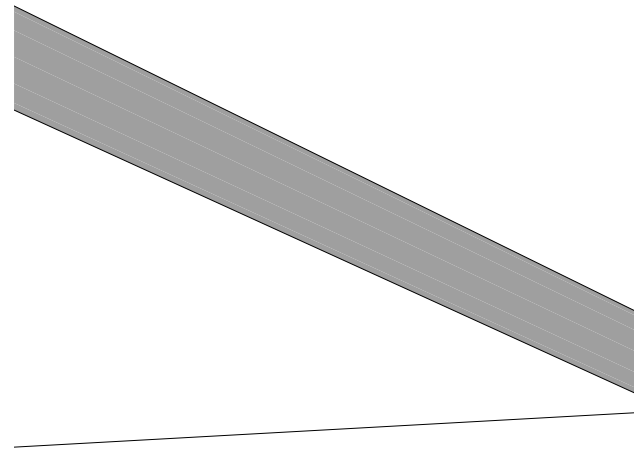


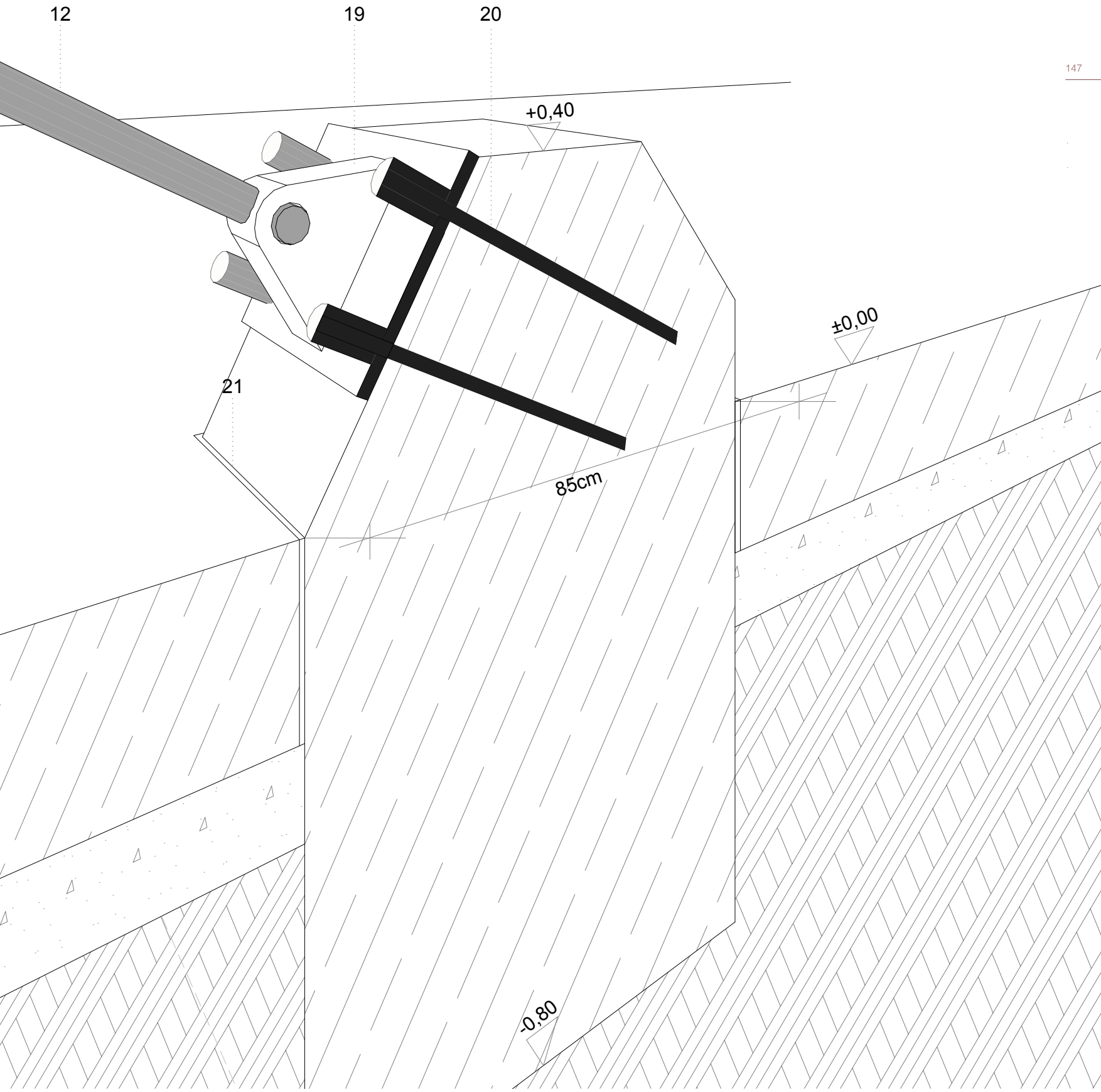


SCHNITT ANKER-ZUGSEIL

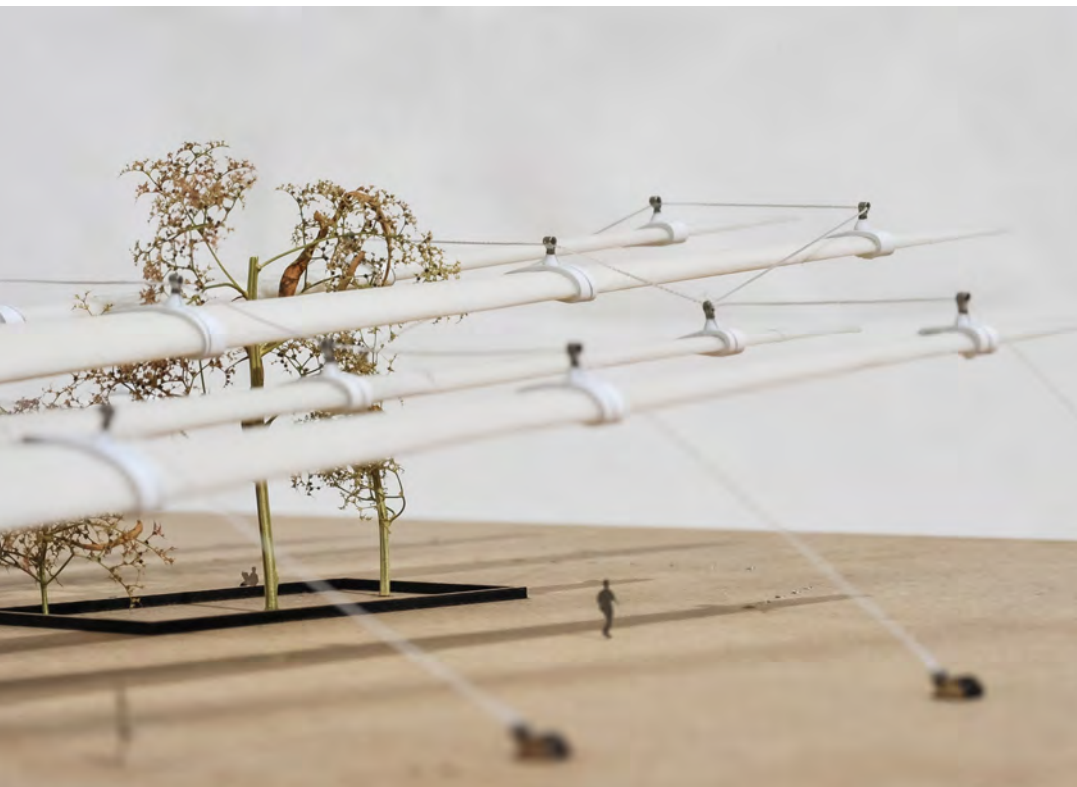
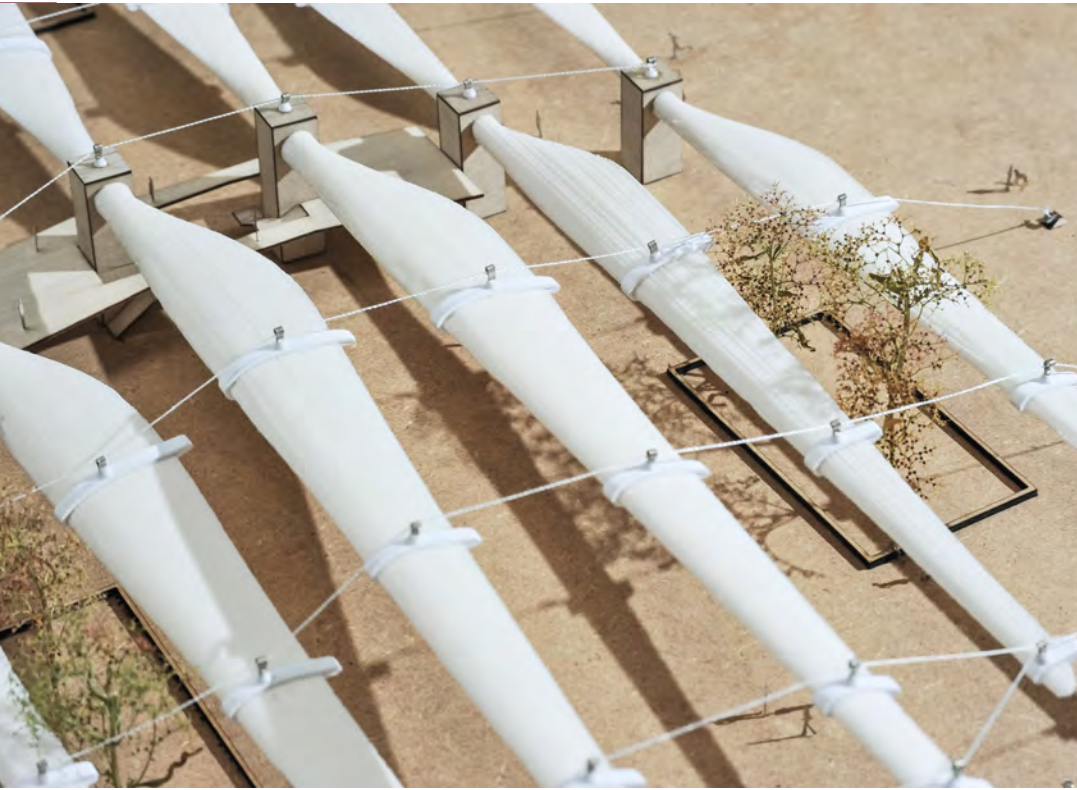
146

- 12 Zugseil \varnothing 4,0cm Stahl
- 19 Formteil Gusseisen
- 20 Anker Stahl
- 21 Bauteilfuge



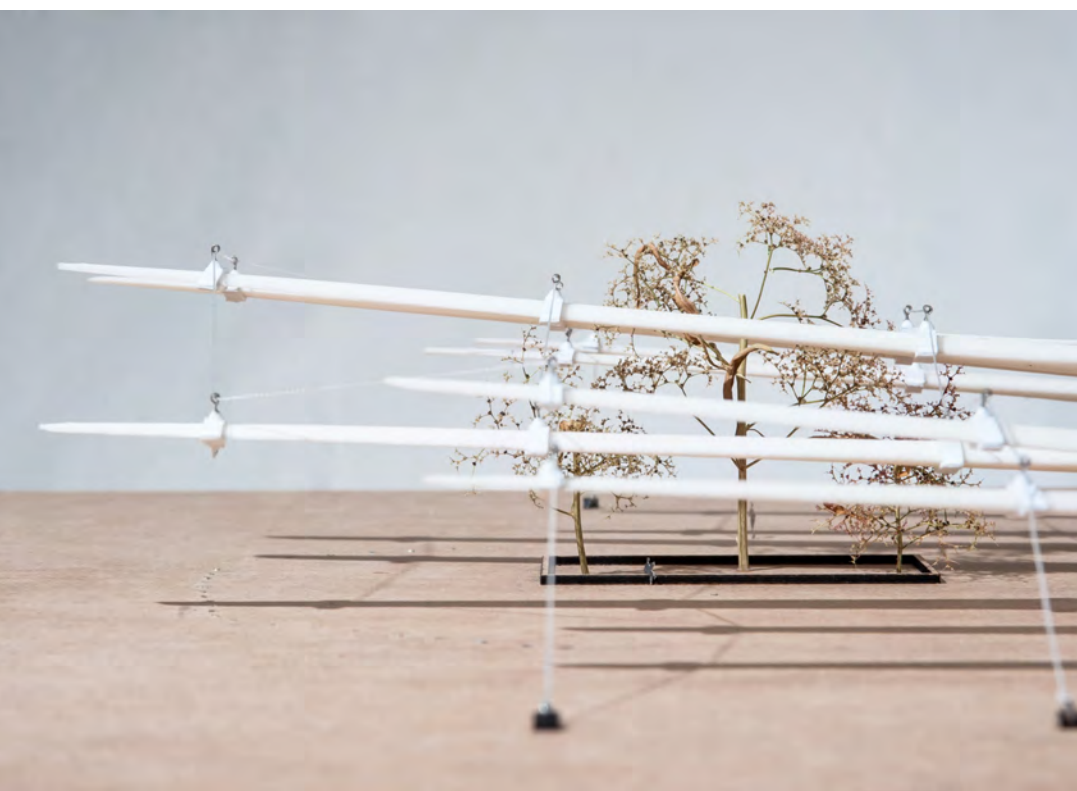
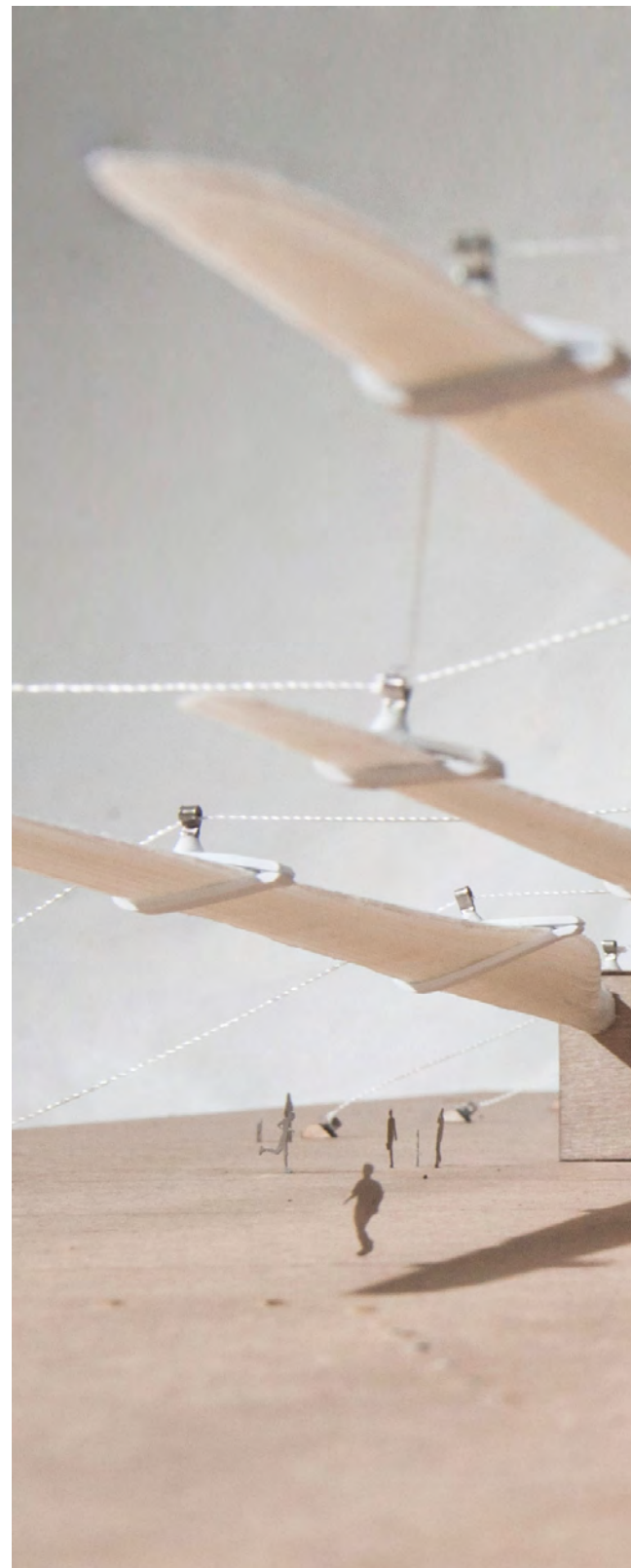


MODELL
ABBILDUNGEN
QUELLEN
ABRISS (DE)
ABSTRACT (EN)
EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG
DANKSAGUNG
LEBENS LAUF





MODELL

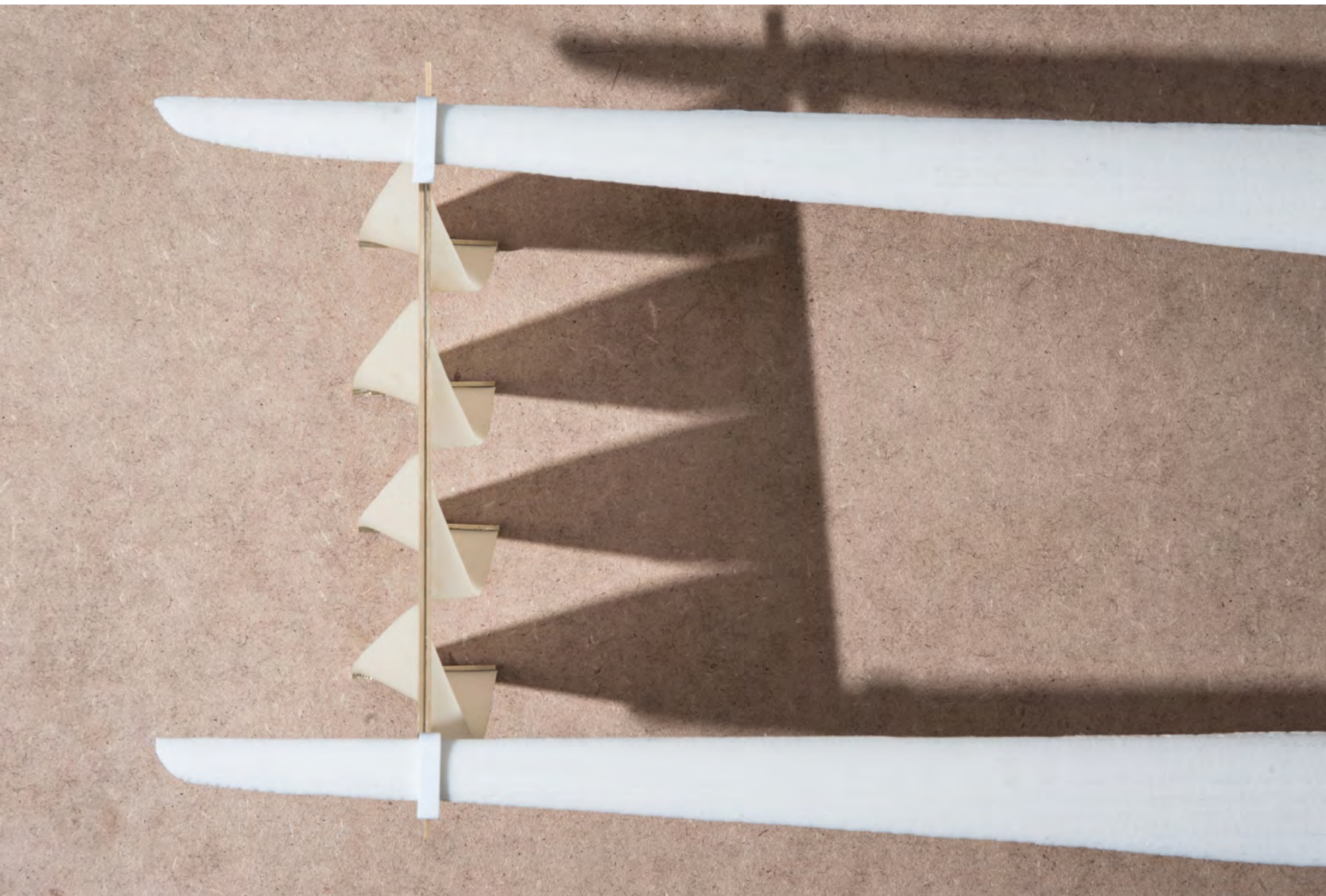












INHALT

RECHERCHE

- Abb.A Fledermaus
<http://www.sdw-oberursel.de/grosbild/alpenfleder-wind-150> ; Foto von Ana Jančar
- Abb. B Offshore, Windpark
http://www.noaaews.noaa.gov/stories2011/images/vattenfall-image_300.jpg
- Abb.1 Recycling
 eigene Skizze
- Abb.2 Recycling VS Primärherstellung
<http://www.ouche.org/DesignEcologies/wp-content/uploads/2013/12/Bildschirmfoto-2013-12-18-um-09.51.33.png>
- Abb.3 Upcycling
 eigene Skizze
- Abb. 4 Recycling, Granulat
http://www.rplast.de/uploads/pics/RPLAST_produktion_04
- Abb. 5 Upcycling
<http://www.andersdenken.at/wp-content/uploads/Upcycling-Plastic-Soda-Bottles-As-An-Urban-Garden-1-475x316>
- Abb.6 Spolien
 eigene Skizze
- Abb.7 Kirche, Capua
http://andreaszerndl.blogspot.co.at/2012_05_06_archive.html
- Abb.8 Turm, Capua
http://andreaszerndl.blogspot.co.at/2012_05_06_archive.html
- Abb.9 Domininformation, Aachen
<http://www.hahnheldenthiemann.de/projekte/kultur-sonderbauten/450-domininformation/450-domininformation-aachen.html#/1>
- Abb.10 Bahnhof, Luzern
http://www.maison-du-chapeau.ch/luzern/bahnhof_luzern_heute_2_gross
- Abb.11 Urban Mining, Grafik
<http://www.urbanmining.at/facts-figures>
- Abb.12 Urban Mining, Stadt
 2 Fotos zusammengesetzt
- Abb. 13 Aufbau, Holländer-Windmühle
 Erich Hau; Windkraftanlagen - Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit; Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2008; S.10
- Abb. 14 StGW 34 Windkraftanlage
<http://www.heiner-doerner-windenergie.de/win13>
- Abb. 15.1 Schema, Windkraftanlage
 eigene Skizze
- Abb. 15.2 Stellung Rotorblatt, Blattverstellung
 Erich Hau; Windkraftanlagen - Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit; Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2008; S.119; Bild 5.28
- Abb.16 Schema, Windkraftanlage
 eigene Skizze
- Abb.17 Fundament
<http://www.windpower-gmbh.de/bilder-windenergie/3-6-Fundament-WEA-Berching7-hi>
- Abb. 18 Turm
http://www.juwi.com/typo3temp/pics/web_S.10_ATS_01_a4f1f15510
- Abb. 19 Turm, Innen
<http://www.derwesten.de/img/incoming/origs4034456/2463732662-w552-h2700-/35574151-198x265>
- Abb. 20 Gondel
<http://www.rwe.de/web/cms/mediablob/de/46234/blowupData/1/blob>
- Abb. 21 Nabe
http://www.wwindea.org/technology/ch01/imgs/1_2_1_2_img3
- Abb. 22 GFK Matte
http://2.bp.blogspot.com/-GSEuT_sJmCI/T9oxyMKnKPI/AAAAAAAAAzU/mxil45yv2jU/s1600/221__fo to120611_07blog

- Abb. 23 CFK Matte
<http://www.bimmertoday.de/wp-content/uploads/Carbon-Fertigung-SGL>
- Abb. 24 Querschnitt Rotorblatt
eigene Skizze
- Abb. 25 NACA Profil
<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/screenshots/2763/original>
- Abb. 26 Tabelle, Kennwerte
siehe auch Quellen #¹²
- Abb. 27 Schwingungen Rotorblatt
http://www.aerofem.com/_/frontend/handler/image.php?id=318&width=640&height=480
- Abb. 28 Testanlage Rotorblatt
http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Projekt-Infos/2011/Projektinfo_15-2011/projekt_1511_03
- Abb. 29 Schaubild, Belastbarkeit
http://www.bine.info/fileadmin/content/News/2013/Bilder/130214_3_Beanspruchung_Rotorblatt.jpg
- Abb.30 Rotorblatt, Reste
www.erneuerbareenergien.de/der-kreislauf-schliesst-sich/150/475/28812/
- Abb.31 Rotorblatt, Reste
<http://gameon4biz.com/wp-content/uploads/2012/11/AFBG-blades>
- Abb.32 Größen Rotorblätter
http://scruss.com/talks/02009/peo_kingsway/pics/vestas-turbine_size.jpg
- Abb.33 Lagerung, Rotorblätter
<http://www.nok21.de/2012/05/21/brunsbuttel-wirtschaftsforderung-wirbt-bei-den-gesellschaftern-um-finanziele-beteiligung-25-millionen-euro-sollen-vom-land-fliesen/vestasrotorblatter45/>
- Abb. 34 XPS Dämmung
http://www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~de_DE/function/conversions-/publish/common/images/news_images/2008/08_470_large_
- Abb. 35 Glasschotterdämmung
http://img.archiexpo.de/images_ae/photo-g/schaumglasschotter-wall-bag-systeme-zur-drainage-unterirdischer-mauern-78710-5080649
- Abb. 36 ETFE
http://www.to-experts.com/wp-content/uploads/2011/01/1006258_519
- Abb. 37 PVC
http://www.atab.com/wp-content/uploads/2013/08/Opleiding_witte-daken
- Abb. 38 Vinyloop
eigene Skizze nach <http://www.sustainability-ed.org.uk/assets/vinyloop>
- Abb. 39 RC Beton
<http://www.baunetzwissen.de/imgs/7/1/0/1/7/3/fc7d9e549bdaa537>
- Abb. 40 Diagramm
eigene Skizze nach <http://www.bvfs.at/htm/pub/ww.gif>
- Abb. 41 Stahl, Knoten
http://www.szs.ch/user_content/editor/themes/News/stahlstruktur_knoten_510x369
- Abb. 42 Recycling Code
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Recycling-Code-40.svg/500px-Recycling-Code-40.svg.png>
- Abb. 43 Stahlschmelze
http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2010/innovationnews/300dpi/in20100106-02_300dpi
- Abb. 44 Zimmermannsmäßige Holzverbindung
<http://holzunddesign.files.wordpress.com/2012/08/jap2>
- Abb. 45 Mechanische Holzverbindung
<http://www.bauenmitholz.de/files/smthumbnaildata/800x600/7/3/8/3/6/2026100>
- Abb. 46 Zellulose
http://www.ok-haus.at/wp-content/uploads/2011/05/Zellulose_Hand
- Abb. 47 Schilfdämmplatten
http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/reeds-based-insulation-panels-105003-5451829
- Abb. 48 Strohdämmung
<http://www.strohhaus.at/images/200411287>

KONZEPT

- Abb. 49 Innenwandaufbau
eigene Skizze
- Abb. B Recycling Symbole
eigene Skizze
- Abb. 50 Papierhaus
<http://static.panoramio.com/photos/large/44010822>
- Abb. 51 Loblolly House
http://www.bustler.net/images/news2/Timberlake_2.jpg
- Abb. 52 Raum Zita Kern
http://www.artec-architekten.at/projects/14/high/zita-kern_web
- Abb. 53 Gasometer, Wien
<http://cranberriesworld.com/wp-content/uploads/2012/12/2012.11.29-venue-2>
- Abb. 54 Rotorblatt, Wind
http://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/power-generation/renewables/wind-power/pictures/technology/ blades/Aerolastically%20tailored%20blades_800x600px
- Abb. 55 Rotorblatt Transport
http---www.kamag.de/uploads-media-kamag-SCH-NIC-KAM_One_group_fits_all_photo_6
- Abb. 56 Rotorblatt Transport
<http://www.windpower-gmbh.de/bilder-windenergie/23-Lieferung-57m-Rotorblatt-Winnberg4-hi>
- Abb. 57 Rotorblatt Transport
<http://www.moz.de/fileadmin/media/images/articles/1012255358>
- Abb. 58 Rotorblatt offen
<http://www.produktion.de/wp-content/uploads/2012/07/siemens-windkraft-rotorblatt.jpg>
- Abb. 59 Obama looking at things
http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2010/corporate_communication/300dpi/SOAXX201008-03_300dpi
- Abb. 60 Zug
http://www.erneuerbareenergien.de/files/smthumbnaildata/1500x/2/5/7/7/8/3/ERE5_2013_wind_Titel_Bild2
- Abb. 61 Rotorblatt Transport
<http://static.maritimheute.de/wp-content/uploads/2012/05/Entwicklung-von-Standards-f%C3%BCr-Rotorblatt-fertigung>
- Abb. 62 Rotorblätter
<http://www.alstom.com/Global/Group/Resources/Images/Gallery/Power/Alstom%E2%80%99s%206MW%20Haliade%20offshore%20wind%20turbine%20Ostend9.jpg?h=&w=&maxheight=&maxwidth=&scale=upscalecanvas>
- Abb. 63 Rotorblatt, LKW
http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/palas-aerogeneradores-102145-3050491
- Abb. 64 Fertigung
http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/I_2012/themen_I12_14
- Abb. 65 Rotorblätter
http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2012/energy/wind-power/soew201204/300dpi/soew201204-04_300dpi
- Abb. 66 Stoßdämpfer
http://www.ostmotorrad.de/andere/jawa/typ353/rep/B45_3.gif
- Abb. D Rotorblatt, fliegend
eigene Skizze
- Abb. E Windkraftwerk Transparent
http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2011/renewable_energy/300dpi/soere201103-01_300dpi
- Abb. F Windkraftwerk Rotorblatt-Nabe
http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2012/photonews/300dpi/PN201209/PN201209-01_300dpi

ENTWURF

KONSTRUKTION

DETAIL

QUELLEN

1	http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/fledermaus-studie-platzgefahr-in-der-naehe-von-windrae-dern-11849659.html ; 04.02.14; 14:30 Uhr	INHALT
2	vgl. http://www.ara.at/d/presse/sammlung-und-verwertung-in-zahlen.html ; 29.03.2014; 10:30 Uhr	RECHERCHE
3	http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/abfall/behandlung/recycling/ ; 26.02.2014; 20:10 Uhr	
4	http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/upcycle ; 03.03.2014; 22:30 Uhr	
5	http://www.salvonews.com/story/upcycling-captures-the-zeitgeist--x67712x9.html ; 03.03.2014; 22:40 Uhr	
6	http://www.agr.at/glasrecycling.html ; 03.03.2014; 23:20 Uhr	
7	http://nihilnovi2010.blogspot.co.at/2010/07/spolien-im-mittelalter.html ; 04.03.2014; 21:27 Uhr	
8	http://www.hahnhelthenthiemann.de/projekte/kultur-sonderbauten/450-dominformation.html ; 15.03.2014 ; 16:30 Uhr	
9	vgl. Hans-Rudolf Meier, Marion Wohleben ; Bauten und Orte als Träger von Erinnerung - Die Erinnerungsdebatte und die Denkmalpflege ; vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2000, S.95	
10	http://www.duden.de/rechtschreibung/Spolien ; 29.03.2014; 11:15 Uhr	
11	http://www.rhein-main.net/sixcms/detail.php/rmn01.c.5050715.de ; 29.03. 2014; 11:30 Uhr	
12	vgl. http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_174772 ; O.Univ.Prof.Dr.Dipl.natw. Paul H. Brunner, TU Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft ; 10.03.2014; 16:00 Uhr	
13	http://www.urbanmining.at/glossar ; 08.03.2014; 16:00 Uhr	
14	http://www.weltderphysik.de/gebiet/technik/energie/gewinnungumwandlung/windkraft/historie-der-windenergie/ ; 03.03.2014; 18:37 Uhr	
15	Erich Hau; Windkraftanlagen - Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit; Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2008; S.241	
16	http://www.erneuerbareenergien.de/der-kreislauf-schliesst-sich/150/475/28812/ ; 20.03.2014; 15:00 Uhr	
17	http://www.erneuerbareenergien.de/der-kreislauf-schliesst-sich/150/475/28812/ ; 20.03.2014; 15:05 Uhr	
18	http://www.welt.de/print-welt/article290038/Die-Entsorgung-von-Windkraftanlagen-bereitet-Probleme.html ; 20.03.2014; 15:20 Uhr	
19	http://www.zeit.de/wirtschaft/2011-09/windrad-recycling/seite-2 ; 20.03.2014; 15:40 Uhr	
20	vgl. http://mediatum.ub.tum.de/doc/628377/628377.pdf ; 16.03.2014; 22:30 Uhr; S.1-2	KONZEPT
21	http://www.siemens.com/innovation/de/news/2010/recycling-von-stahl-wird-umweltfreundlicher.htm ; 16.03.2014; 14:40 Uhr	
22	http://reset.org/knowledge/cradle-cradle-recycling-rund-gemacht ; 23.04.2014; 17:30 Uhr	
23	http://www.springerprofessional.de/schlueselkomponente-rotorblaetter-laenger-effizienter-robuster/3793936.html ; 20.03.2014; 20:30 Uhr	
24	http://www.iwes.fraunhofer.de/de/Presse-Medien/Pressemitteilungen/2012/weltgroesstes-rotorblatt-zum-tes-ten.html ; 20.03.2014; 21:00 Uhr	
25	http://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/user/resnik/Diplomarbeiten/Voll/Schwingungen.htm ; 29.03.2014; 21:30 Uhr	

ABRISS

Das Thema meiner Masterarbeit ist der Entwurf einer multifunktionalen Hülle, deren Konstruktion aus recycelten Rotorblättern besteht. Schwerpunkte wurden dabei im Bereich Recycling und damit verwandten Begriffen gesetzt sowie deren Bezug zur Architektur hergestellt.

Um Glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK), das Material, aus dem Rotorblätter zum Großteil bestehen, besser zu verstehen und auch dessen Belastbarkeit überprüfen zu können, habe ich Modellversuche mit diesem Werkstoff durchgeführt.

Die Dachkonstruktion wurde aus statischen und gestalterischen Gründen schwingend bzw. beweglich ausgebildet. Daraus folgend musste die Fassade die Bewegung des Daches aufnehmen können.

Für die Detaillierung des Entwurfs wurden die einzelnen Bestandteile von Windkraftanlagen analysiert und an meinen Entwurf angepasst.

ABSTRACT

Main topic of my thesis is the design of a multifunctional shell made of recycled rotor blades.

Key aspects are the areas of recycling and similar concepts and how architecture can be connected with these ideas.

Rotor blades mainly consist of glass fibre reinforced plastics; therefore, I performed some tests with this material in order to be able to getting to know it better and to examine its toughness.

The roof construction was built vibrant and flexible due to static and visual reasons. As a result, the facade had to be able to handle these vibrations of the roof.

For the detailed drawings of my design individual components of wind power stations were analyzed and adjusted for my design.

Eidesstattliche Erklärung,

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt, und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form weder im In- noch im Ausland einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, am 01. April 2014

Robert Leitner

DANKE ...

... an Manfred Berthold und Karl Deix für die Betreuung

... an alle in den Kaffeehäusern und Gaststätten, die mich mit Rat und Tat unterstützt haben und mich vortrefflich ablenken konnten

... an Manuel für die Modellfotos

... an das Team von archisphere

... an die Turbine Wien, für die schönen Tore

... an die Firma HAGE, Obdach, für die Bereitstellung des 3D Druckers

... an meine Eltern, für ihre Geduld und dafür, dass sie mir dieses Studium erst ermöglicht haben

... an meinen Bruder, der mich die Sicht aufs Wesentliche nicht vergessen lässt

... an Silke, nicht nur für das Korrekturlesen, sondern auch für ihre Rücksicht und moralische Unterstützung

DATEN

Robert Leitner

Am Tabor 20-22/1/18, 1020 Wien
 Egidiweg 12, 8742 Obdach

20.07.1987
 Judenburg, Steiermark

leitner_robert@gmx.at

AUSBILDUNG

- 2010	Bachelor Architektur, TU WIEN
- 2005	Matura, BRG Judenburg
- 1997	VS, Obdach

BERUFLICHE
TÄTIGKEITEN

2005, 2006 (Sommer)	Sägewerk Pabst, Obdach
2008 (Sommer)	Berlinger Bau, Obdach
2009	Raum & Alles, Wien
2011	Ulrich Semler mag. arch., Wien
2012-	archisphere architects & designers, Wien

STUDIUM

2009	Installation, ORDINARY MAKES EXTRAORDINARY, TU Wien, Haupteingang
2010	Mitgestaltung der Ausstellung, BLUE AWARD, TU Wien
2011	Installation, EINSCHNITT, 3Raum Theater, Wien
2012	Anerkennungspreis, STRATEGIEN FÜRS LAND, TU Wien

