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

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

TU WIEN UB Universitätsbibliothek

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

TU WIEN

MASTER-/DIPLOMARBEIT

Die spinnende Stadt

Eine Architekturutopie für New York City

Spider City

An Architectural Utopia for New York City

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

Manfred Berthold
Prof Arch DI Dr

E253 - Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

Fanni Aliz Florian
Matr. Nr. 00748616
A 1030 Wien
Aspangstrasse 39/1/14

+43 680 315 30 39
fanni.aliz.florian@gmail.com

Wien, am _____
Datum

Unterschrift

Abstract (Deutsch)

In der vorliegenden Arbeit wird eine architektonische Zukunftsvision in New York City thematisiert. Die Ausgangssituation ist, dass die Stadt teilweise, auf Grund der Erhöhung des Meeresspiegels unter Wasser liegt, verursacht von der globalen Erwärmung. Wegen des hohen Wasserspiegels stehen die Wolkenkratzer im Business District in Manhattan leer.

Als Ziel der architektonischen Maßnahmen wird den nach wie vor wertvollen Leerständen eine zeitgemäße Nutzung gegeben und eine neue Art von Verbindung zwischen den Bestandsbauten geschaffen. Im Gedankenexperiment entsteht ein weitgehend geschlossener Energiekreislauf, sowie eine lokale Lebensmittelproduktion, die durch die Transformation des Bestands in eine Vertical Farm erreicht werden soll.

Der Neubau stellt formal, als auch funktional gesehen einen Gegenpol zu der Bestandsbebauung dar: An die formal und konstruktiv strengen Stahlskelettbauten wird eine Seilnetzkonstruktion angehängt, die mit ihrer organischen Formensprache an Spinnweben erinnert. Eine konstruktive Herausforderung dabei ist, die entstehenden Lasten durch das Stahlskelett der Bestandsbebauung abzuleiten, und den Neubau als hängende, vorgespannte Seilnetzkonstruktion mit einem unter dem Netz hängenden geschlossenen Innenraum auszuführen.

Eine der wichtigsten Bestrebungen ist es, qualitative Räume zu schaffen, anstatt nur Quadratmeter zu produzieren: es entstehen große Grünflächen, adaptierbare Räume, die den Nutzern eine Art freie Spielwiese bieten sollen, wo verschiedene Aktivitäten stattfinden können, wie Weiterbildung, temporäres Wohnen, Erholung, Workshops und künstlerische Entfaltung.

Abstract (English)

The present work deals with an architectural vision of the future in New York City. The initial situation is that the city is partially submerged due to the sea level rise caused by global warming. Because of the high water level, the skyscrapers in Manhattan's Business District are empty.

The aim of the architectural measures is to give the still valuable vacant buildings an effective use adapted to the new conditions and to create a new kind of connection between the existing buildings. During the experiment, a largely closed energy cycle will be created, along with local food production, which is to be achieved by transforming the existing buildings into a vertical farm.

Both formally and functionally, the new building represents an antithesis to the existing buildings: the tensile net construction, which is attached to the formally and constructively austere steel skeleton structures, is reminiscent of spider webs, and has an organic framework. A constructive challenge here is to transfer the resulting loads through the steel skeleton of the existing buildings and to construct the new building as a suspended, prestressed cable net construction with a closed interior space under the net.

One of the most important efforts is to create qualitative spaces instead of just producing square metres: the new building contains large green spaces and adaptable spaces that offer users a kind of free playground where various activities can take place, such as education, temporary living, recreation, workshops and artistic development.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 11

2. Situationsanalyse 13

2.1 Effekte des Klimawandels 15

2.2 Bauplatz in Manhattan 27

3. Ziele der Arbeit 36

4. Methodik und Arbeitsprogramm 39

4.1 Seilnetze und Membrane 41

4.2 Formfindungsprozess 55

4.3 Statische Analyse 79

5. Analyse, Synthese 87

5.1 Vertical Farming 89

5.2 Die Schräge in der Architektur 97

6. Resultat 109

6.1 Funktionsdiagramme 111

6.2 Konstruktion 121

6.3 Architekturentwurf 127

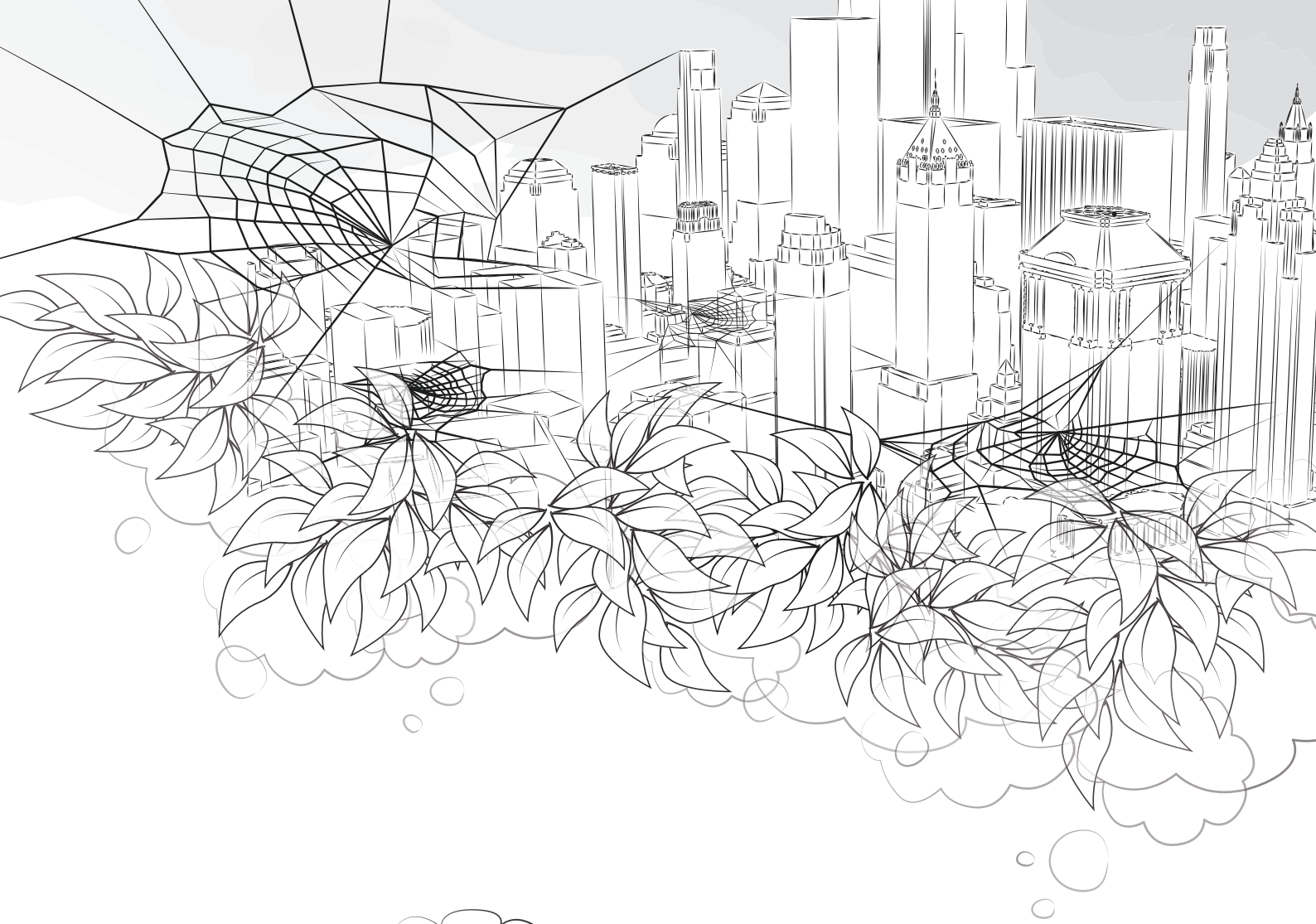
6.4 3D Detail und Materialien 159

6.5 Visualisierungen 169

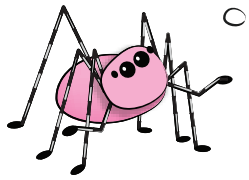
6.6 Modellfotos 183

7. Bewertung 187

8. Verzeichnisse 195



Wozu eigentlich,
diese Diplomarbeit?



1. Einleitung

Ich habe das Thema dieser Diplomarbeit gewählt, da ich die darin enthaltene Fragestellungen während meines Studiums bearbeiten wollte. Eine Abschlussarbeit bietet die perfekte Gelegenheit, Themen zu erforschen, die mich während meines Architekturstudiums fachlich, aber auch aus privaten Gründen interessiert haben.

Die Idee der Ausgangssituation von der überfluteten New York ist von dem aktuellen Thema des Klimawandels entstanden, dessen negative Effekte bereits heute spürbar sind. Als Architekt hat man besonders große Verantwortung die Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit in der Baubranche zu fördern und somit den Klimawandel und die Zerstörung der Umwelt entgegenzuwirken. Diese Arbeit ist ein eher unkonventioneller Beitrag zu dieser Diskussion, da er keine direkten Antworten liefern möchte, sondern eine Utopie zeigt, der über den Trümmern der alten Welt (also unsere Gegenwart) entsteht.

Es ist mir wichtig in meinen Entwurf Elemente zu integrieren, die für mich auch als Nutzer von öffentlichen Räumen und Gebäuden oft fehlen, wie zum Beispiel mehr Grünraum, freie Flächen, die mehr soziale Interaktion ermöglichen und flexibel gestaltbar sind, offene Räume, die zum Ausprobieren und zum Verweilen einladen, sowie ein spannendes Raumerlebnis, der aus allen Perspektiven betrachtet was Neues, ungewöhnliches zu bieten hat.

Um ein einzigartiges Raumerlebnis erreichen zu können, habe ich gewagt, das Thema der Seilnetzkonstruktionen und Membranen aufzugreifen, mit denen ich mich während meines Studiums nie eingehend befasst habe, aber wegen deren Leichtigkeit und Eleganz mich dennoch immer fasziniert haben.

Eine utopistisches Projekt bietet die Möglichkeit etwas grundsätzlich neues auszuprobieren und die Grenzen der Machbarkeit zu erforschen: Mein Ziel war eine Struktur zu entwerfen, für die es noch keine Beispiele gibt, weder gebaut, noch als theoretisches Konzept. Nach umfassenden Recherchen habe ich mich für das vorliegende Projekt entschieden, mit dem Risiko, dass meine Überlegungen vollkommen scheitern können. Mein Ziel war es, das Thema so gründlich, wie es möglich ist im Rahmen einer Diplomarbeit auszuarbeiten, mit der Gewissheit, dass es viele offene Fragen bleiben werden, auf denen ich vielleicht nur viel später eine Antwort finden kann.

Ich hoffe darauf, dass meine Arbeit auch andere Kollegen anregen wird, Fragen aufzuwerfen und diese auf einer ungewöhnlichen Art und Weise zu beantworten.

2. Situationsanalyse

2.1 Effekte des Klimawandels

2.2 Bauplatz in Manhattan

LAND IN SICHT!

2.1 **Effekte des Klimawandels**

Erhöhung des Meerespiegels

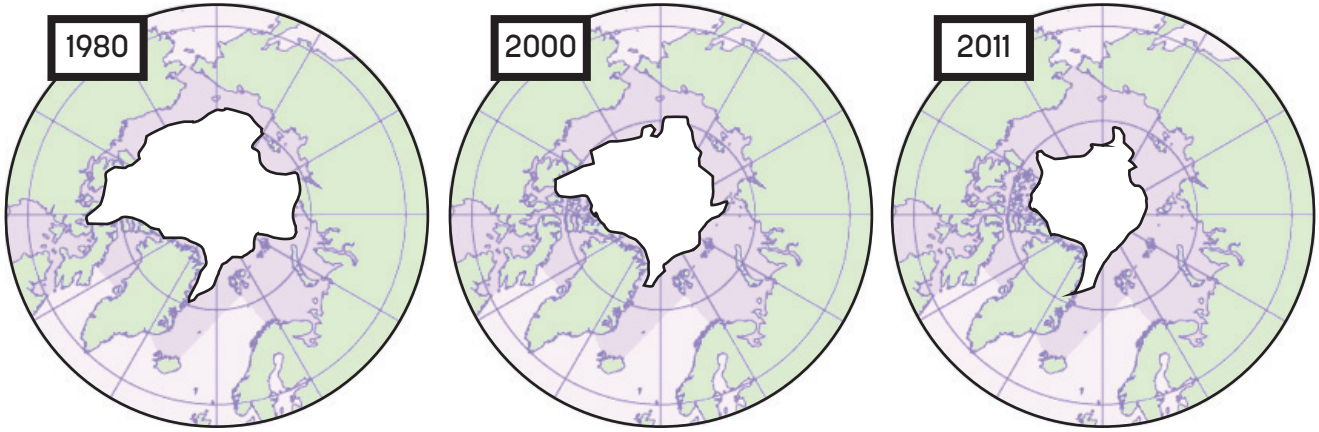
Globale Auswirkungen des Klimawandels

2.1.1 Erhöhung des Meeresspiegels

Es ist schwierig vorauszusagen, wie viel genau die schmelzende Eiskappen dazu beitragen werden, dass sich die Meeresspiegel erhöht. Es ist nämlich von vielen Faktoren abhängig, wie warme Meeresströmungen, Schwankungen der Temperatur in der Atmosphäre, und die Einwirkung der Gravitation.[1]

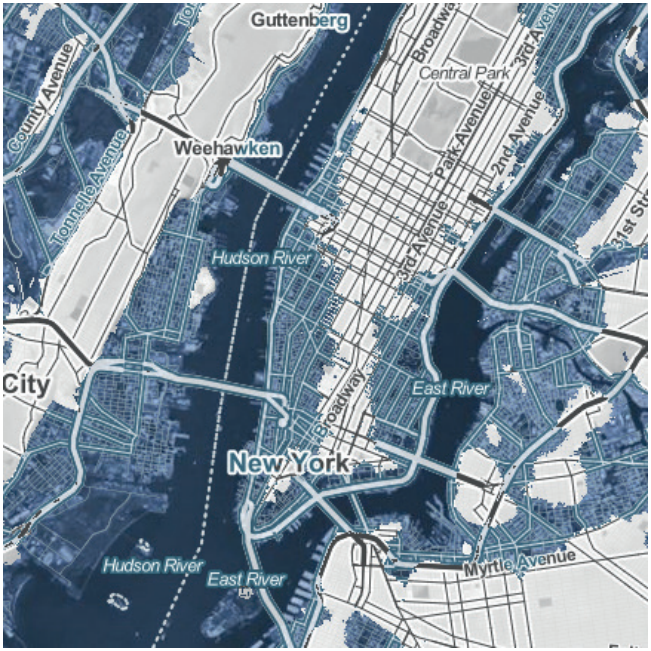
Momentan gibt es keine Studie, die voraussagen würde, dass die gesamten Eisreserven der Erde schmelzen würden. Würde es aber dazu kommen, würde sich der Meeresspiegel um etwa 70 m erhöhen. Nach einer globalen Temperaturerhöhung von 4 °C z. B. wird eine Erhöhung des Meeresspiegels um 2 m vorausgesagt, nach einer Kollapse des Westantarktischen Eisschilds könnte es sogar bis zu 5 m steigen. In manchen Bereichen der Erde, wie z. B. in Nordamerika würde dies eine Steigung der Seehöhe um 6,5 m bedeuten.[2] Allerdings ist es schwierig genaue Angaben zu treffen, da bei der Kalkulation sehr viele Faktoren zusammenspielen. (Siehe die Simulationen gegenüber, wo in der Region New York sogar eine Steigung der Seehöhen um 8,9 m vorausgesagt wird.)

Für eine global ungleichmäßige Verteilung der Wassermassen ist die Gravitation schuld: Die polare Eiskappen sind so massiv, dass deren Grav-



2.1.1. Kontinuerliche Schrumpfung des Grönland Eisschilds

2.1.2. Der Manhattan Halbinsel nach 2°C globalen Temperaturerhöung, und 4,7 m Steigung des Meeresspiegels - Simulation

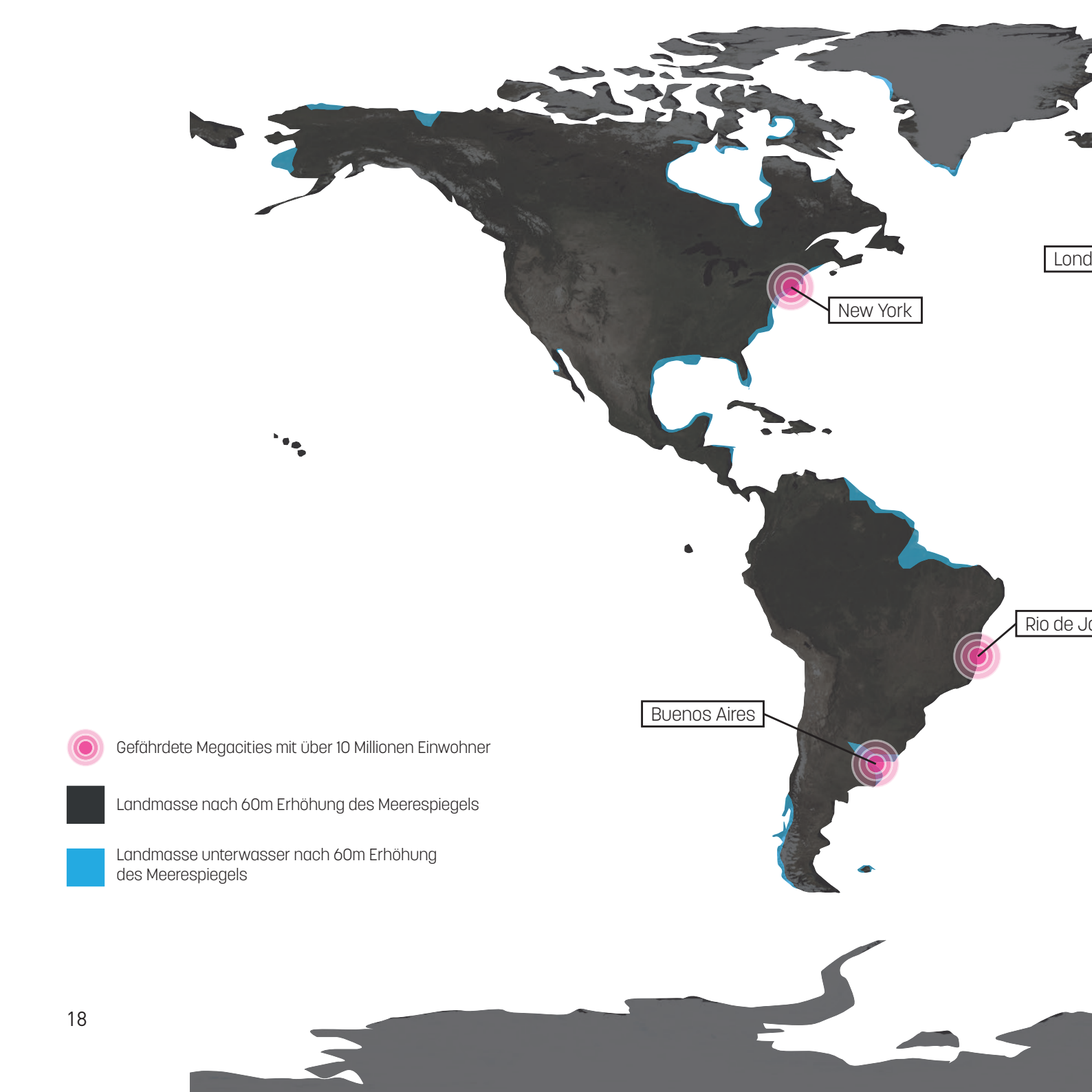


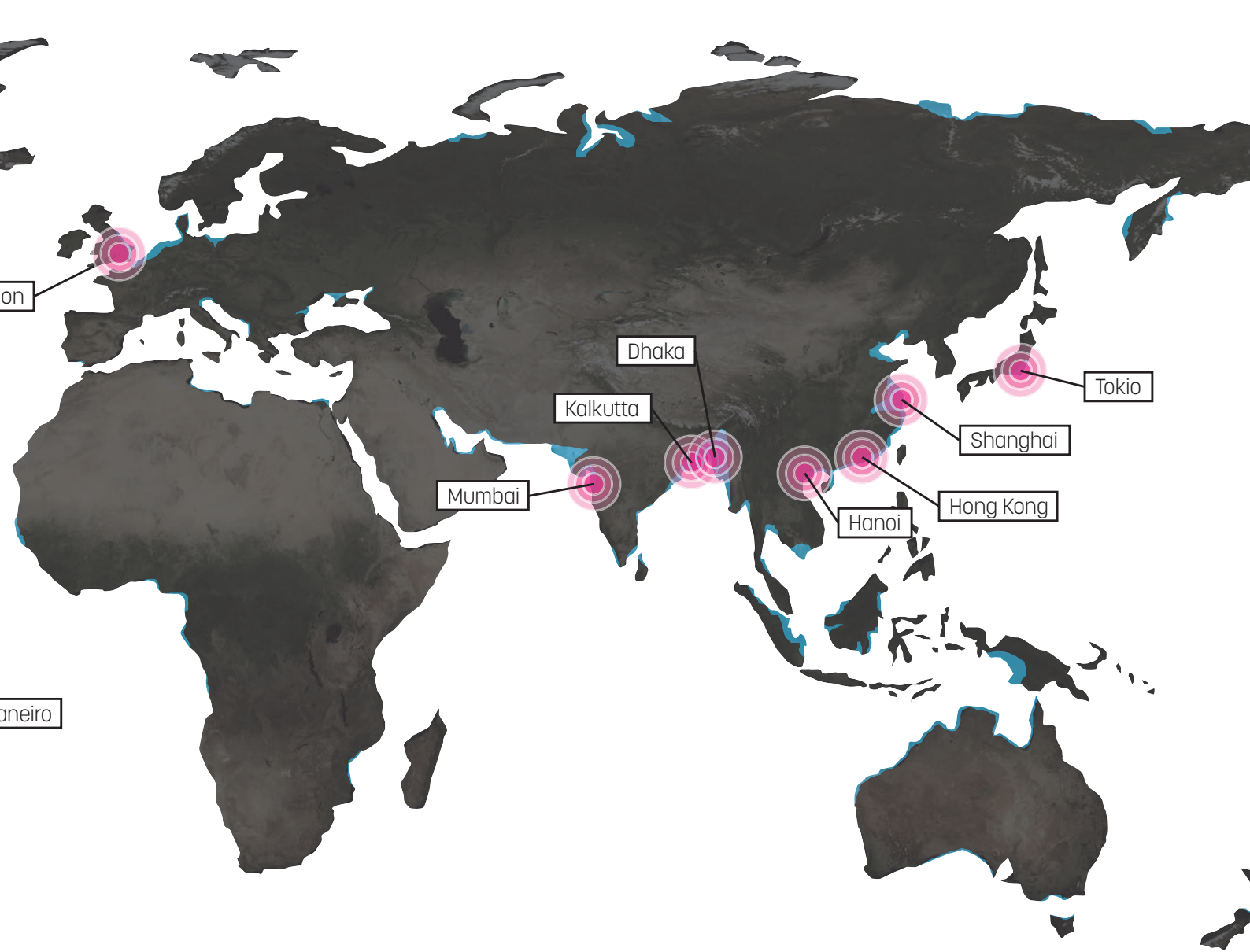
2.1.3. Der Manhattan Halbinsel nach 4°C globalen Temperaturerhöung, und 8,9 m Steigung des Meeresspiegels - Simulation

itation eine Einwirkung auf das Wasser in deren unmittelbare Umgebung hat. Wenn die Eisschilder schrumpfen, bedeutet das gleichzeitig eine Schwächung der Anziehungskraft, also während überall auf der Erde eine Erhöhung des Meeresspiegels zu beobachten ist, sind im Bereich Arktis und Grönland eine vergleichsweise niedrigere Seehöhe zu erwarten. Dieser Zustand trägt leider auch dazu bei, dass die Wassermassen näher dem Äquator in höhere Geschwindigkeit ansteigen.[3]

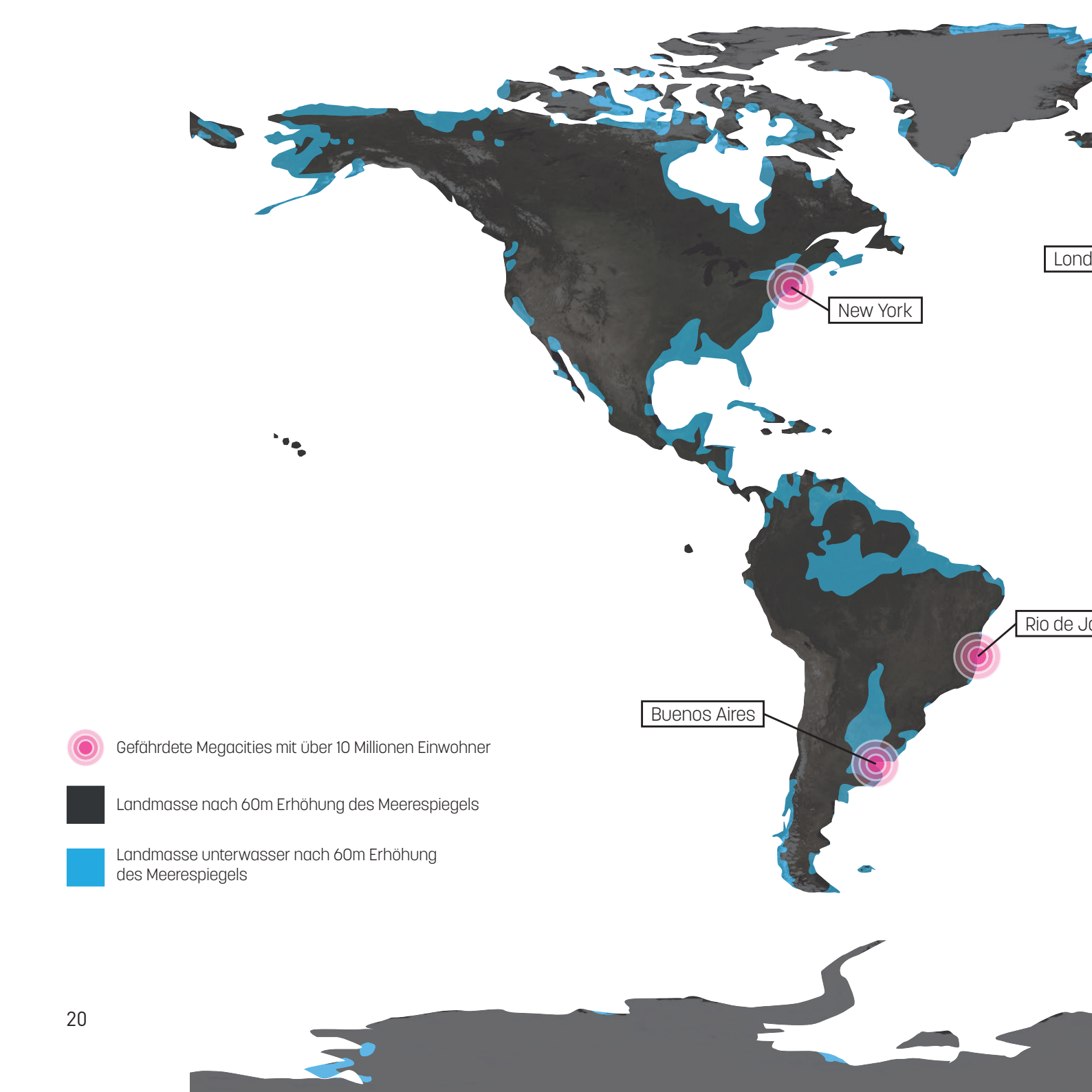
Die ungleichmäßige Erhöhung des Wassers würde einige Gebiete der Erde besonders hart treffen, dazu gehört z. B Nordamerika, sowie Inselsaaten in der Pazifik und im Indischen Ozean.[2]

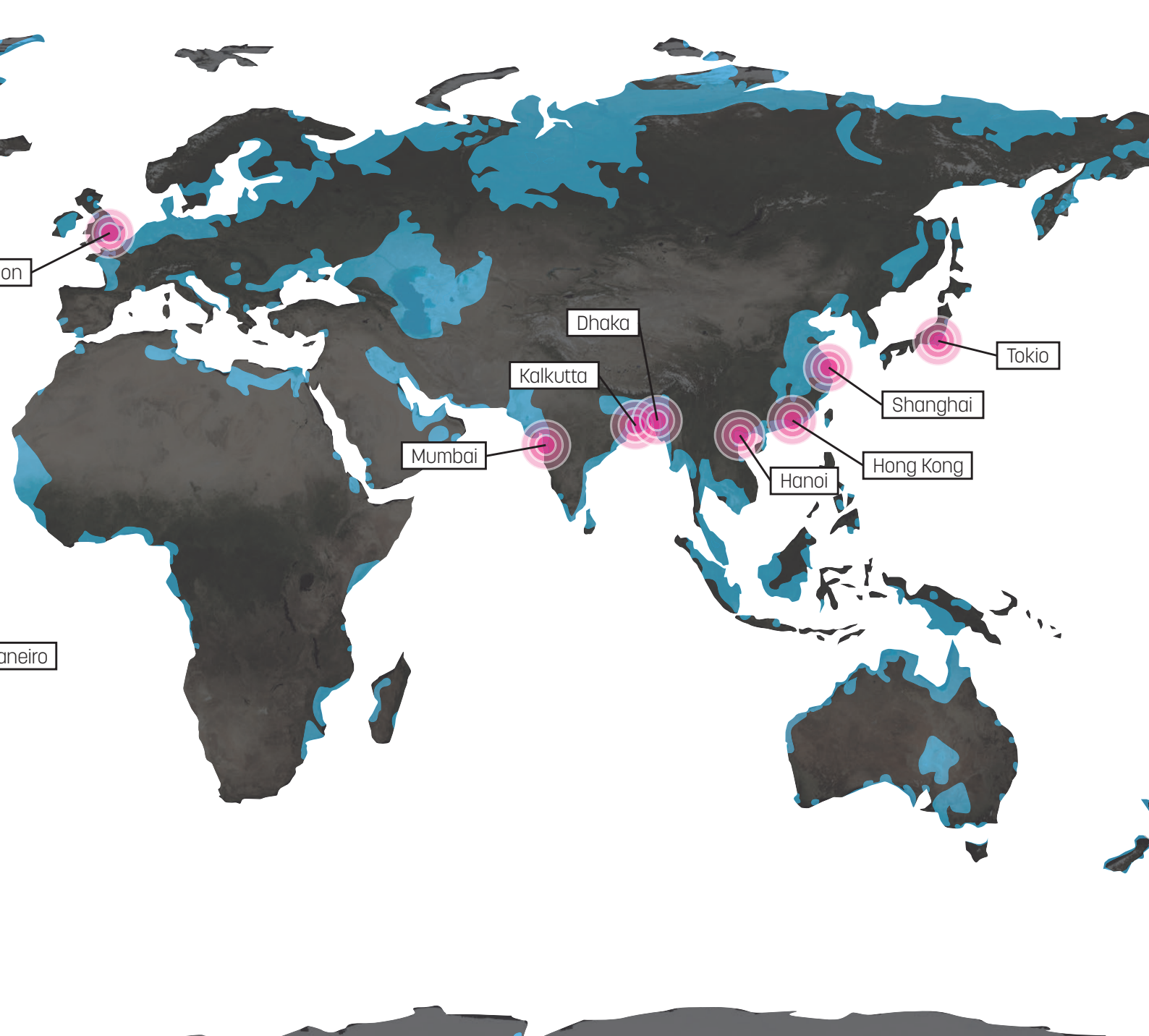
Neben Landmassen näher den mittleren Breitengraden sind auch niedrig liegende Gebiete gefährdet und können durch Erhöhung des Meeresspiegels sogar ganz von Karte verschwinden.[4,5]


Lond
New York
Rio de Ja
Buenos Aires
Gefährdete Megacities mit über 10 Millionen Einwohner
Landmasse nach 60m Erhöhung des Meerespiegels
Landmasse unterwasser nach 60m Erhöhung des Meerespiegels



2.1.4. Erhöhung des Meeresspiegels um 6 m


Lond
New York
Rio de Ja
Buenos Aires
Gefährdete Megacities mit über 10 Millionen Einwohner
Landmasse nach 60m Erhöhung des Meerespiegels
Landmasse unterwasser nach 60m Erhöhung des Meerespiegels



2.1.5. Erhöhung des Meeresspiegels um 60 m

2.1.2 Globale Auswirkungen des Klimawandels

Nach einer Prognose der UN-Habitat (Wohn- und Siedlungsprogramm der Vereinten Nationen) könnten im Jahre 2050 bereits 200 Millionen Klima-Flüchtlinge geben.[7] Heute leben mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in urbanen Ballungsräumen und diese Zahl wird in den nächsten Jahrzehnten auf zwei Drittel wachsen. Die hälfte dieser Bevölkerung lebt wiederum innerhalb von 60 km Umkreis der Meeresküste, da drei-Drittel aller Großstädte sich in Küstennähe befinden.[7]

Laut den Vereinten Nationen liegen 3.351 Städte in niedrigen, von Überflutung bedrohten Gebieten, und davon befinden sich eine Vielzahl der Städte in Entwicklungsländern.[8] Bis zum Jahre 2070 könnten bis 150 Millionen Menschen direkt vom Gefahr der Überflutung betroffen sein.[9]

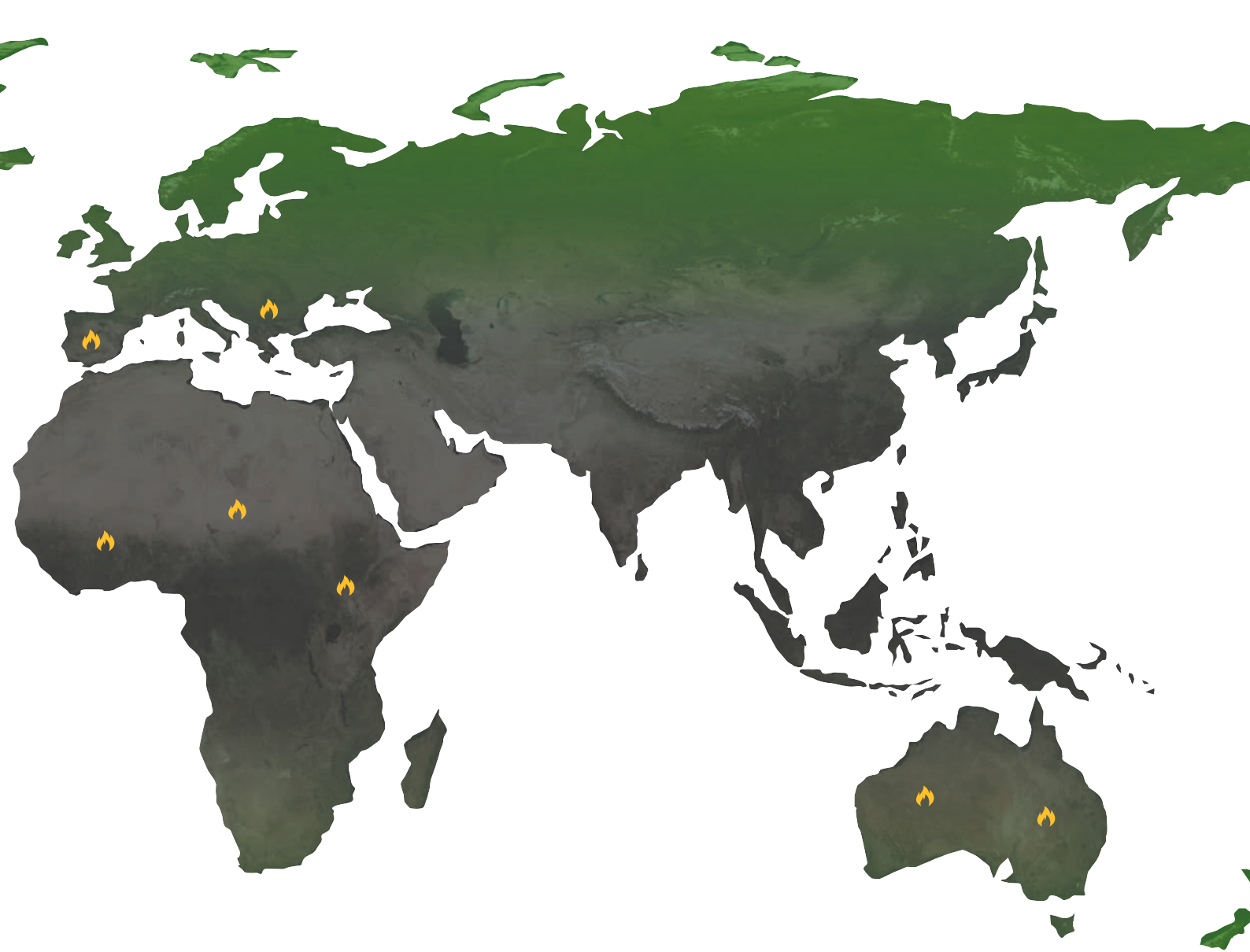
2.1.6. Überflutung in Jakarta, 2017

Davon leben Dreiviertel in Asien, vor allem in Küstengebieten des Indischen Ozeans, und an der Ost- und Süd-Ost Küste Asiens. Weitere stark gefährdete Gebiete sind in Afrika, karibische Insel, und kleinere Insel zerstreut im Indischen und Pazifischen Ozean.[10]

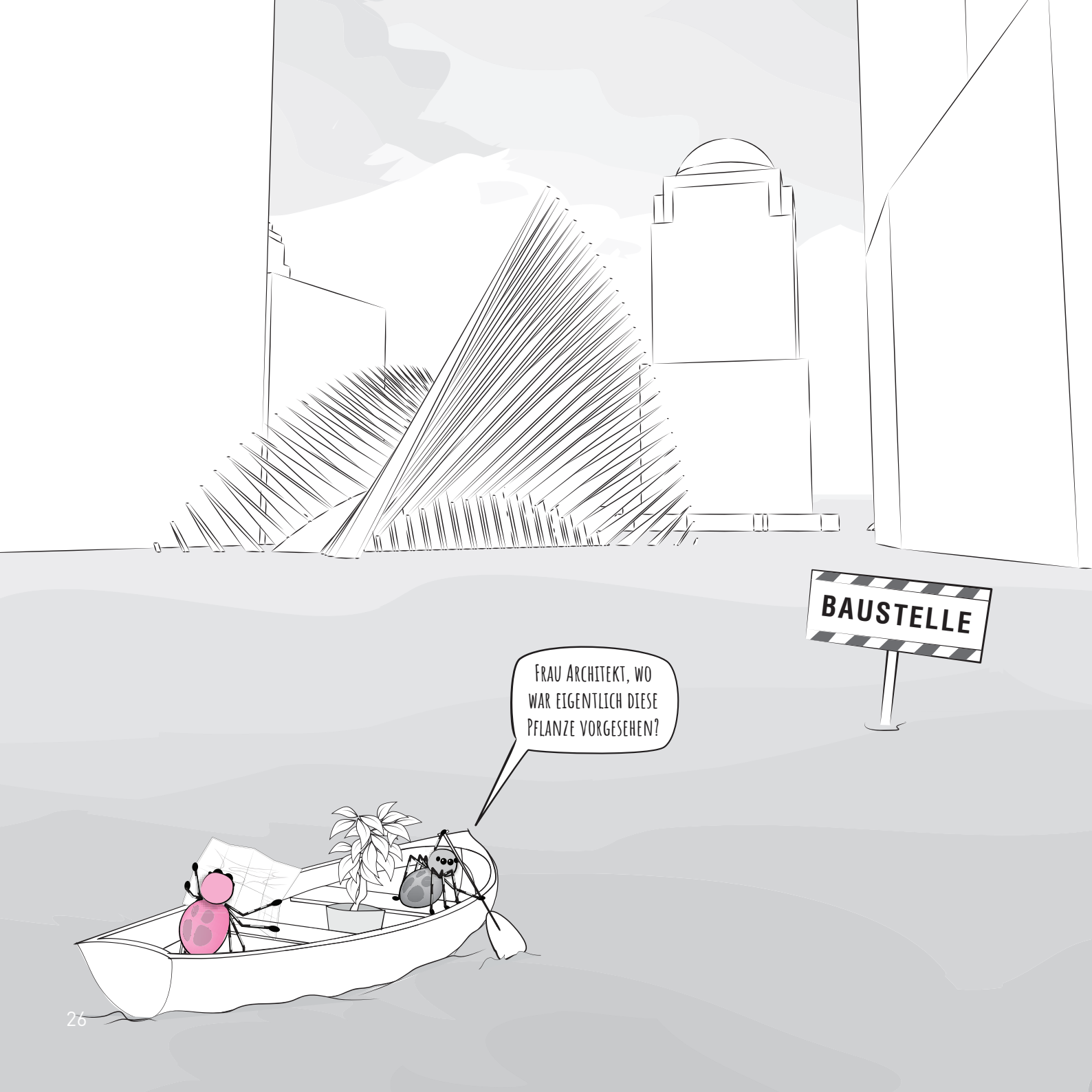
Entwicklungsländer sind besonders betroffen von den Effekten des Klimawandels, da weniger Ressourcen vorhanden sind, um Gegenmaßnahmen zu treffen. Die steigenden Temperaturen und Veränderung der Niederschlagsmengen beeinflussen die Erreichbarkeit von Nahrungsmitteln und Trinkwasser, was wiederum zu Hungersnöten und Steigung von Nahrungsmittelpreisen führt. Dadurch werden Spannungen ausgelöst, die einen negativen Effekt auf die internationale Sicherheit haben. Die erhöhte Häufigkeit von Wetterextremen fördern gesundheitliche Probleme, zerstören den internationalen Strom von Ressourcen und Gütern, und gefährden dadurch die globale Infrastruktur.[11]

2.1.7. Ausschnitte aus dem Film 10°C

New York
Bewohnbare, und für Landwirtschaftliche Nutzung geeignete Gebiete
Unbewohnbare Gebiete wegen gefährlichen Waldbrände



2.1.8. Bewohnbare und unbewohnbare Gebiete, 2100


BAUSTELLE
Frau Architekt, wo war eigentlich diese Pflanze vorgesehen?

2.2 **Bauplatz in Manhattan**

Manhattans Geologie

Analyse der Bebauung

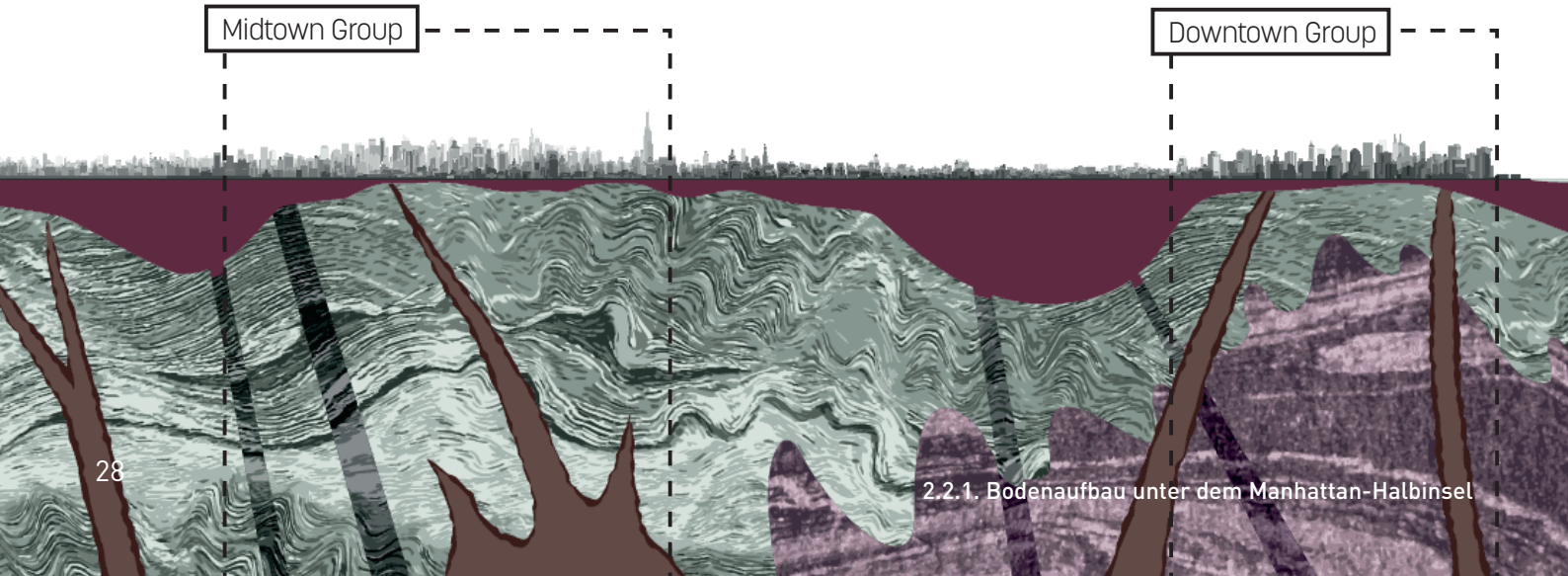
2.2.1 Manhattans Geologie

Die Geologie eines Ortes beeinflusst in vielen Fällen, wo Städte entstehen können, und welche gebaute Strukturen möglich sind. Solche Faktoren sind zum Beispiel der Zugang zu Wasserwegen und Handelsrouten oder auch die Beschaffenheit des Bodens.[1]

Im Fall von New York wurde die Entstehung von Wolkenkratzer in Manhattan durch einen alten Felsmassiv begünstigt, die sich unter der Halbinsel entlangzieht. Die Formation besteht aus harten, metamorphen Gesteinen, und ist Teil eines größeren Gebildes, den New England Upland. Die drei Gesteinssorten, aus denen die mehr als eine Billion Jahre alte Gebirgskette besteht, sind Schiefer (Manhattan Schist), Marmor (Inwood Marble) und Granit-Gneis (Fordham Gneiss).[1,2]

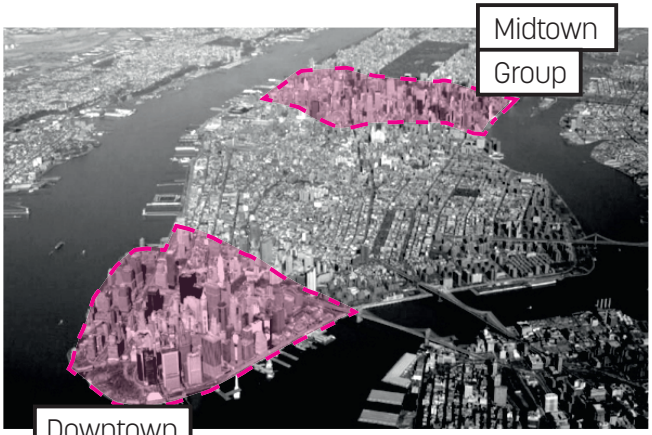
Im späten 19. Jh. war die Technologie bereits vorhanden, um hohe Wolkenkratzer zu bauen: Dicke Massivbauwände wurden durch die Entwicklung des Stahlskelettbaus abgelöst, und ermöglichten größere Gebäudehöhen. Auch die Erfindung von Sicherheitsaufzügen trug dazu bei, dass der vertikale Transport innerhalb den Gebäuden schnell und sicher wurde.[1]

Neben der technologischen Machbarkeit von Hochhäusern war ebenfalls wichtig, dass die dabei entstehenden hohen Belastungen in den Boden abgeleitet werden können, um ungleichmäßige Senkungen im Fundament vorzubeugen. In Manhattan entstanden zu der Zeit zwei große Gruppierungen von Wolkenkratzern, eines rund um den Wall Street, an der Südspitze des Hal-



2.2.1. Bodenaufbau unter dem Manhattan-Halbinsel

binsels, wo sich heute der Financial District befindet (Downtown Group), und ein zweites in der Nähe des Grand Central Station (Midtown Group). Die allgemein verbreitete Meinung ist, dass diese zwei Orte dadurch begünstigt worden sind, dass in den Bereichen der feste, felsige Boden sehr nahe zu der



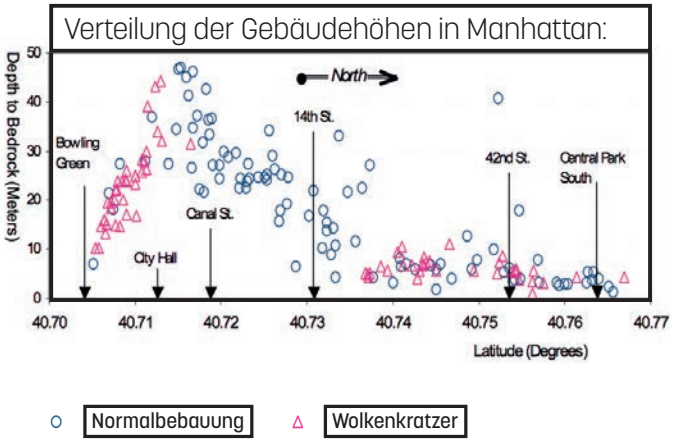
2.2.2. Häufung von Wolkenkratzern auf dem Manhattan-Halbinsel

Oberfläche liegt, obwohl im Laufe der Zeit auch andere sozioökonomische, finanzielle und wirtschaftliche Faktoren mitspielten.[1]

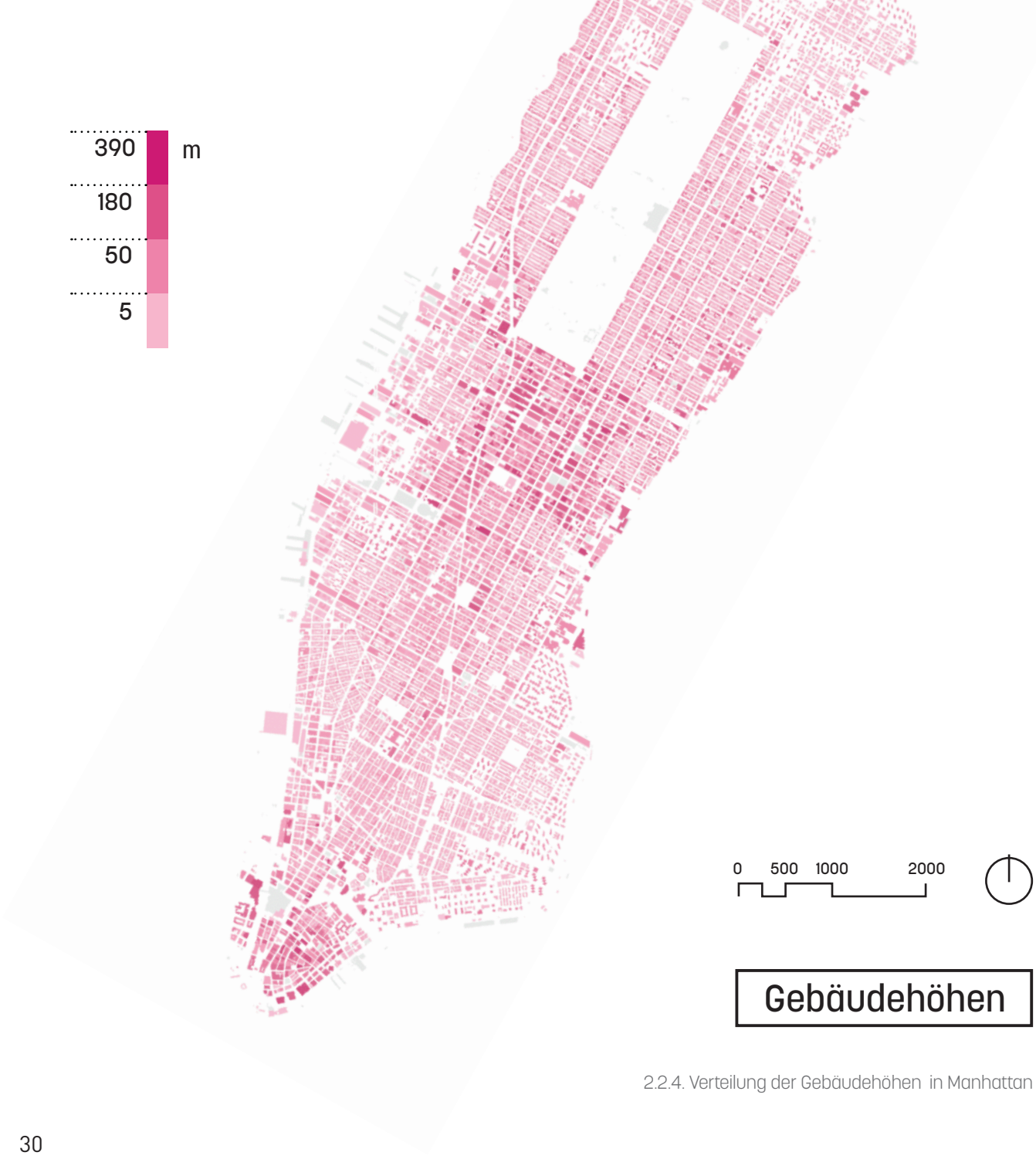
Zwischen Downtown und Midtown Group befindet sich ein „Tal", wo der Fels vier bis fünfmal niedriger liegt, und daher auch für das Fundament mehr in die Tiefe gegraben werden muss. Tatsächlich ist in diesem „Tal" bis heute eine vergleichsweise niedrige Bebauung vorhanden, obwohl heute ein tiefes Fundament keine technische Unmöglichkeit darstellt.[1]

An der südlichen Spitze von Manhattan befindet sich der felsige Untergrund an den höchsten Stellen bereits ca. 8 Meter unter der Erdoberfläche. Dieser Umstand kann trotz seiner sehr guten Tragfähigkeit des Bodens die Baukosten sogar erhöhen, da nicht genug Platz vorhanden ist für die Fundierung. In diesen Fall ist es nötig ein Teil der Felsen zu entfernen, was einen erheblichen Mehraufwand bedeutet.[1]

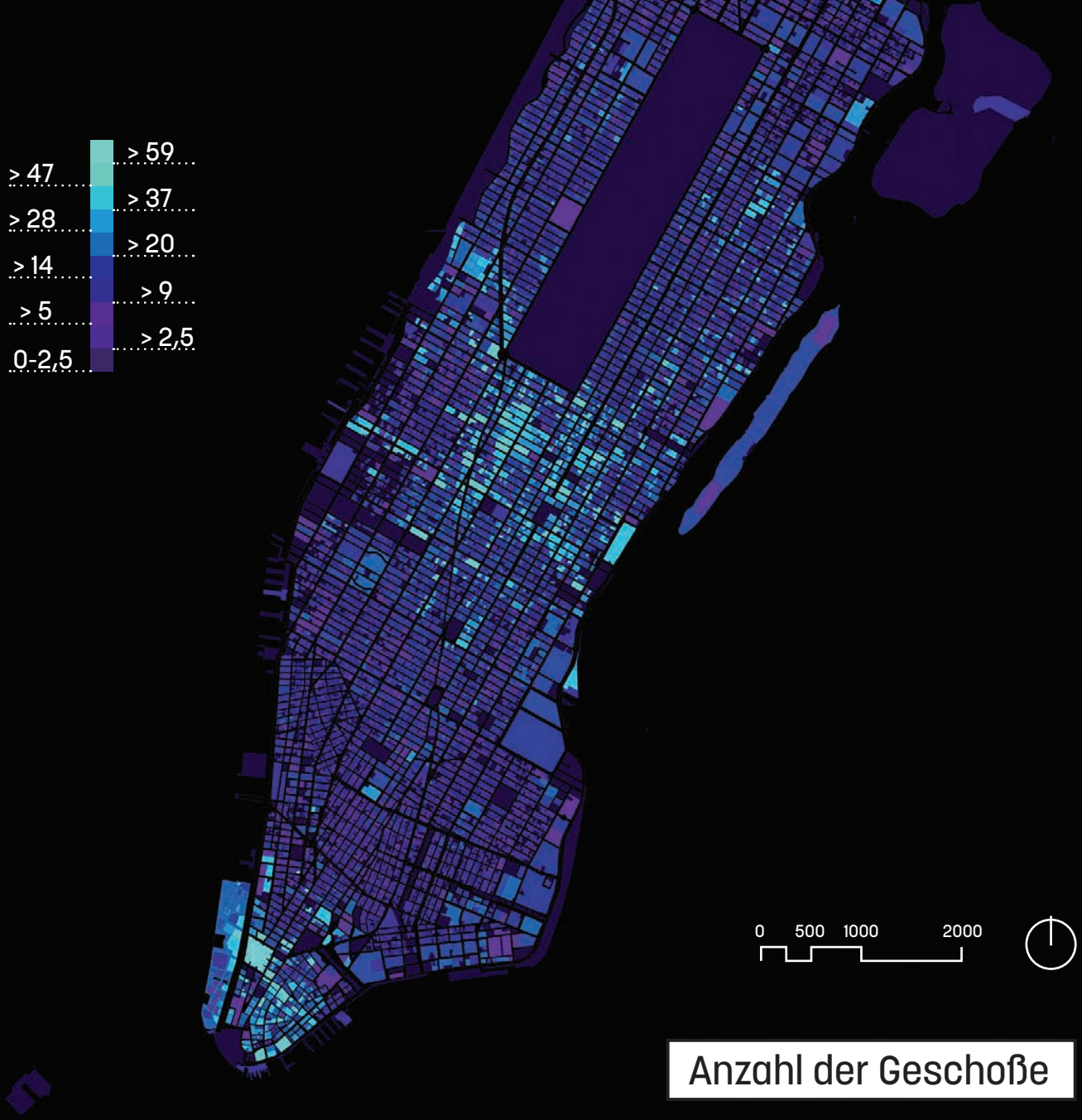
Weitere Probleme bedeutet bei der Ausbildung einer Baugrube, dass sich direkt über dem Fels ein nasser, sandiger Unterboden befindet, und bei der Fundierungsarbeiten Senkkästen eingesetzt werden müssen, um den Arbeitsraum trocken zu halten.[1]



2.2.3. Verteilung der Gebäudehöhen in Manhattan



2.2.4. Verteilung der Gebäudehöhen in Manhattan



2.2.5. Anzahl der Geschoße in Manhattan

2.2.6. Position der höchsten Wolkenkratzer in der Business District, Manhattan, Stand 2018

1

One World Trade Center

Geschoße:104
Dach: 417 m
Jahr: 2014

2

Four World Trade Center

Geschoße:72
Dach: 298 m
Jahr 2013

3

New York by Gehry

Geschoße:76
Dach: 265 m
Jahr: 2011

4

30 Park Place

Geschoße:82
Dach: 286 m
Jahr: 2016

5

The Trump Building

Geschoße:71
Spitze: 283 m
Jahr: 1930

6

70 Pine Street

Geschoße: 67
Dach: 259 m
Jahr: 1932

7

125 Greenwich Street

Geschoße: 88
Dach: 278 m
Jahr: 2019

8

115 Nassau Street

Geschoße: 47
Dach: 209 m
Jahr: 2016

9

118 Fulton Street

Geschoße: 63
Dach: 231 m
Jahr: 2018

10

Barclay Tower

Geschoße: 56
Dach: 205 m
Jahr: 2007

11

23 Park Row

Geschoße: 54
Dach: 211 m
Jahr: 2019

12

Woolworth Building

Geschoße: 57
Spitze: 241 m
Jahr: 1913

13

One Chase Manhattan Plaza

Geschoße: 60
Dach: 248 m
Jahr: 1961

14

60 Wall Street

Geschoße: 56
Dach: 227 m
Jahr: 1989

15

20 Exchange Place

Geschoße: 57
Dach: 226 m
Jahr: 1931

16

Three World Trade Center

Geschoße: 80
Dach: 329 m
Jahr: 2018

17

55 Water Street

Geschoße: 53
Dach: 209 m
Jahr: 1972

18

Seven World Trade Center

Geschoße: 52
Dach: 227 m
Jahr: 2006

19

Goldman Sachs World Headquarters

Geschoße: 43
Dach: 229 m
Jahr: 2010

20

Three World Financial Center

Geschoße: 51
Spitze: 225 m
Jahr: 1986

21

One Liberty Plaza

Geschoße: 54
Dach: 227 m
Jahr: 1973

22

HSBC Bank Building

Geschoße: 52
Dach: 210 m
Jahr: 1967

23

50 West

Geschoße: 65
Dach: 239 m
Jahr: 2017

24

One New York Plaza

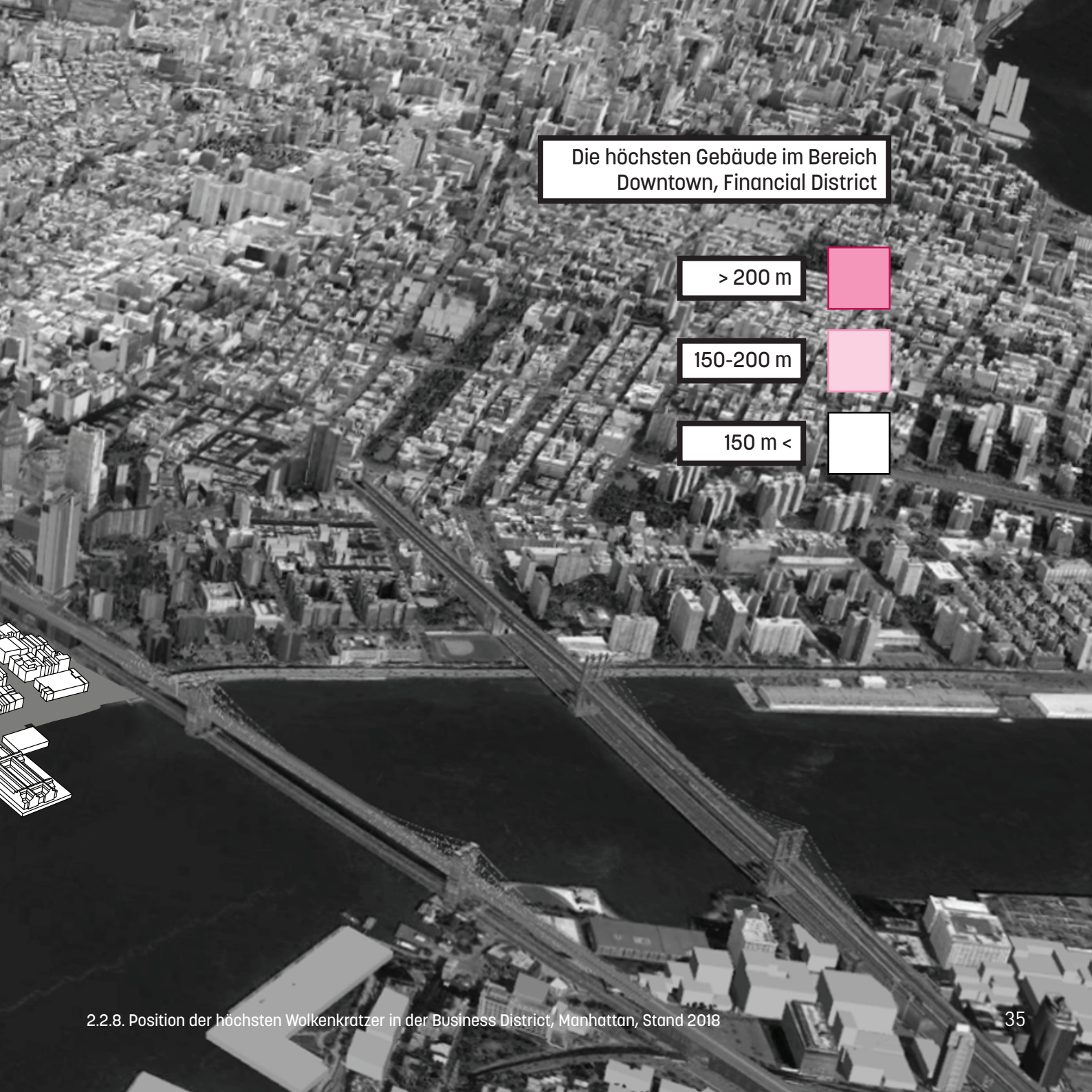
Geschoße: 50
Dach: 195 m
Jahr: 1969

25

Two World Trade Center

Geschoße: 82
Spitze: 403 m
Jahr: 2018

2.2.7. Die höchste Gebäude in Manhattan, Business District, Stand 2018



2.2.8. Position der höchsten Wolkenkratzer in der Business District, Manhattan, Stand 2018

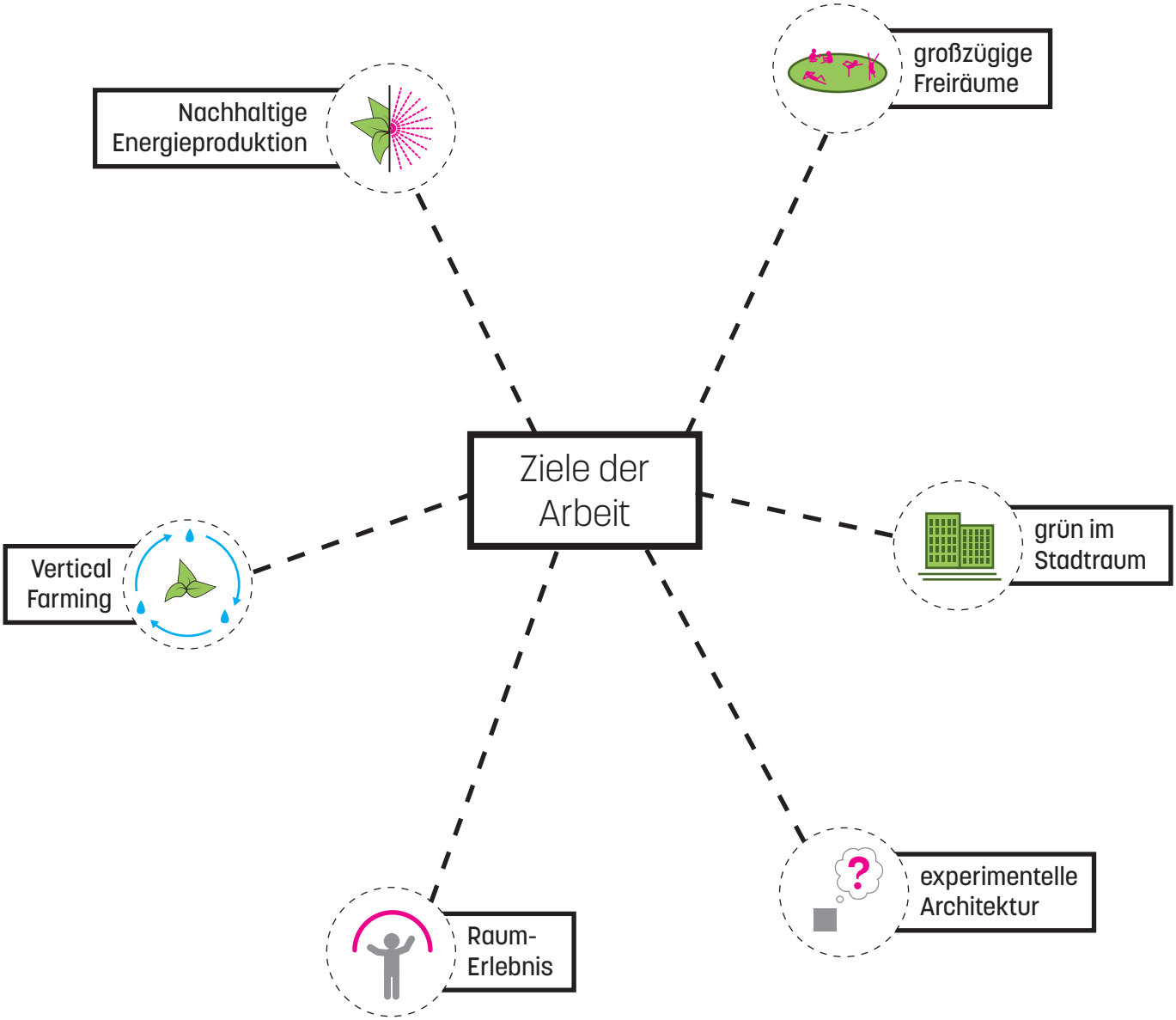
3.1 Ziele der Arbeit

Die Effekte des Klimawandels treffen am härtesten vor allem Städte in Entwicklungsländern. Für wohlhabende Städte wie New York existieren bereits eine Vielzahl von Plänen, wie man die Stadt von einer Überflutung schützen könnte. Städte im Fernen Osten werden die negativen Effekte viel früher zu spüren bekommen. Ein hoher Anpassungsbedarf besteht aber nicht nur Entwicklungsländern in Asien oder Afrika, sondern auch in Europa, wo unter anderem auch Großbritannien und Frankreich in großer Gefahr sind.

Weshalb thematisiere ich also New York? Wenn New York unter Wasser liegt, impliziert, dass in der Welt, die ich zeige bereits das schlimmste Szenario eingetroffen ist, und alle gefährdeten Städte überflutet worden sind. Am schwierigsten ist wohl vorzustellen, dass New York, der globale Finanz- und kulturelles Zentrum, dass im Moment unzerstörbar scheint, einmal (zum Teil) unter Wasser liegen wird.

Diese Ausgangssituation bietet eine Vielzahl von Möglichkeiten, die ich im Rahmen der Diplomarbeit erforschen möchte. Einerseits strebe ich an, ein System der lokalen Landwirtschaft und nachhaltigen Energieproduktion in meinen Entwurf integrieren, die ohne große Transportwege und Umweltbelastung auskommt.

Andererseits möchte ich eine komplexe Struktur erschaffen, mit Anwendung neuester Technologien und Forschungsergebnissen an den Grenzen der Machbarkeit. Dabei sollen großzügige Räume mit hoher Qualität und Erlebnispotenzial entstehen, die in gewisser Weise ein Gegenpol zu den Striktheit der Bestandsbauten darstellt. Ein wichtiger Punkt ist ebenfalls die Natur in den Entwurf einzubringen, die mit organischen Formen und der direkten Integration von Vegetation erreicht werden soll. Die Struktur sollte außerdem den Nutzern eine hohe Flexibilität und Gestaltungsfreiheit bieten.

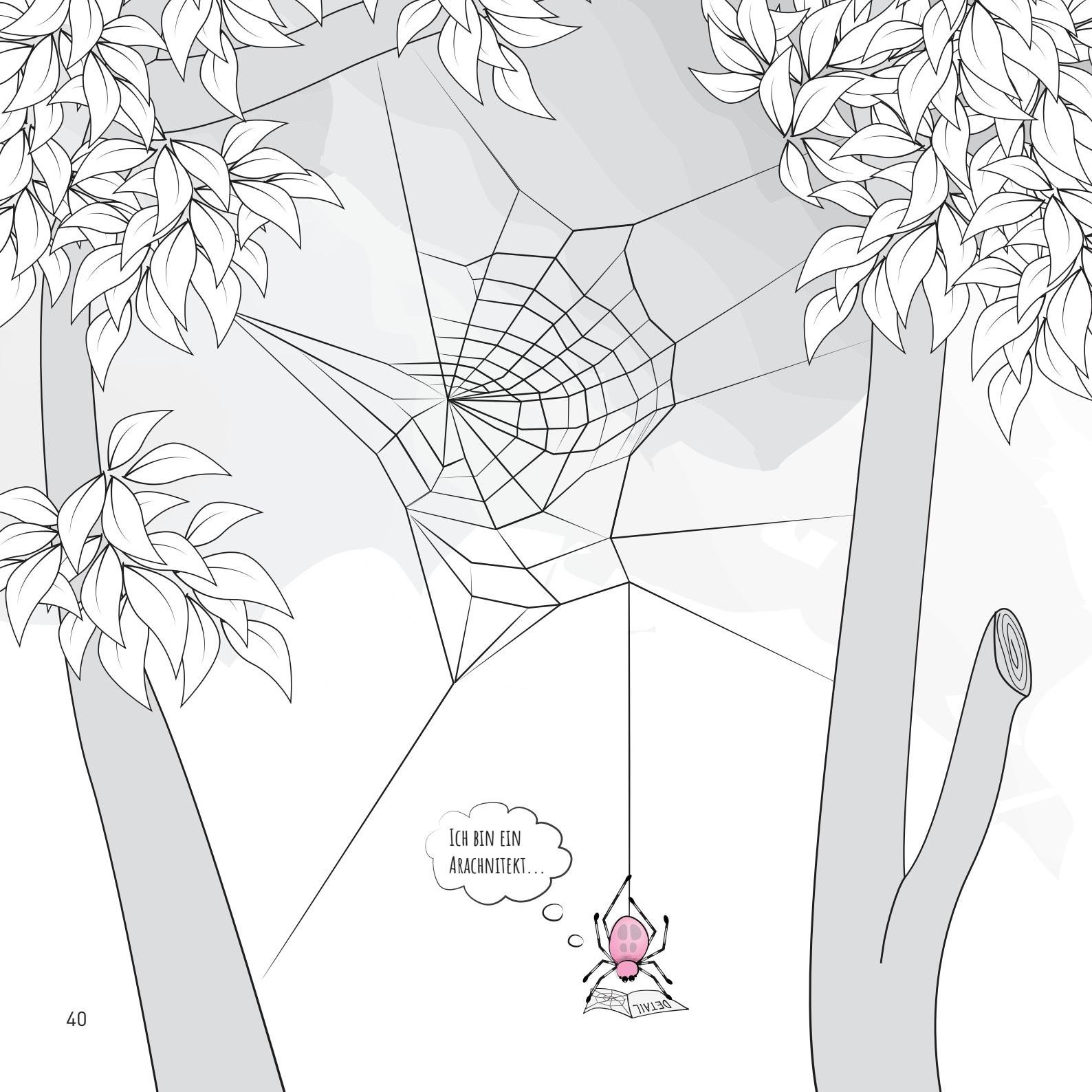


3.1.1. Zusammenfassung der Ziele

4. Methodik und Arbeitsprogramm

4.1 Seilnetze und Membrane

4.2 Formfindungsprozess


Ich bin ein Arachnitekt...
DETAIL

4.1 **Seilnetze und Membrane**

Seilnetze und Membrane in der Architektur

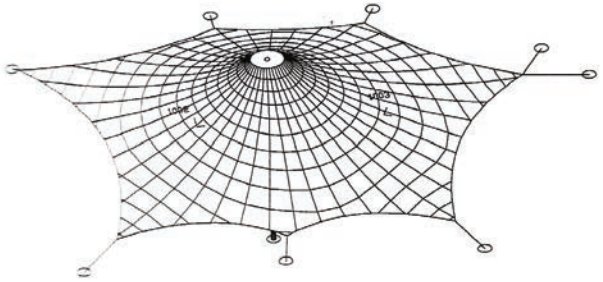
Spinnennetz-Architektur

Spinnennetz-Simulation

4.1.1 Seilnetze und Membrane in der Architektur

„Durch sparsame Anwendung hochwertiger Baustoffe und durch Ausnutzung der Trageigenschaften räumlicher Systeme entstehen leichte, bewegliche Bauwerke ohne wesentliches Eigengewicht. Die Konstruktion schrumpft auf das unbedingt Notwendige zusammen.“

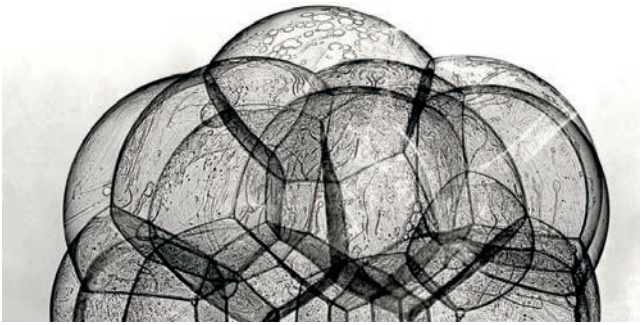
Frei Otto



4.1.1. Hofüberdachung, Marientor in Naumburg, Deutschland

Flächentragwerke sind Elemente, deren Dicke im Verhältnis zu den Seitenlängen viel kleiner ist. Dadurch sind Konstruktionen mit sehr geringem Eigengewicht möglich.[1,2]

Das Tragwerk der Membranarchitektur besteht aus Stützen, Seilen, und textilen Membranen. Um den einwirkenden Belastungen entgegenzuwirken (z.B. Wind) wird der Membran durch Seilen und Stützen vorgespannt. Das Membrantragsystem kann nur auf Zug beansprucht werden, nicht aber auf Druck und Biegung, woraus auch die geringen Materialstärken resultieren. Unter den zweifach gekrümmten Membranflächen unterscheidet man gleichsinnig gekrümmte (synklastische) und gegensinnig gekrümmte (antisynklastische), je nachdem, wie deren Hauptkrümmungslinien verlaufen. Gleichsinnig doppelt gekrümmt ist z.B. eine Kugeloberfläche, die in der Architektur z. B. mit Pneus nachempfunden wird. Gegensinnig doppelt gekrümmte Flächen sind z. B. Sattelflächen und HP-Flächen.[1,2]



4.1.2. Seifenblasenexperimente, Frei Otto

4.1.3. Seifenblasenexperimente

4.1.4. Frei Otto, Olympiastadion München

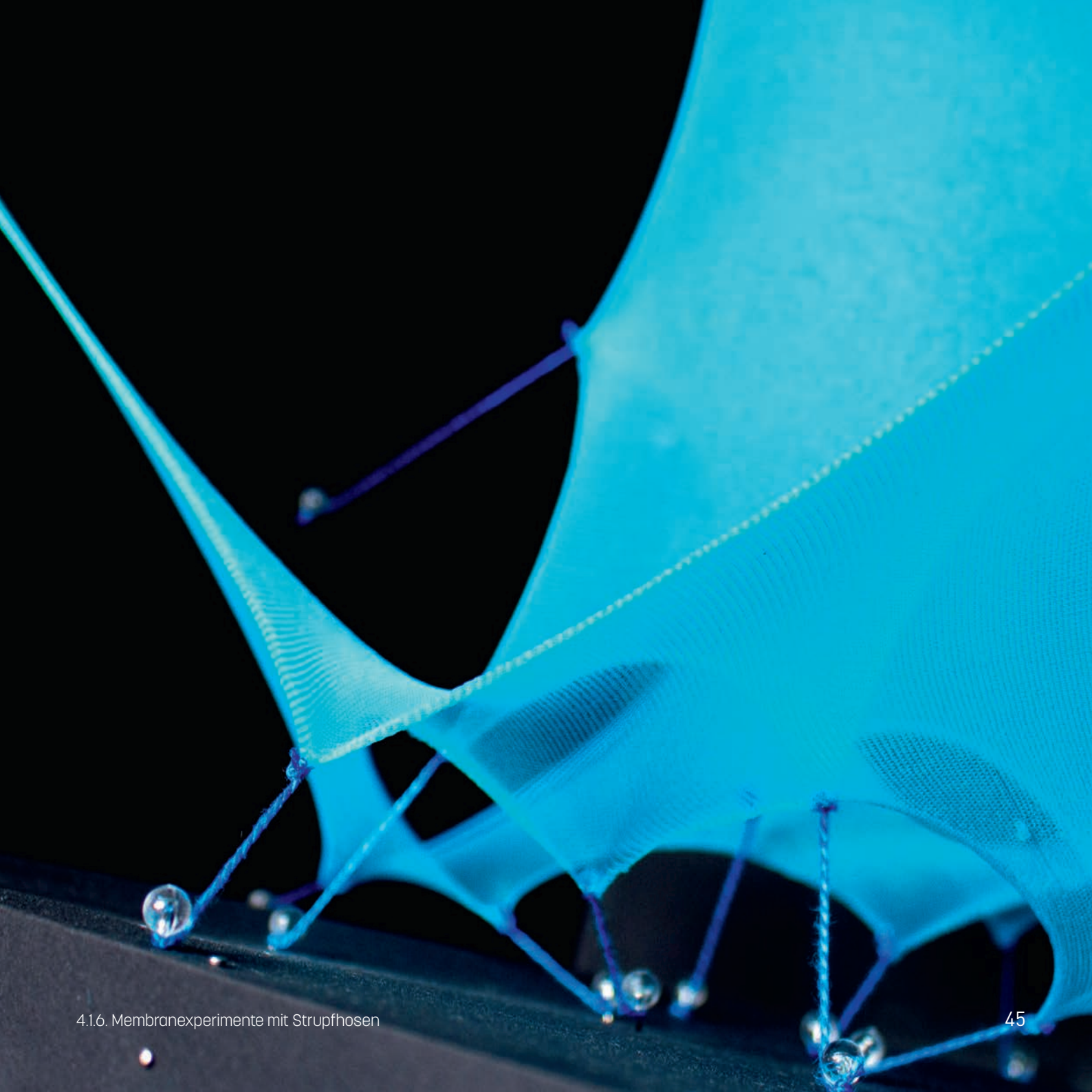
4.1.5. Frei Otto, Olympiastadion München

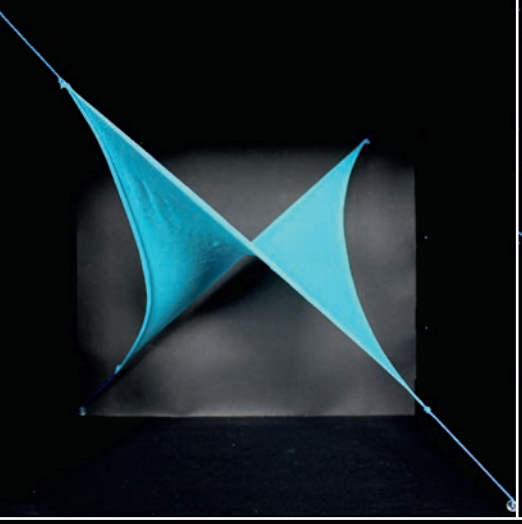
In der Architektur werden Membranen meistens mit dem Ziel eingesetzt, leichte, luftige Räume zu schaffen.

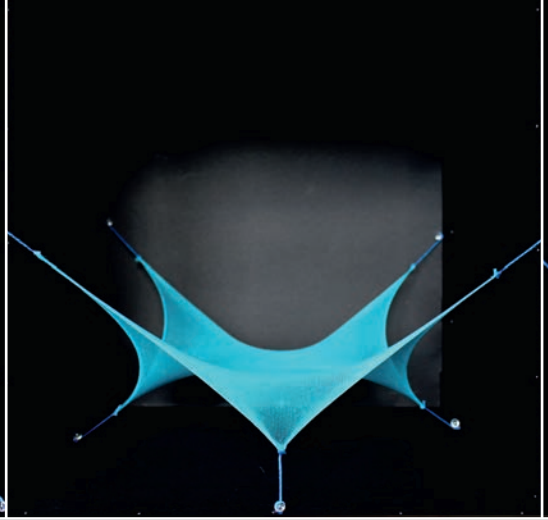
Eines der bekanntesten Beispiele für punktgestützte Membrantragwerke ist die Überdachung der Olympiastadion in München. Es besteht aus einem doppelt gekrümmten Stahlseilnetz und wird durch Randseilen und in den Hochpunkten durch Stahlstützen (Pylonen) vorgespannt. Das Dach bildet dadurch eine halbkreisförmige Sattelfläche, in deren Stoß sich Aussparungen (Augen) für die Pylonen befinden. Die Augen dienen für eine optimale Kräfteverteilung in den Hochpunkten. Die Dachhaut ist transluzent und besteht aus Polymetacrylpaneelen, die an frei drehbare Knoten stoßen.[3,4,5]

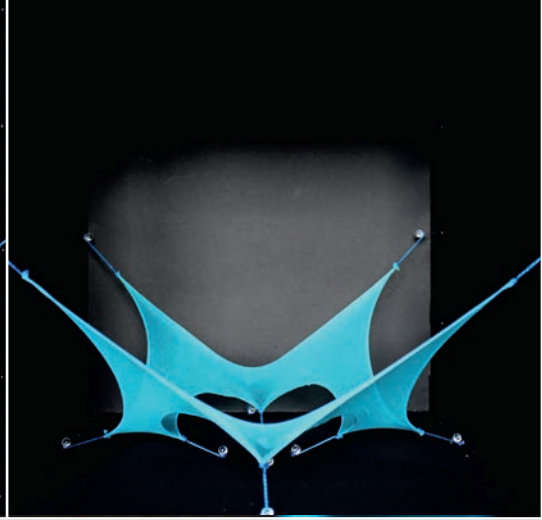
Die Seilstruktur des Daches wurde von Spinnennetzen inspiriert: Frei Otto hat dazu Versuche mit echten Spinnennetzen durchgeführt, indem er Wassertropfen auf die Netze tröpfeln ließ, und das dadurch entstehende Hängemodell fixierte. Dadurch entstand in der Struktur eine optimale Lastabtragung unter Belastung.[3,5]

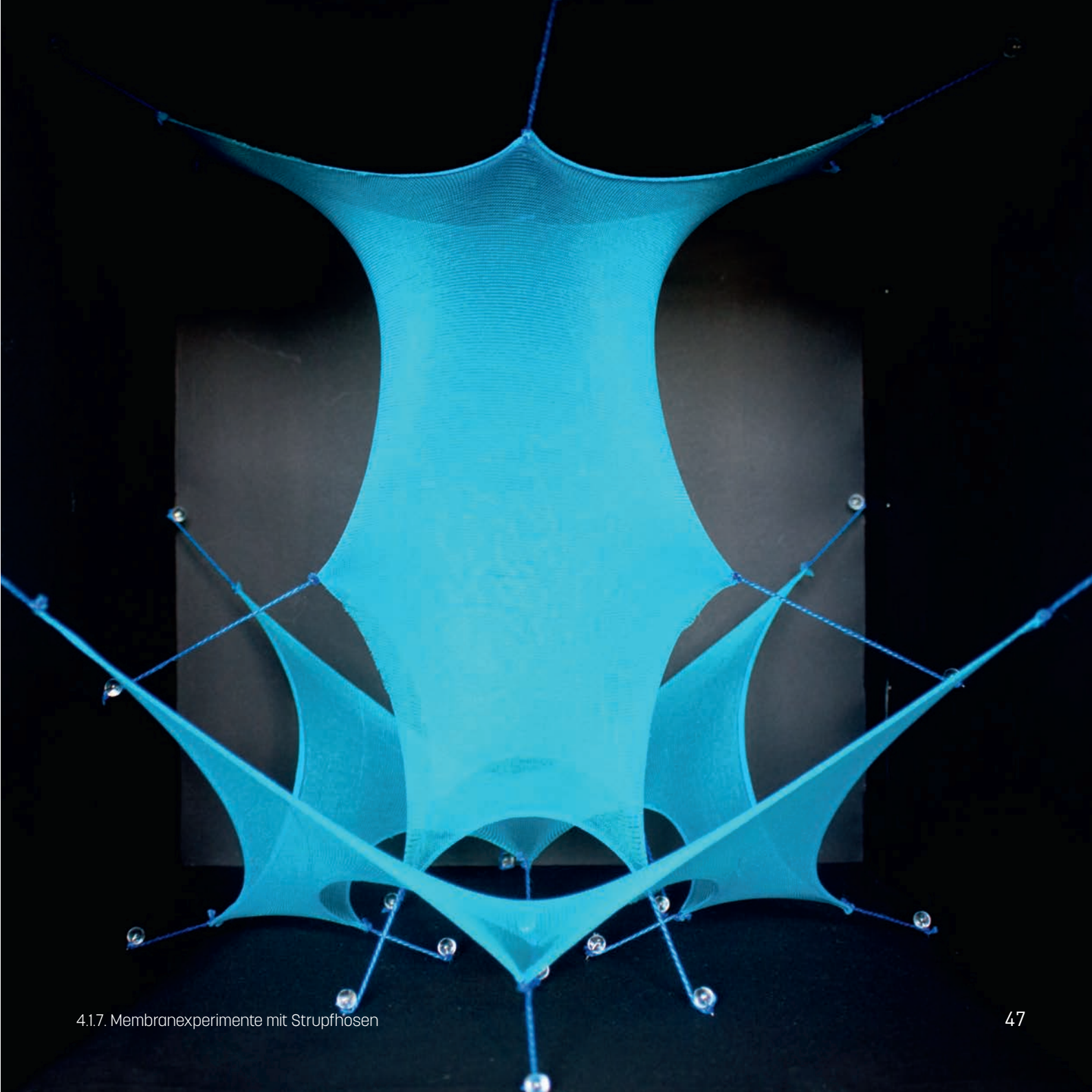
Frei Otto experimentierte ebenfalls mit Seifenhautmodellen, indem er vorgebogene Drähte in Seifenlauge hängen ließ, und die dadurch entstehende Minimalfläche beobachtete. Unter Eigengewicht sind Minimalflächen die optimalen Formen, da in jedem Punkt der Fläche eine konstante Spannung in allen Richtungen besteht. Minimalflächen werden jedoch in der Architektur selten angewendet, da in der Praxis auch andere Krafteinwirkungen auftreten.[3,5]









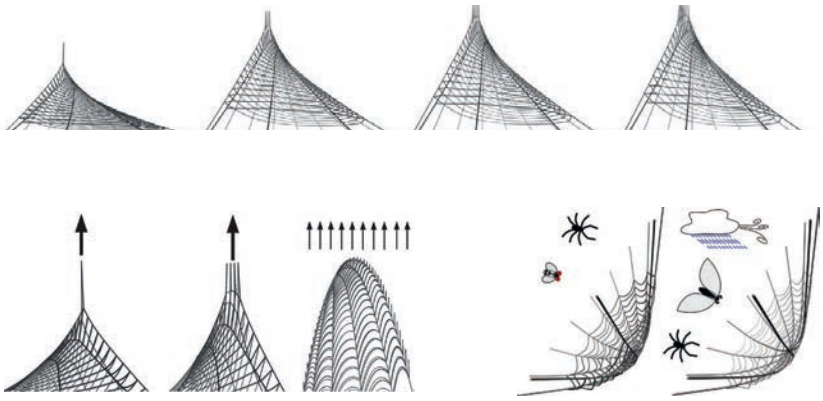


4.1.2 Spinnennetz-Architektur

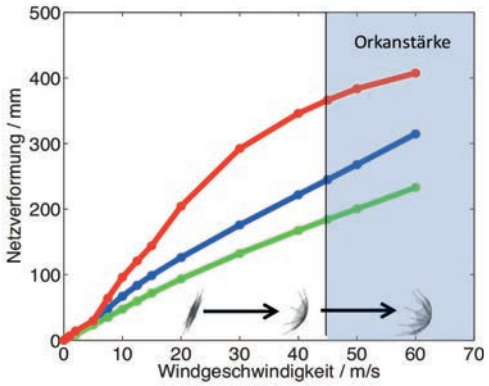
Laut Berechnungen könnte ein Kabel ungefähr der Dicke eines Gartenschlauchs das Gewicht einer voll beladenen Airbus halten, ohne dabei zu versagen. Welche chemische und physikalische Eigenschaften dieser außerordentlichen Festigkeit zugrunde liegen, ist mit der Nanostruktur der Spinnenseide zu erklären.[6]

Wie sich Spinnennetze unter Belastung verhalten lässt sich heute durch Computersimulation berechnen. Die daraus resultierende Spannungs-Dehnungs-Diagramm stimmt bemerkenswert gut überein mit experimentellen Zugversuchsdaten von Abseilfäden.[7]

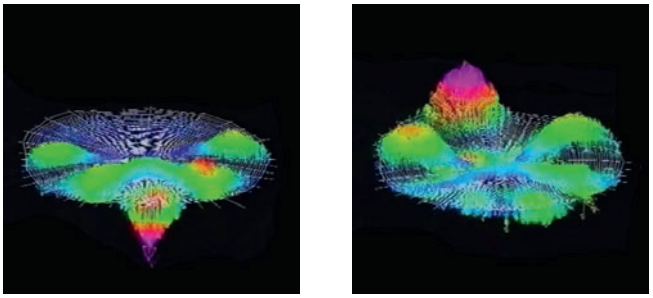
Beim Ziehen verhält sich die Struktur des Fadens zuerst rein elastisch, das heißt, die Dehnung ist reversibel. Erst danach beginnen die Wasserstoffbrückenbindungen in der amporphen Phase zu brechen. Diese schwachen Bindungen können nur in Kombination mit den axial ausgerichteten Nanokristallen deren Stärke entfalten. Die amporphe Phase ist anfangs ein amorphes Netzwerk von ungeordneten Wasserstoffbrücken, die sich unter Zug entwirrt, und auf die tatsächlige Länge des Molekülabschnitts auseinandergezogen. Diese Eigenschaft ist verantwortlich für die hohe Versagensdehnung. Das Spinnennetz kann daher bei einer stoßartigen Belastung ein großer Teil der Energie ohne bleibenden Schäden dissipieren, da sie, wie viele Biopolymere selbstreparierend ist: Nach einiger Zeit stellt sich die Struktur wieder her durch das Formen von neuer Wasserstoffbrücken. Wenn die Belastung aber weiter ansteigt, ist das amorphe



4.1.8. Verformung eines Radnetzes unter diversen Beastungen



4.1.9. Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Radnezen mit Seidenfäden verschieder Eigenschaften unter Windbelastung

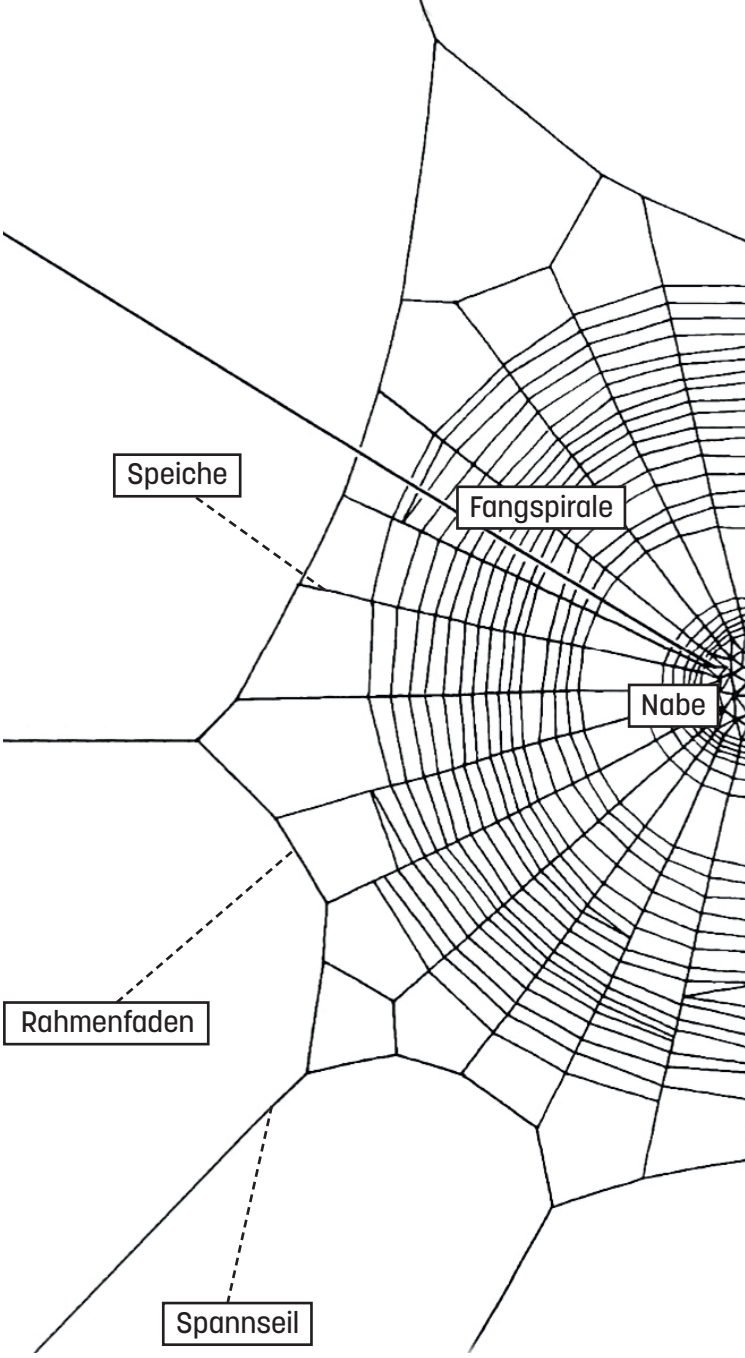


4.1.10. Bildausschnitte aus dem Video Spinnennetzsimulation der Oxford Silk Group

Netzwerk vollständig gedehnt. Bei diesem Punkt ist aber der kristalline Struktur ein schwächeres Glied, da sie in einer Haft-Gleit-Bewegung auseinander rutscht.[7]

Experimentelle Versuche mit ganzen Spinnennetzen ist deshalb problematisch, weil die natürlichen Proben in einer Vielzahl von Parametern variieren können. Deshalb hat eine Forschungsgruppe auf der MIT eine Methode entwickelt, Spinnennetz-ähnliche 3D-gedruckte Netze zu produzieren aus synthetischen Polymeren (PDMS). Natürliche Netze sind dieser künstlichen Strukturen in ihrer Festigkeit weit überlegen, aber da sie sich unter verschiedenen Belastungen ähnlich verformen, dienen sie als ein guter Ausgangspunkt für die Studie von der Mechanik von echten Netzen. Weiters können die Ergebnisse auf andere Materialien, wie auch andere Netzformen ausgedehnt werden.[8]

Die Studie zeigte, dass die Festigkeit des Netzes vom Grenzlasten der radialen und Spiralfäden abhängt, die sich aber kontrollieren lässt,

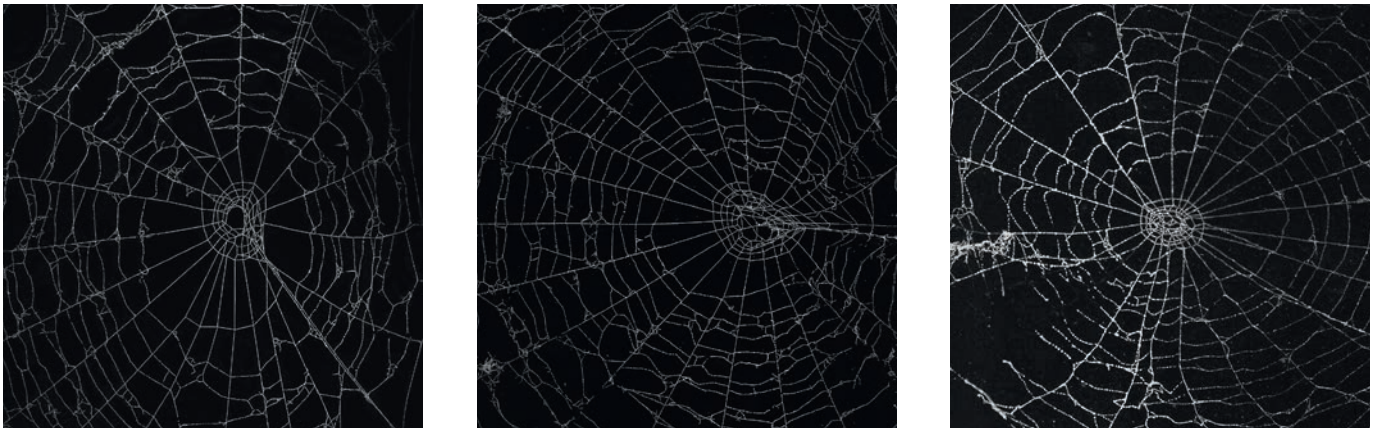


4.1.11. Struktur eines Radnetzes

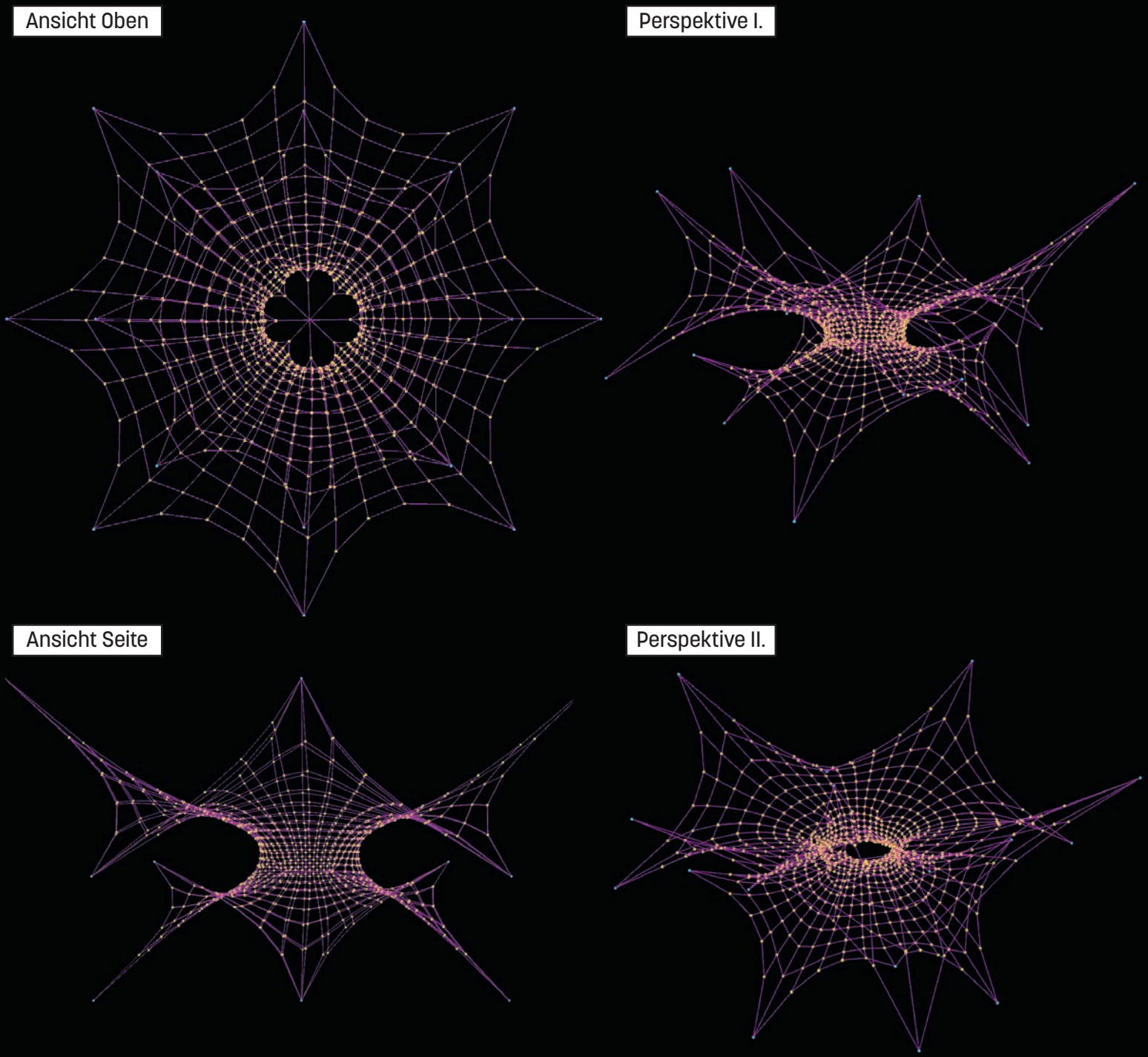
4.1.12. Spinnenetze auf Brücken, Wien

mit der Vergrößerung des Durchmessers, bzw. durch das Verhältnis des Durchmessers von radialen und Spiralfäden. Im Fall von Punktbelastungen ist ein ähnlicher Durchmesser der beiden Fadentypen optimal, während großflächige Belastungen eher im Verhältnis dickere radiale Fäden benötigen. Bei kleineren Punktbelastungen versagen zuerst der Spiralfaden, während bei größeren Punktbelastungen eher die Speichen.[8]

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass bei einem dichteren Netz mit mehr Spiralfäden die Festigkeit des Netzes sich nicht unbedingt linear erhöht, aber beim Vergrößerung des Fadenquerschnitts eine lineare Erhöhung der Festigkeit sehr wohl eintritt. Das heißt, dass beim Zufügen von mehr Masse in das Netz, das Netzfestigkeit in gleicher Ausmaß zunimmt, wie das der einzelnen Fäden. Das könnte die Beobachtung erklären, wieso größere Spinnen eher weniger dichte Netze bauen, dafür ist die dicke größer und Qualität der Fäden höher. Deshalb können verschiedene Spinnennetze die gleichen mechanischen Funktionen übernehmen, obwohl Netzgrößen von kleineren bis größeren Spinnen in der Natur über zwei Größenordnungen variieren.[8]



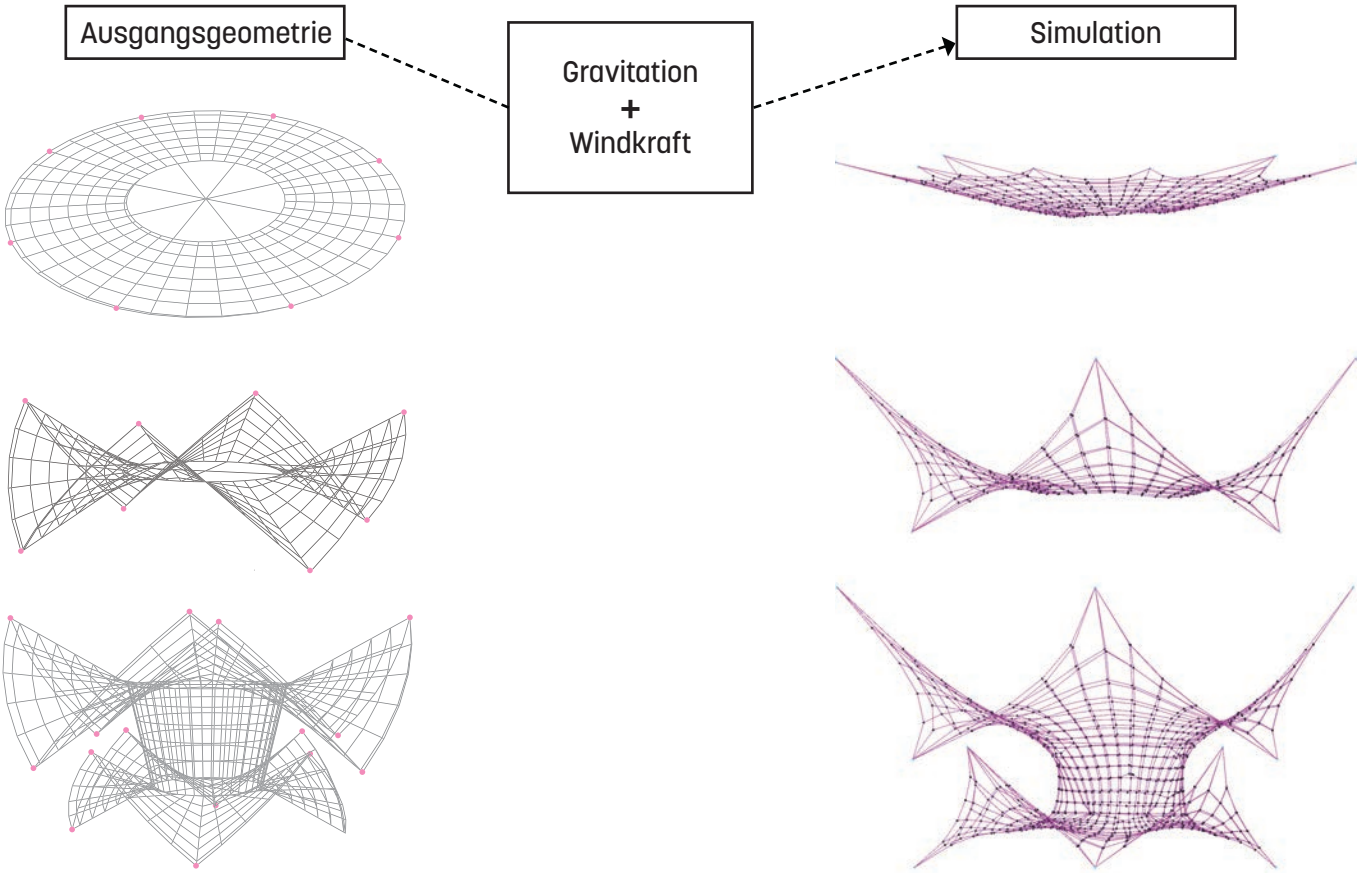
4.1.13. Spinnennetze auf schwarzem Karton (eigene Sammlung)



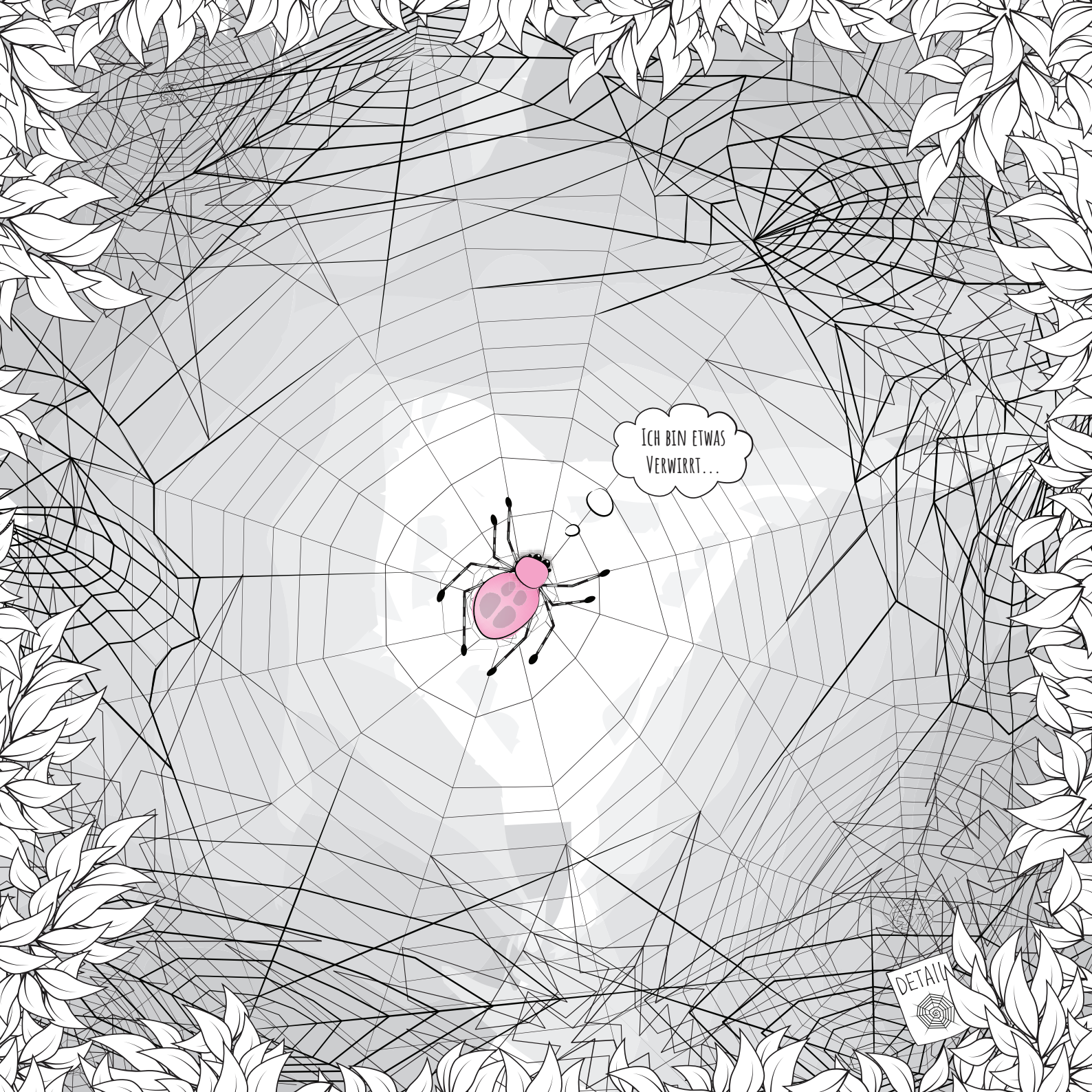
4.1.14. Spinnenetz-Simulation mit Processing

4.1.3 Spinnennetz-Simulation

Im Programm Processing ist es möglich mit einem einfachen Skript verschiedene Netzgeometrien und deren Verhalten unter diversen Belastungen zu simulieren. Es ist ebenfalls möglich die Spannung des Netzes zu steuern, sowie Belastungen wie Wind, Gravitation, Flächen- und Punktlasten anzugeben. Das Skript eignet sich gut, schnelle Tests für verschiedene Geometrien durchzuführen, für den Entwurfsprozess ist die Schnittstelle zu CAD Programmen jedoch eher ungünstig.



4.1.15. Spinnennetz-Simulation unter Einwirkung von Gravitation und Windkraft


Ich bin etwas
Verwirrt...
DETAIL

4.2 **Formfindungsprozess**

Seilnetzstukturen im Überblick

Physische Modelle

Digitale Modelle

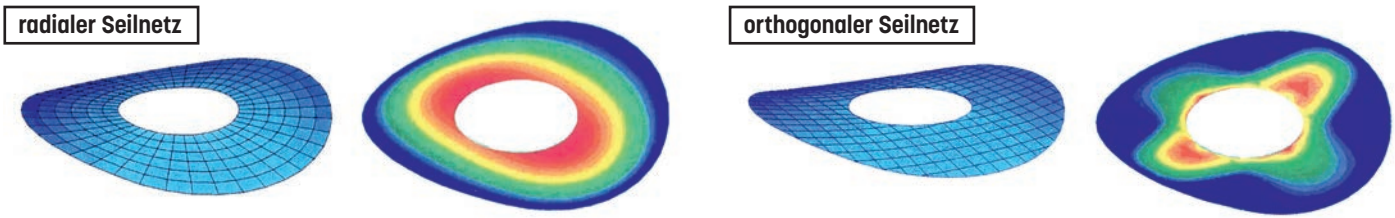
Festlegung der Ankerpunkte

Verformungsanalyse und Simulation eines Hängemodells

Verfomungsanalyse und Simulation eines vorgespannten Modells

Zusammenfassung der Arbeitsschritte

4.2.1 Seilnetzstukturen im Überblick



4.2.1. Radial und orthogonal gerodnete Seilnetze, und deren Verformungsdiagramme

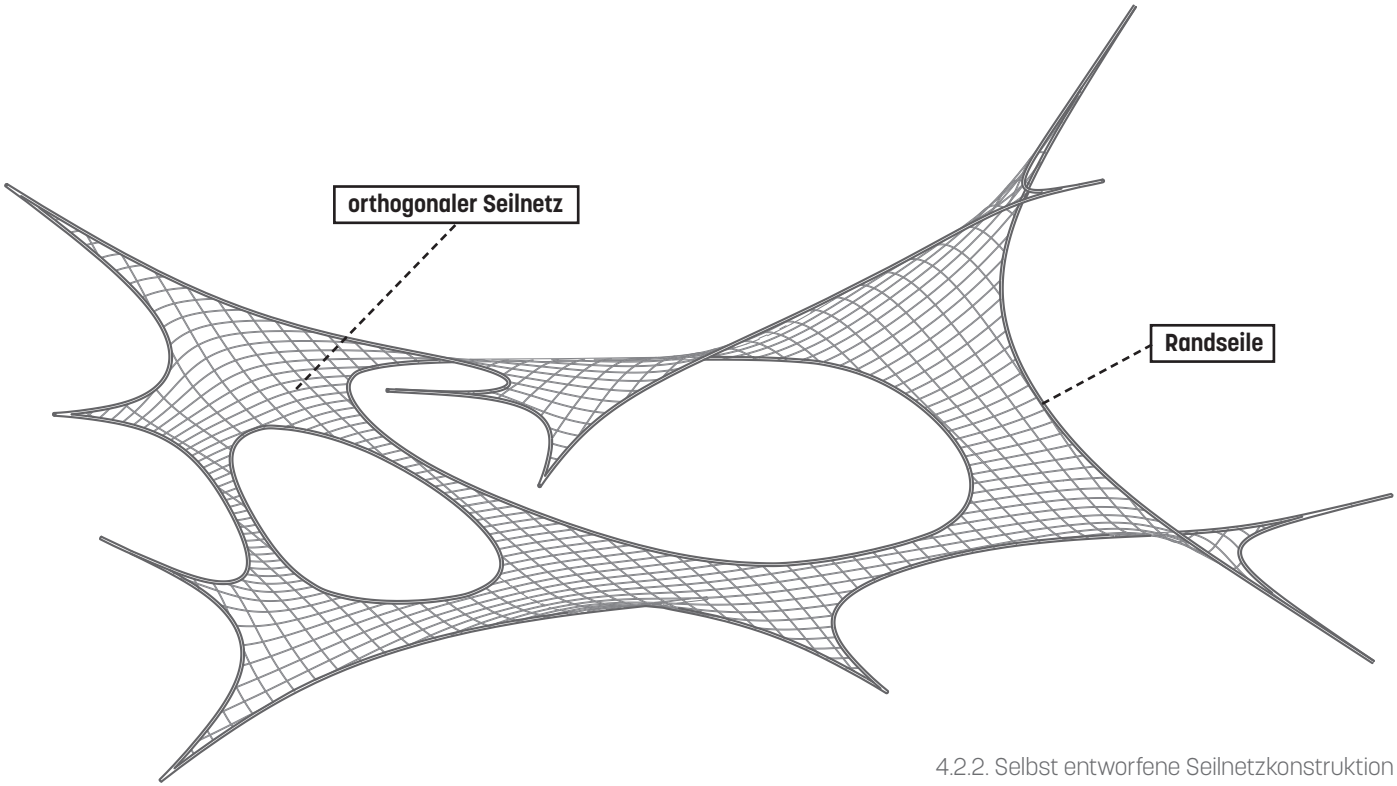
Die erste Seilnetzkonstruktion erscheint in der modernen Bautechnik zum ersten Mal im Jahre 1967 im Form des Deutschen Pavillons für die Weltausstellung in Montreal. Die statisch als Membranflächen bezeichnete punktgeschtützte Flächen wurden beim Pavillon im Form eines Seilnetzes abgebildet.[1]

Textile Werkstoffe, wie Membranen erreichen oft ihre Grenzen, wenn sehr große Spannweiten zu überbrücken sind. In solchen Fällen werden häufig Seilnetzkonstruktionen angewendet, da diese den entworfenen Membranstruktur entsprechend nachbilden können.[1]

Statisch gesehen unterscheiden sich Seilnetze von Membranen im Wesentlichen darin, dass Seilnetze keine Schubsteifigkeit aufweisen, und die Lastabtragung immer entlang der Seillinien erfolgt. All jene Belastungen, die also bei der Formfindung nicht berücksichtigt wurden, können in der Struktur gröbere Verformungen hervorrufen.[1]

Seilnetze kann man in zwei Strukturen unterscheiden: rotationssymmetrische Netze (z. B. Radialnetze von Spinnen) und gerichtete Netze (z. B. Orthogonalnetz des Deutschen Pavillons in Montreal).

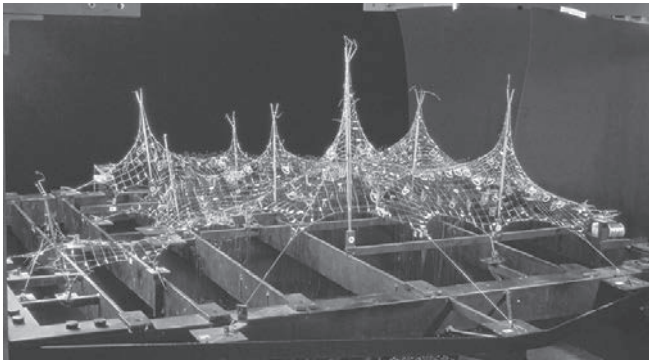
Es gibt viele verschiedene Netzgeometrien, unter anderem 6-Eck, 5-Eck, 4-Eck oder 3-Eck Maschen, und deren Kombinationen (Bild 4.). Die Maschengeometrie hat wesentlichen Einfluss auf die Verformungsverhalten des gesamten Netzes. Von der 7 Netzarten auf Bild 4 wurden bisher nur vier als zugbeanspruchte Netze gebaut: die zwei Varianten von 4-Eck-Maschennetzen, ein 3-Eck-Netz aus regelmäßigen Dreiecken und der 6-Eck-Maschennetz. Die restlichen Varianten existieren heute nur in Kombination mit druckbeanspruchten Elementen. Allgemein kann man



4.2.2. Selbst entworfene Seilnetzkonstruktion

sagen, dass die Lastabtragung wesentlich von der geometrischen Aufbau abhängt, und Netze mit einem ähnlichen Aufbau sich ähnlich unter Last verhalten.[2]

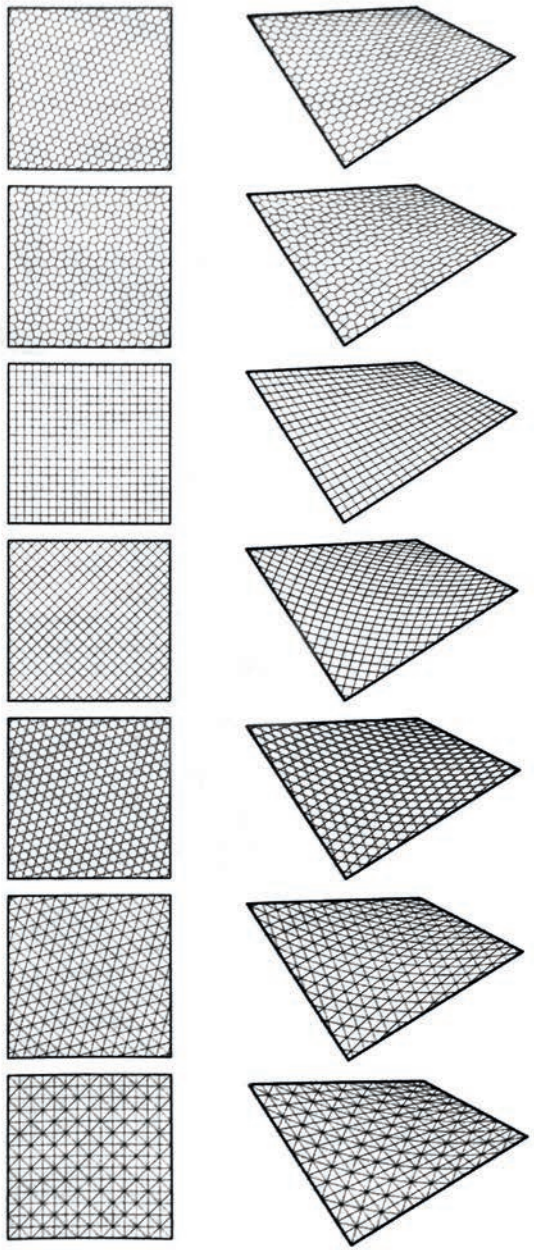
Dreiecksnetze werden auch starre Netze genannt, da sie in der Ebene keine Kinematik besitzen. Netze mit mehr als 3 Ecken besitzen alle eine Kinematik, die größer wird, je mehr Eckpunkte vorhanden sind. Das heißt, das z. B. 6-Eck-Netze wesentlich weicher sind, als 4-Eck-Netze, und am größten Steifigkeit besitzt das Dreiecksnetz aus rechtwinkligen Dreiecken. Letzteres unter dieselben Belastun-



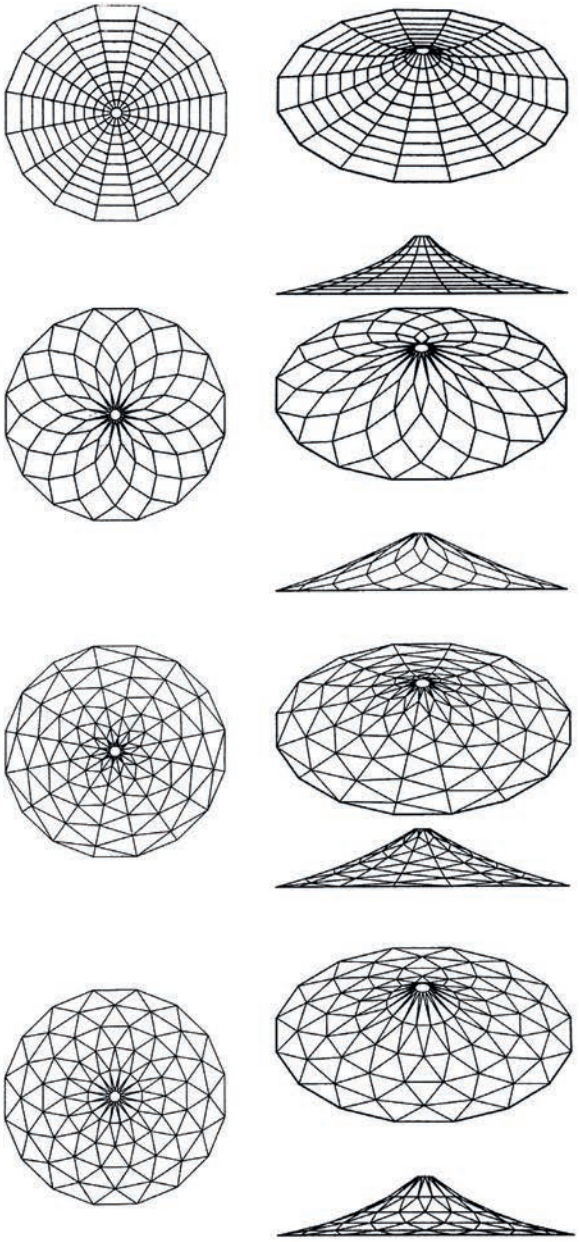
4.2.3. Seilnetzmodell des Deutschen Pavillons in Montreal, 1967

gen ungünstiger, da die große Steifigkeit in größere Verformungen und Kraftänderungen resultiert. Bei allen Netzarten ist der größte Nachgiebigkeit in der Netzmitte zu erwarten, während die größten Verformungen parallel zu den steifen Rändern zu messen sind.[2]

Wegen deren Einfachheit und günstigen statischen Eigenschaften werden am häufigsten orthogonale oder radiale 4-Eck-Maschennetze realisiert. Der Vorteil des radialen Netzes ist, dass in diesen Fall die Kräfte unter Verformung gleichmäßiger verteilt werden. Der Nachteil ist der erhebliche Größenunterschied zwischen äußeren und inneren Maschen des Netzes. Bei dem orthogonalen Netz sind die Maschen gleich groß, was für das Bauwesen einfacher zu handhaben ist. Bei Seilnetzen ist des Weiteren ein wichtiger Aspekt, dass die Seile in der Richtung der Hauptbeanspruchung angeordnet werden. Bei der Festlegung der Maschenweite erfolgt nach Kriterien, wie der erforderliche



4.2.4. unterschiedliche Netzgeometrien



Unterstützungsabstand der Dachhaut und die gewünschte Seildurchmesser. Falls das Dach mit einem textilen Material eingedeckt wird, die keine Biegesteifigkeit besitzt, resultieren kleinere Maschenweiten, während bei Einsatz von Folien und pneumatischen Kissen größere Abstände möglich sind.[1]

Die Formentwicklungsprinzipien der Membranflächen gelten auch für Seilnetze. Bei der konstruktiven Ausführung ist auf die Seilanschlusspunkte besonderes Augenmerk zu legen. Diese müssen oft in allen Richtungen gelenkig sein und daher eher aufwendig in der Ausdeteilierung.

Aufgrund der großen Biegeweichheit der Seilnetze ist es möglich mit großen, vorgefertigten Elementen zu arbeiten und diese auf der Baustelle zusammenzubauen.[1]

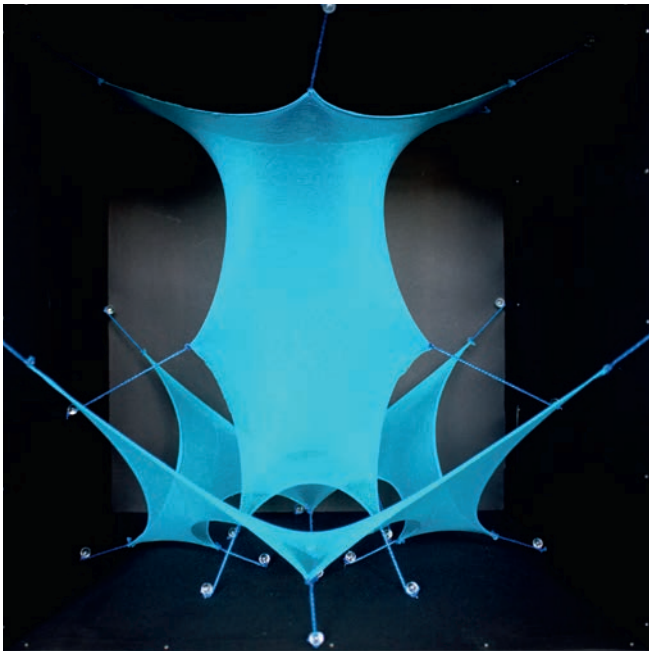
4.2.5. Rotationssymmetrische Netze

4.2.2 Physische Modelle

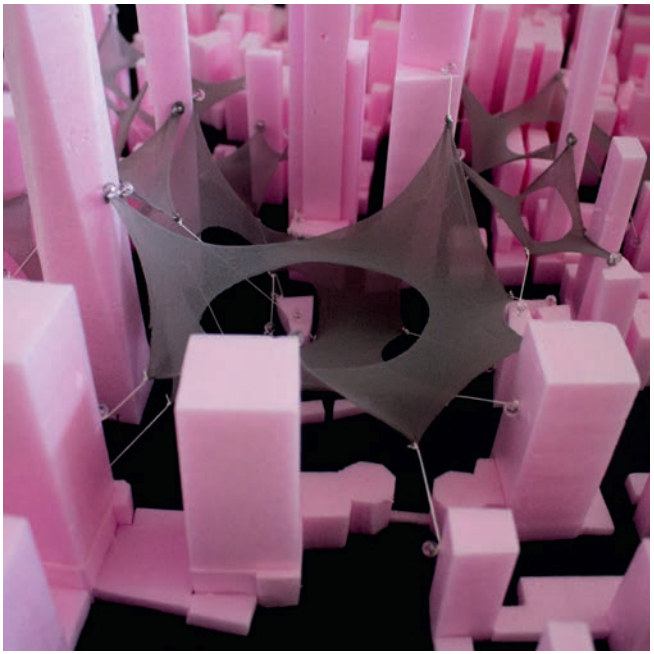
Es gibt im Wesentlichen zwei verschiedene Wege der Formfindung von Membran- und Seilnetzstrukturen. Eine davon ist das physische Modell aus Strümpfen und Netzen, die die zu erwartende Verformungen sehr gut wiedergeben können.

Solange Computersoftware nicht in der Lage waren derartige Systeme zu bemessen, hat man neben der Formfindung auch statische Messungen an physischen Modellen durchgeführt, wie z. B im Falle des Deutschen Pavillons in Montreal 1967.

In den folgenden Experimenten habe ich als Ausgangsmaterial Nylonstrumpfhosen angewendet und diese an das Umgebungsmodell aus Styrodur befestigt. Im gegebenen Projekt dienen die Modelle als Vorstufe der tatsächlichen Formfindung.



4.2.6. Formfindung, physikalisches Modell

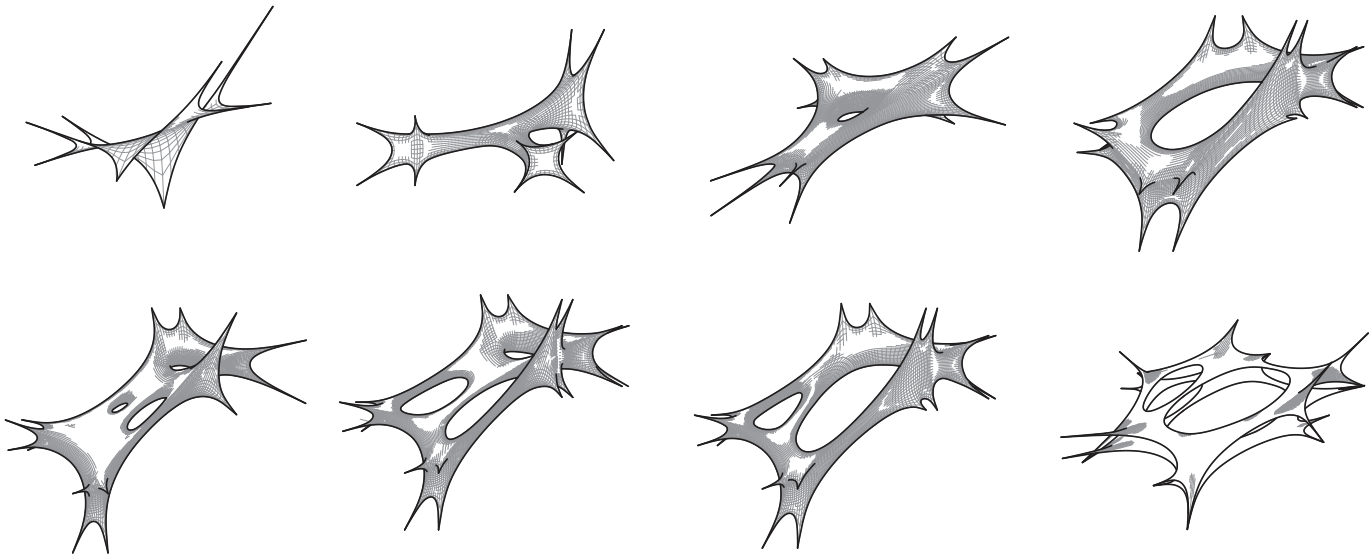


4.2.7-8. (gegenüber) Formfindung, physikalisches Modell mit Umegebungsbebauung, Maßstab 1:2000

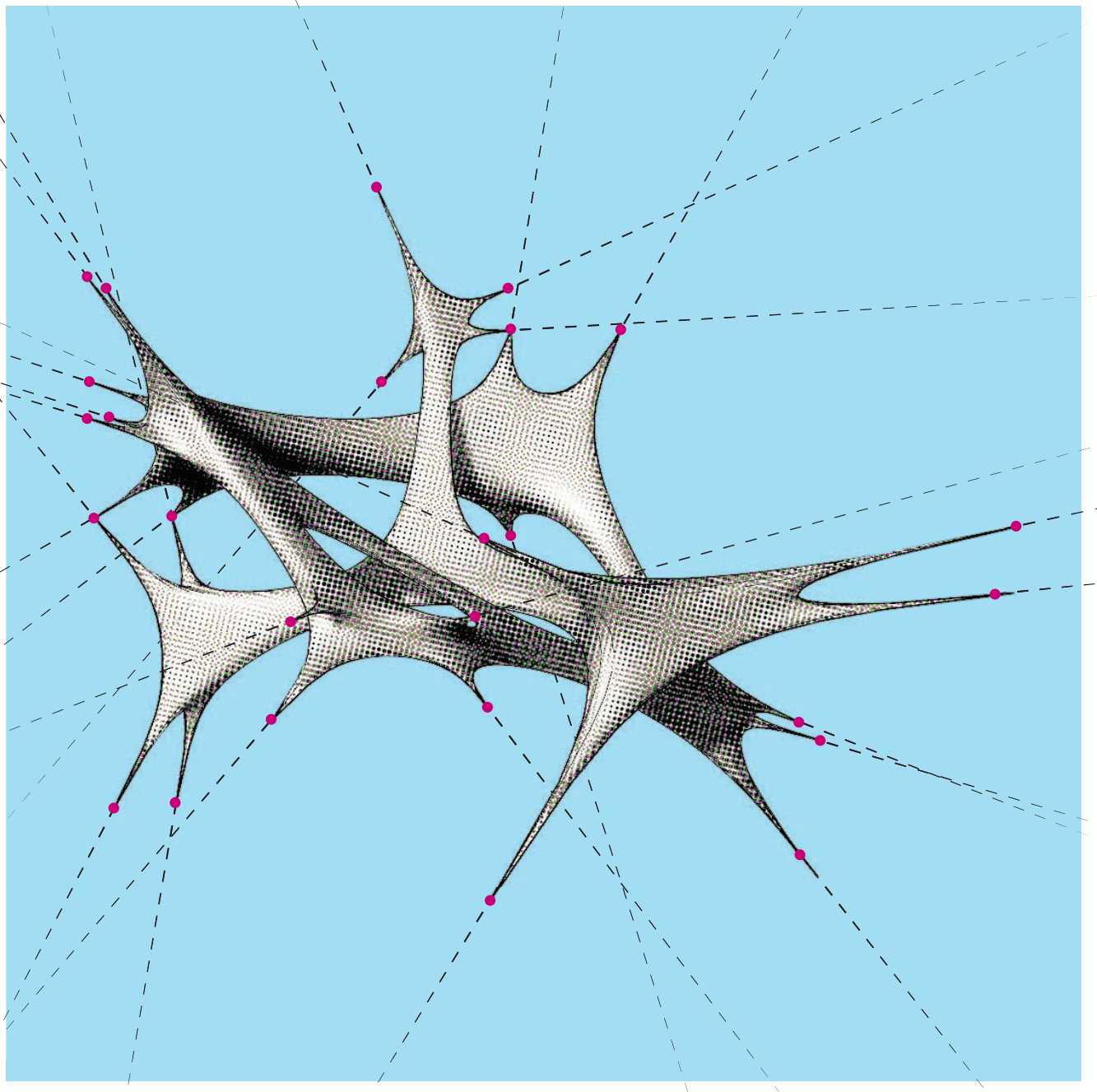
4.2.3 Digitale Modelle

Mittlerweile gibt es zahlreiche Programme für die Formfindung und Berechnung von Membranstrukturen. Für mein Projekt habe ich das *Grasshopper* Plug-in *Kangaroo* für die Formfindung eingesetzt. Das Programm benutzt das Zweite Newtonsche Gesetz für eine physikalisch korrekte Simulation.[3] Als Ausgangsgeometrie wird ein Mesh benötigt, die entweder im Programm selber generiert, oder in der Modellierungssoftware *Rhino* gezeichnet wird.

Neben der Formfindung ist es möglich verschiedene Belastungsfälle, wie Gravitation, Punkt- und Flächenlasten, und verschiedene Materialspannungen anzugeben. Für eine statische Bemessung werden jedoch andere Software benötigt, wie z. B. das Programm *Karamba*, der ebenfalls ein Plug-in für *Grasshopper* ist.



4.2.9. Formfindung, digitale Modelle

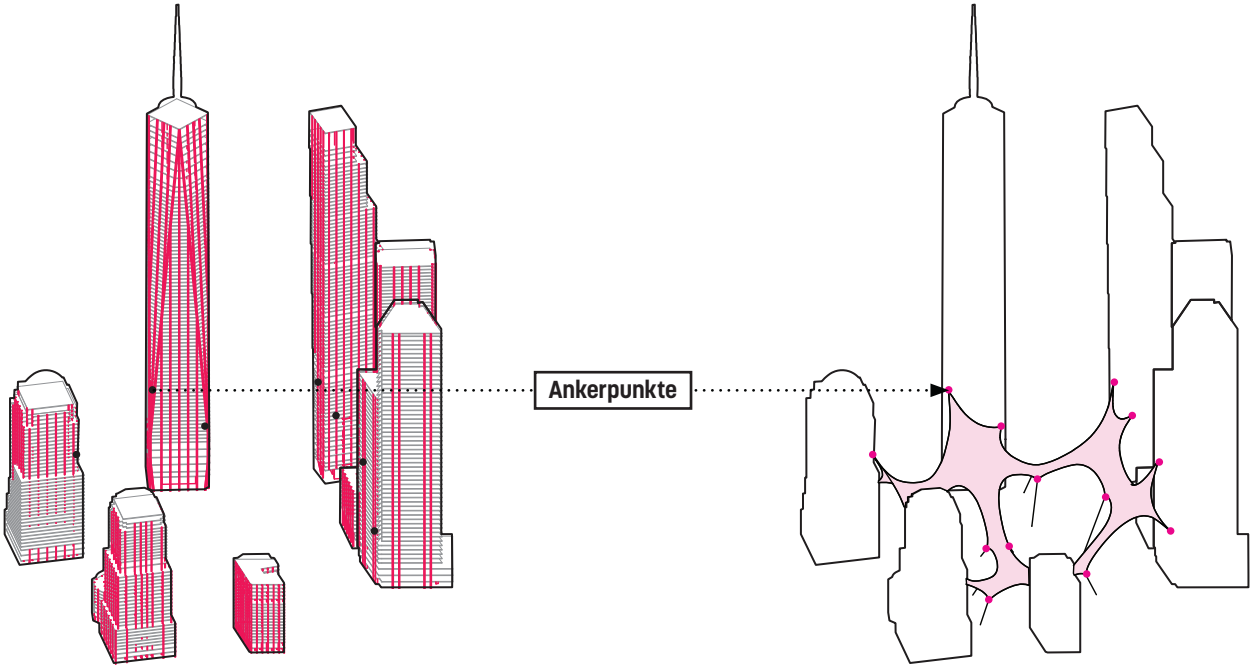


4.2.10. Formfindung, digitales Modell

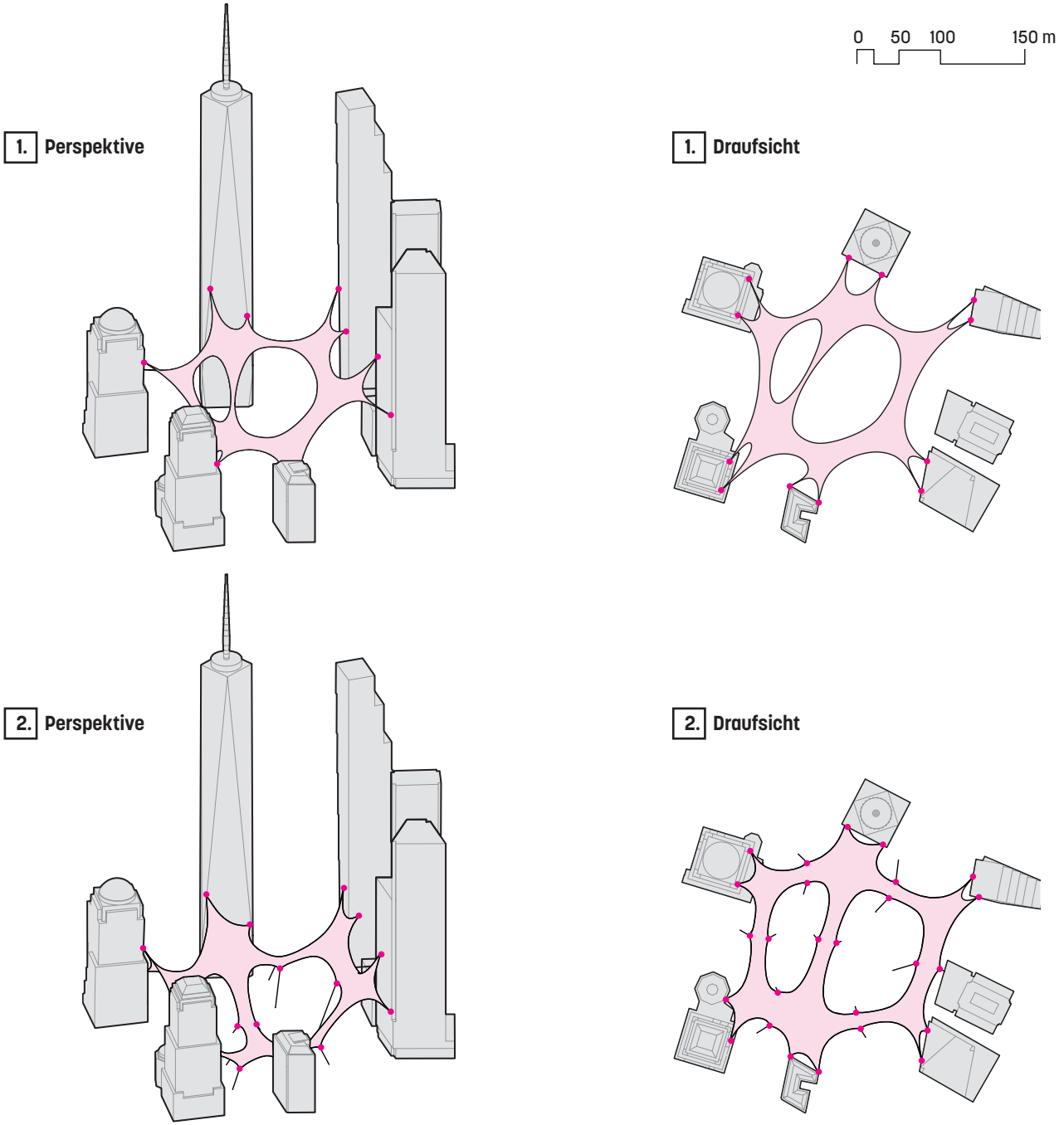
4.2.4 Festlegung der Ankerpunkte

Eine entscheidende Rolle bei der Formfindung eines Seilnetzes ist die Festlegung der Ankerpunkte, wo die Struktur aufgehängt werden soll. Bei der Bauplatz in Manhattan ergab sich die Umgebung der World Trade Center als besonders geeignet eine große, hängende Struktur zu platzieren. Entscheidend war die Höhe der Bestandsgebäude und die Position des Stahlskelettes, die die auftretende Lasten voraussichtlich aufnehmen kann. Außerdem eine relativ große unbebaute Fläche zwischen World Trade Centern, wo die Struktur sich erstrecken kann.

4.2.11. Lage des Bauplatzes in Manhattan, die Gebäude, wo die Ankerpunkte angebracht werden

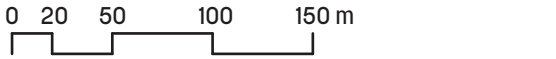


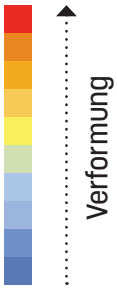
4.2.12. Die Position der Ankerpunkte wird von der tragenden Konstruktion der Umgebung beeinflusst



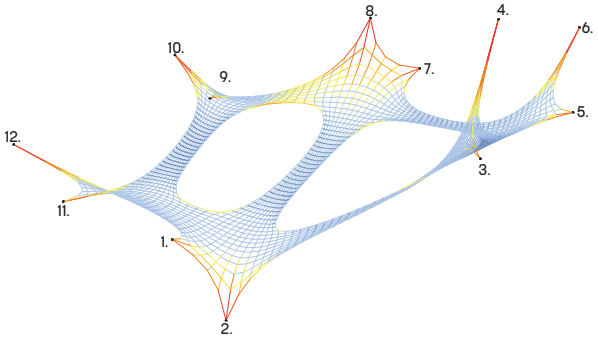
4.2.13. Position der Ankerpunkte in zwei verschiedenen Stadien des Entwurfs

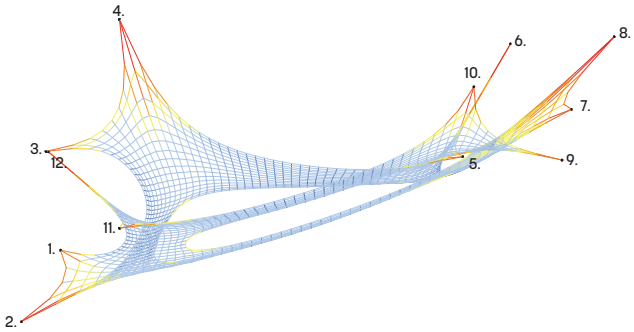
4.2.5 Verformungsanalyse und Simulation eines Hängemodells

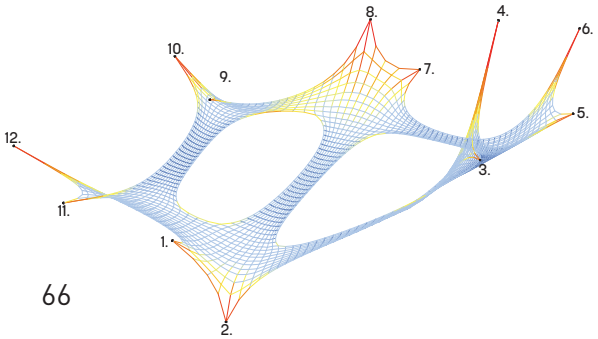


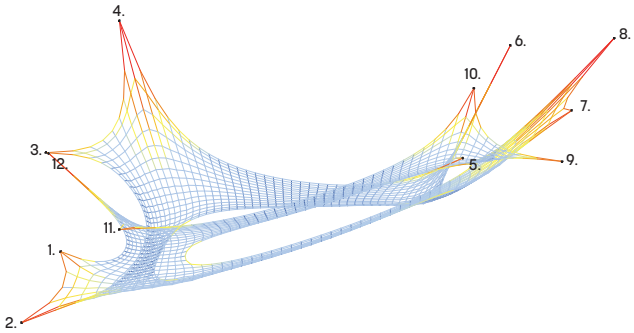


4.2.14. Simulationen Seiten 64-67.









Für die Simulation wurde ein Mesh mit quadratischen Flächen herangezogen. Der Mesh wurde an 12 Punkten fixiert, die in späterer Folge die Befestigungspunkte an den Bestandsgebäuden darstellen sollen.

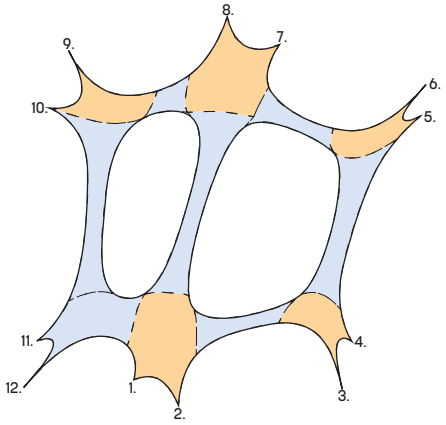
Während der Simulation ist die Materialsteifigelit als Konstant zu betrachten. In zweiter Schritt wurde die Fläche in Regionen unterteilt, denen verschiedene Belastungen zugewiesen wurden. Die Verformung der Geometrie ist von den farblichen Diagrammen ablesbar. Die Farbe Rot markiert die Stellen, wo besonders starke Verformungen auftreten.

Die verfomungsanalyse ergibt, dass bei einem Hängemodell, im Gegensatz zu einer vorgespannten Konstruktion nicht nur Zugkräfte auftreten, deshalb ist es nur als Umkehrform als Tragwerk geeignet.

Simulation 01

2000

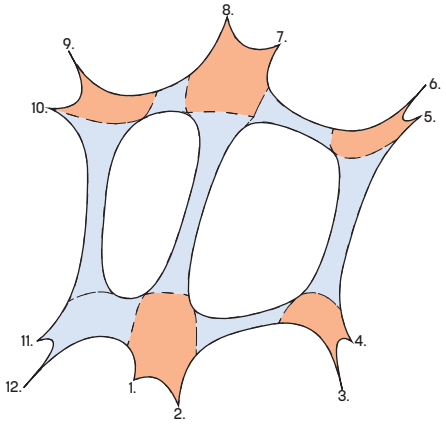
500

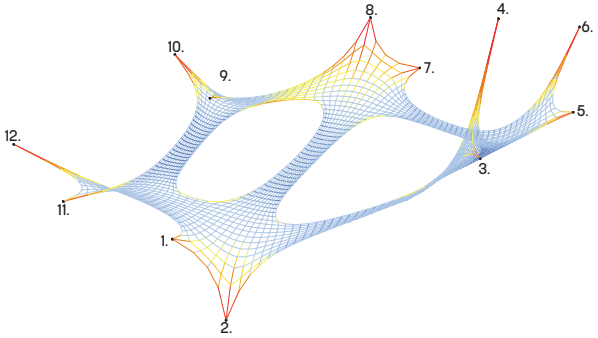


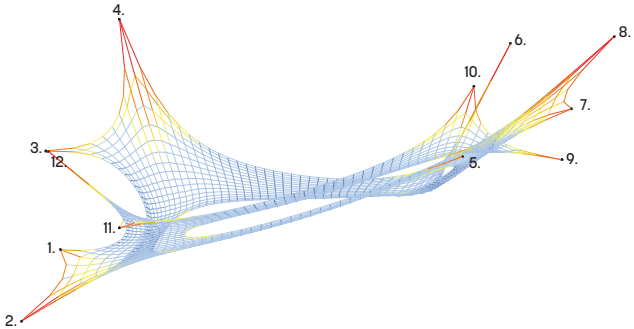
Simulation 02

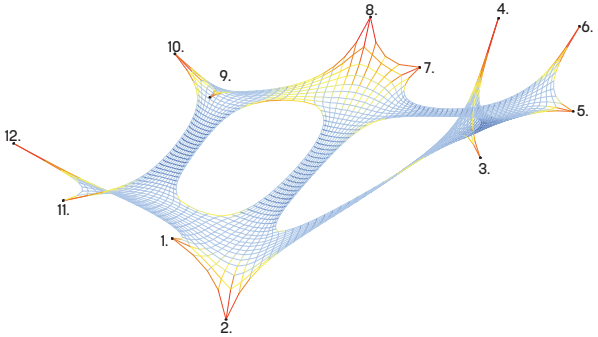
3000

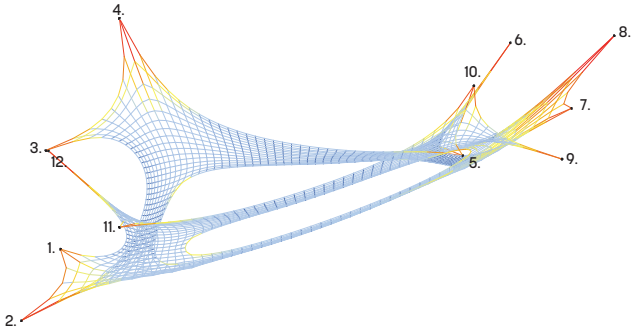
500

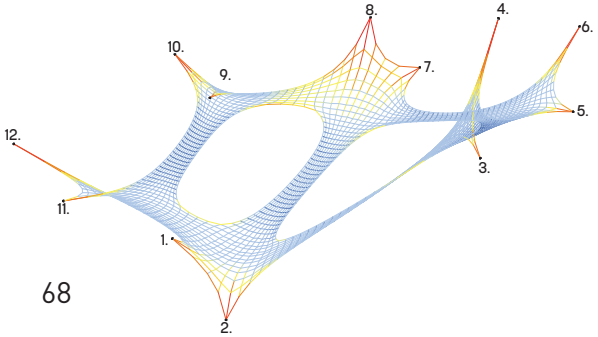


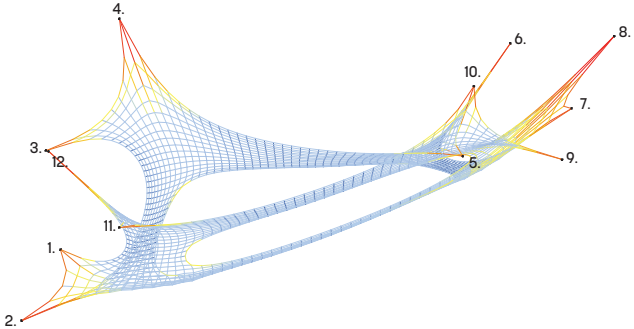

8.
4.
6.
10.
9.
7.
5.
12.
3.
11.
1.
2.


4.
6.
8.
10.
7.
3.
12.
5.
9.
11.
1.
2.


8.
4.
6.
10.
9.
7.
5.
12.
3.
11.
1.
2.


4.
6.
8.
10.
7.
3.
12.
5.
9.
11.
1.
2.

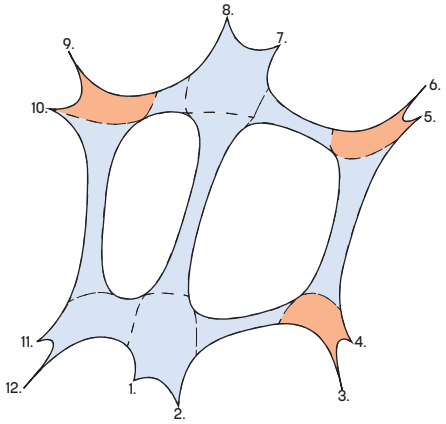

8.
4.
6.
10.
9.
7.
5.
12.
3.
11.
1.
2.


4.
6.
8.
10.
7.
3.
12.
5.
9.
11.
1.
2.

Simulation 03

3000

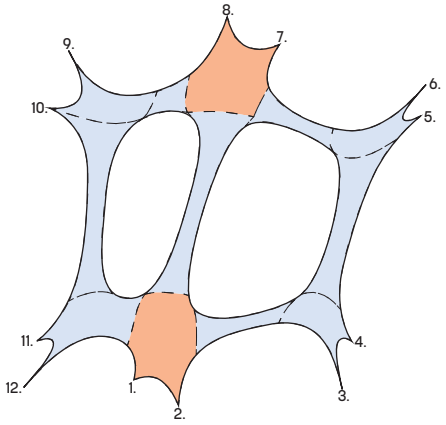
500



Simulation 04

3000

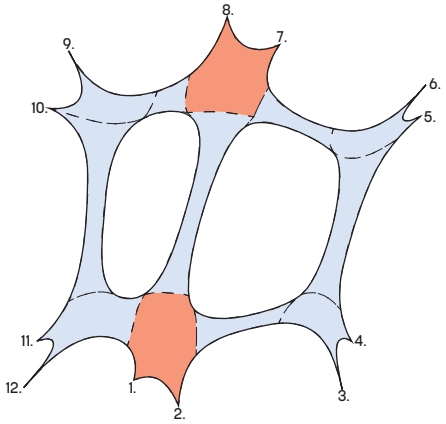
500



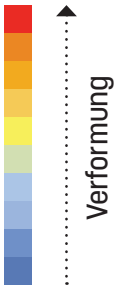
Simulation 05

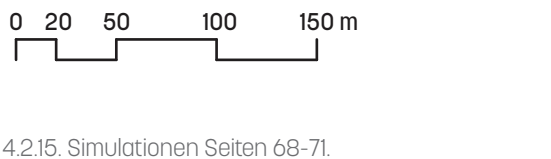
4000

500

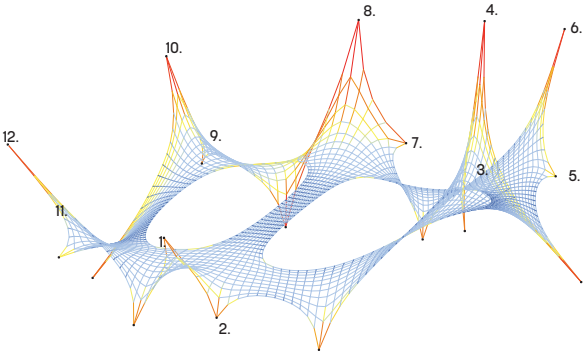


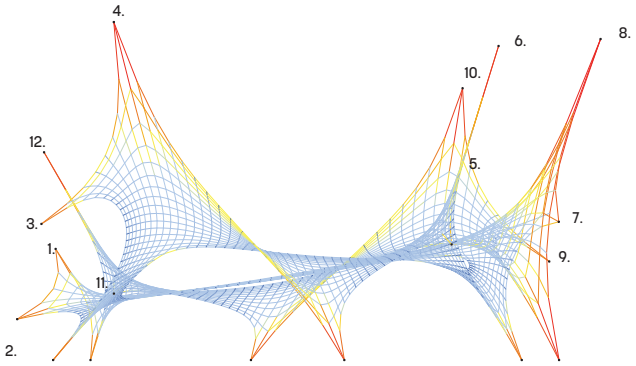
4.2.6 Verfomungsanalyse und Simulation eines vorgespannten Modells

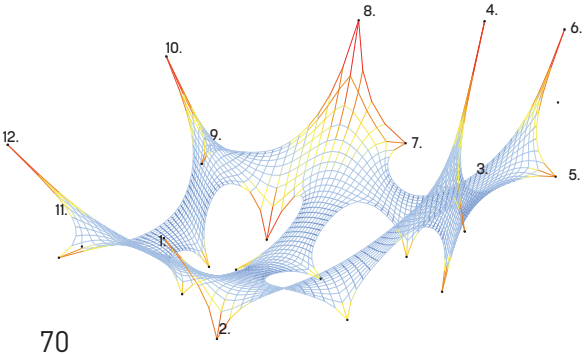


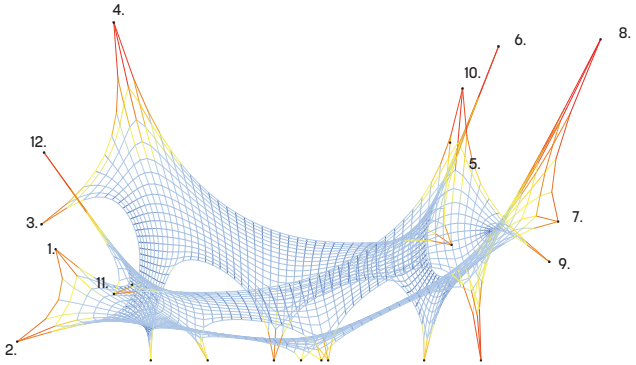


4.2.15. Simulationen Seiten 68-71.





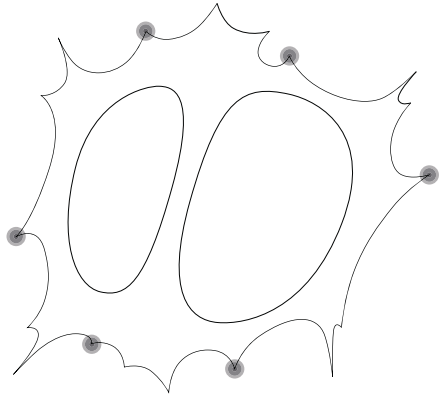




Der Form von der vorigen Simulation werden zusätzliche Spannseile angebracht. Ziel ist, dass die Fläche an jeder Stelle eine doppelte (antiklastische) Krümmung erhält, und dadurch eine vorgespannte Fläche entsteht, in der idealerweise nur Zugkräfte auftreten. Die Struktur erhält maximal 26 Ankerpunkte, also 14 mehr als beim Hängemodell. Die bereits bestehende Ankerpunkte wurden ebenfalls modifiziert, um die ideale Form anzunähern. Dabei wurde bereits der bevorstehende Entwurf berücksichtigt.

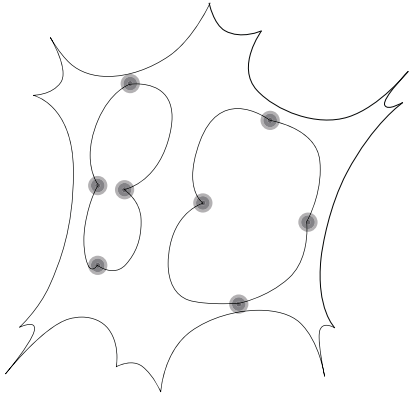
Simulation 01

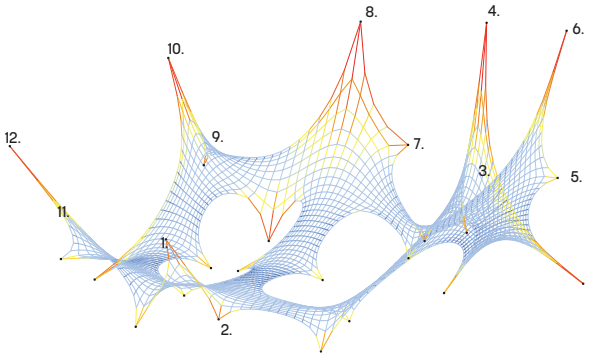
- 6 neue Ankerpunkte
  (16 Ankerpunkte gesamt)

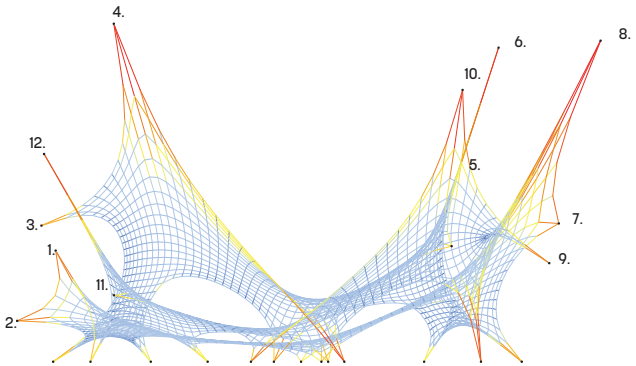


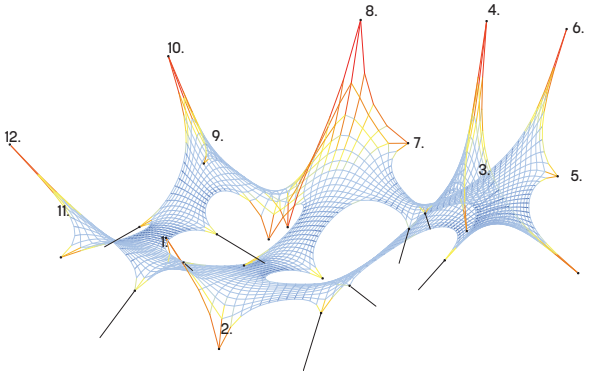
Simulation 02

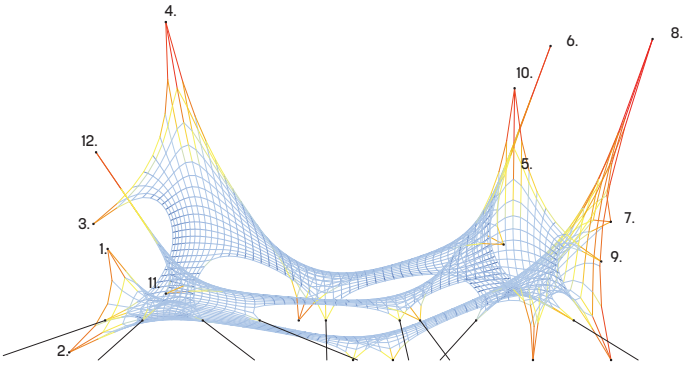
- 8 neue Ankerpunkte
  (20 Ankerpunkte gesamt)

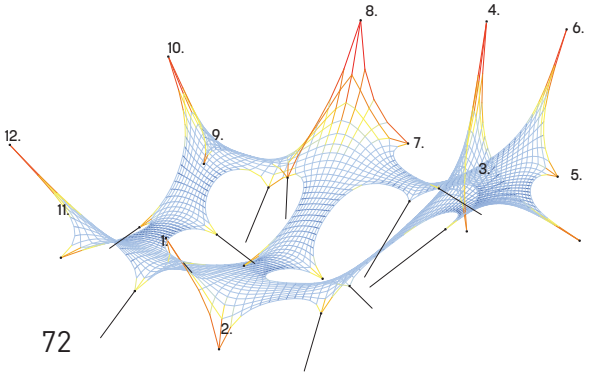


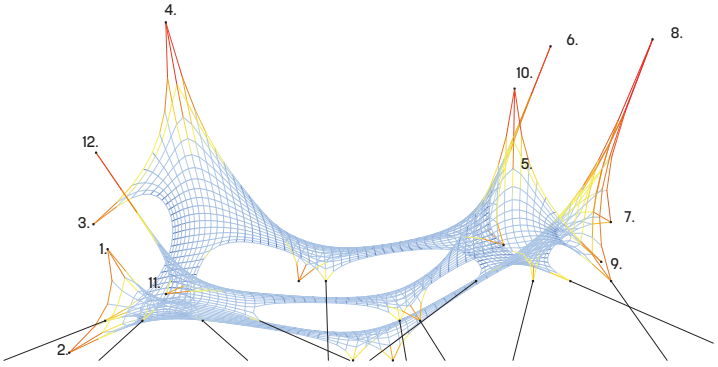

8.
4.
6.
10.
12.
9.
7.
3.
5.
11.
1.
2.


4.
6.
8.
10.
12.
5.
3.
7.
1.
9.
11.
2.


8.
4.
6.
10.
12.
9.
7.
3.
5.
11.
1.
2.

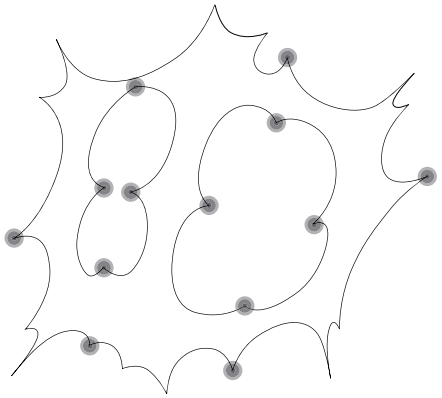

4.
6.
8.
10.
12.
5.
3.
7.
1.
9.
11.
2.


8.
4.
6.
10.
12.
9.
7.
3.
5.
11.
1.
2.


4.
6.
8.
10.
12.
5.
3.
7.
1.
9.
11.
2.

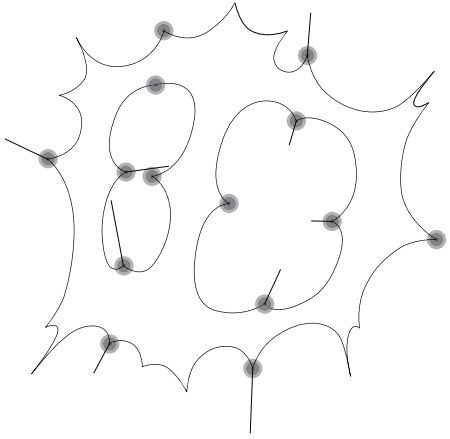
Simulation 03

- 13 neue Ankerpunkte
  (25 Ankerpunkte gesamt)



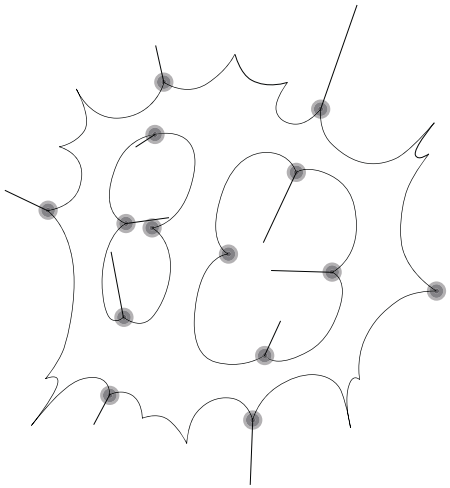
Simulation 04

- 14 neue Ankerpunkte
  (26 Ankerpunkte gesamt)

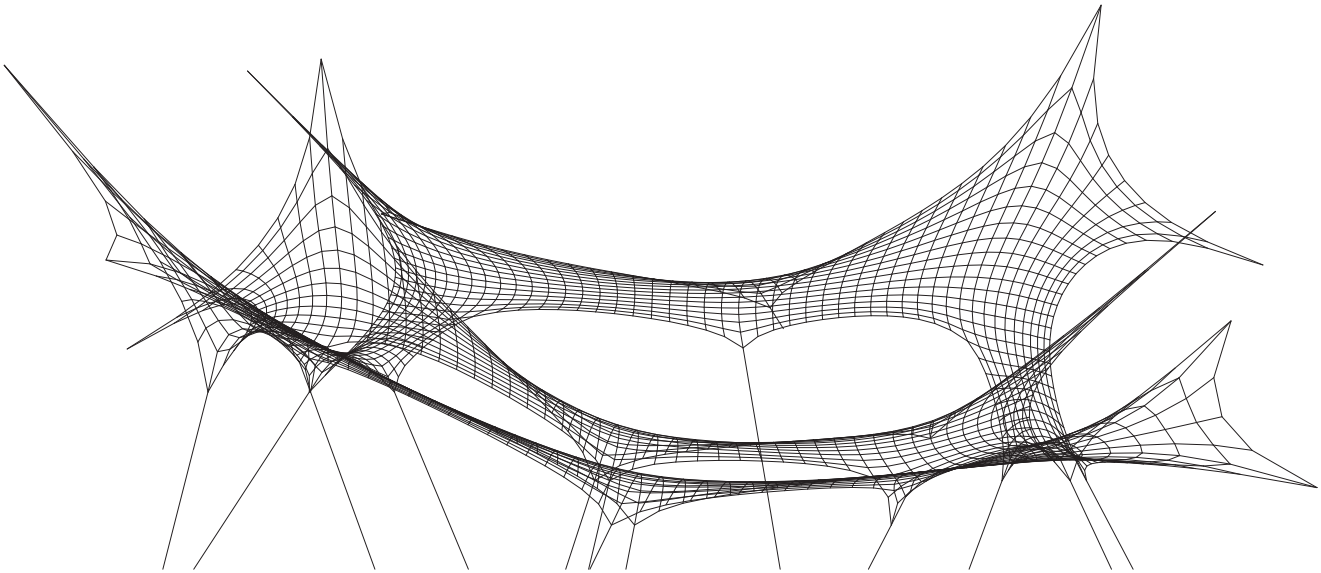


Simulation 05

- 14 neue Ankerpunkte
  (26 Ankerpunkte gesamt)

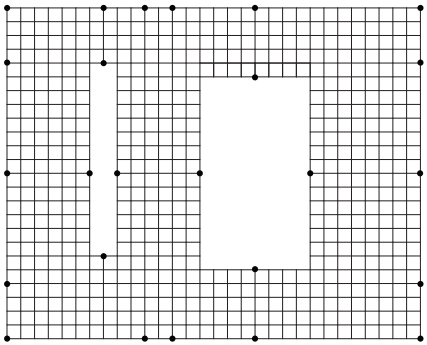


4.2.7 Zusammenfassung der Arbeitsschritte



4.2.16. Simulation des Endforms (Seitenansicht)

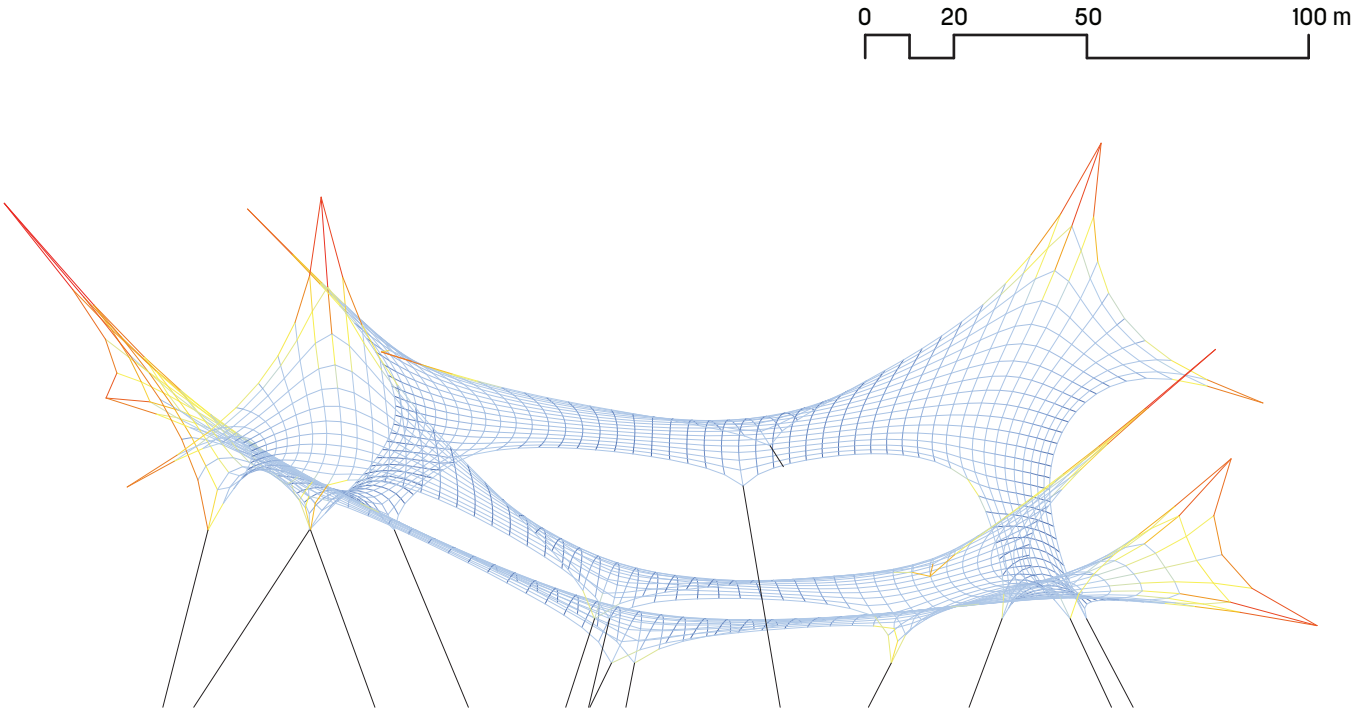
Schritt 1.: Formgenerierung



4.2.17. Ausgangsgeometrie vor der Simulation mit identischen Mesh-Flächen (Grundriss, ohne Maßstab)

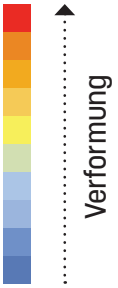
Die Form wird mit dem Software Kangaroo erstellt unter Berücksichtigung von Kriterien, wie

- Annäherung an einer idealen zweifach gekrümmten Fläche
- ästhetische Aspekte
- gegebene Faktoren, wie die Position der Stützen der Nachbarbebauung
- Entwurfstechnische Überlegungen für die zukünftigen Funktionen

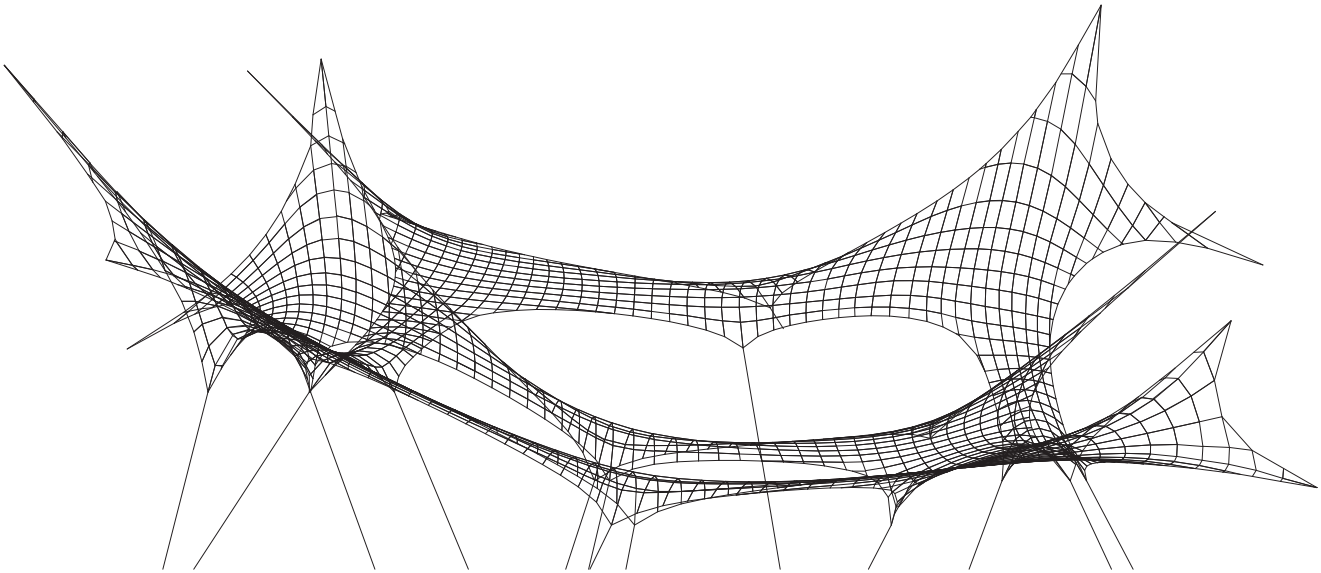


4.2.18. Verformungsanalyse des Endforms (Seitenansicht)

Schritt 2.: Verformungsanalyse



Ebenfalls im Software Kangaroo werden die Stellen, wo größere Verformungen stattfinden, lokalisiert. Die Ergebnisse könnten bei einer genauen statischen Optimierung, bzw. bei der Dimensionierung der tragenden Elemente herangezogen werden.

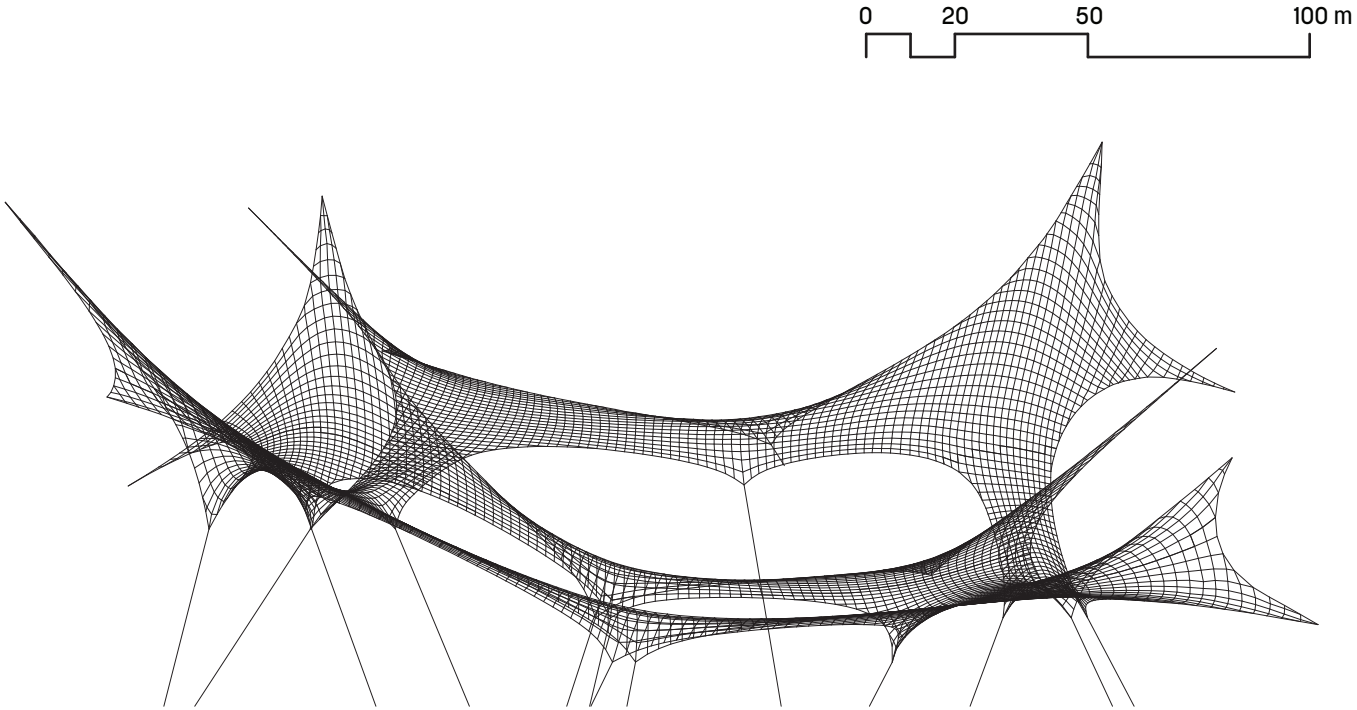


4.2.19. Meshoptimierung des Endforms (Seitenansicht)

Schritt 3.: Meshoptimierung

Da der generierte Meshgeometrie zu unregelmäßig ist, um es auch als Tragwerk eingesetzt werden zu können, muss der Mesh neu unterteilt werden, um gleichmäßige Vierecke zu bekommen.

In diesem Schritt wären Unterteilungen auch in Drei- oder Sechsecken möglich, aber das Viereckssnetz besitzt die günstigsten kinematischen Eigenschaften für diesen Einsatz.

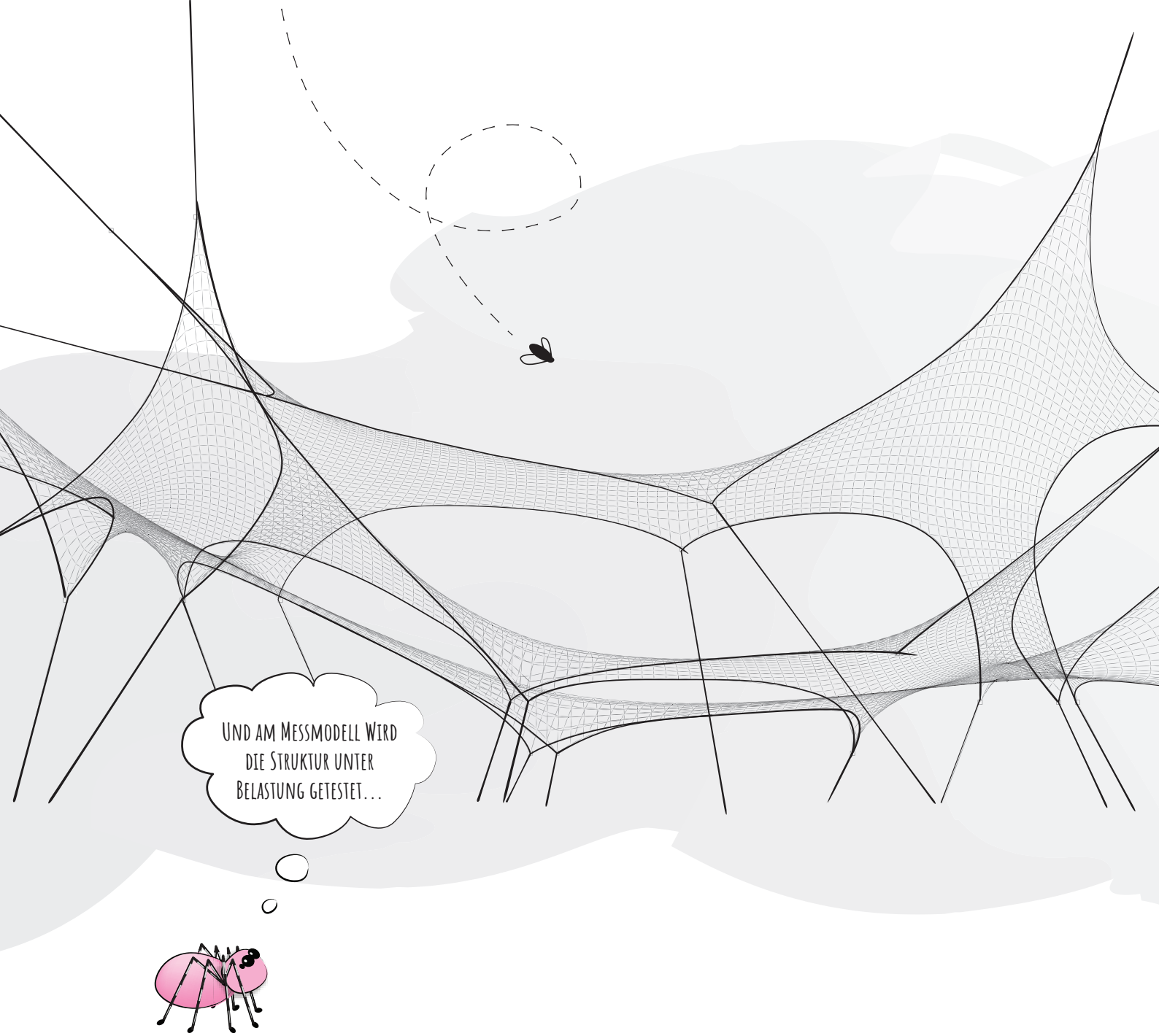


4.2.20. Verfeinerung der Meshgeometrie (Seitenansicht)

Schritt 4.: Verfeinerung

Die grobe Unterteilung des Netzes wird verfeinert, eventuelle unregelmäßige Stellen ausgeglichen.

Die Geometrie mit ähnlich großen Meshflächen kann als tragende Struktur in der Seilnetzkonstruktion herangezogen werden.


Und am Messmodell wird die Struktur unter Belastung getestet…

4.3 **Statische Analyse**

Vorspannungsanalyse

Lastaufstellung

4.3.1 Vorspannungsanalyse

Um die bei der Formfindung gefundene Geometrie statisch zu analysieren wurde das Programm *Karamba* benutzt.

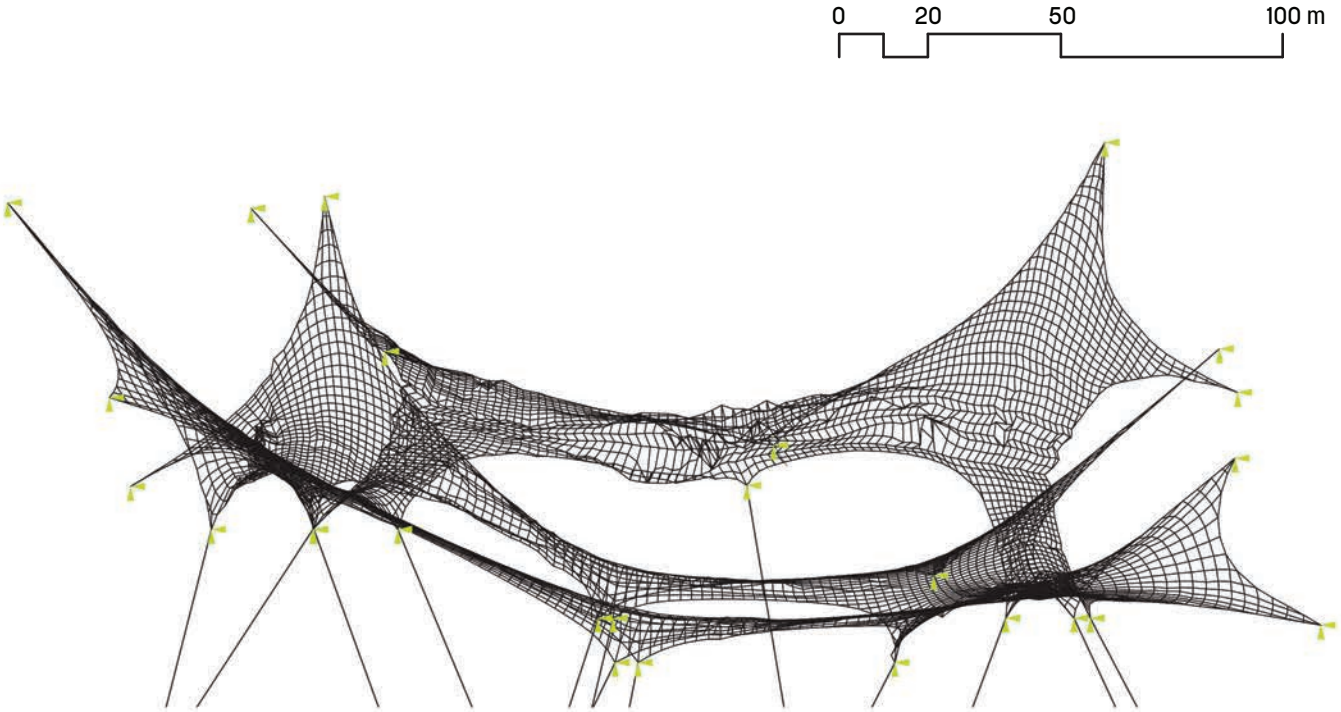
Das Hauptaugenmerk bei der Analyse war die auftretende Zugkräfte und eventuelle Druckkräfte zu ermitteln. Die Vermeidung von Druckkräften im System ist essenziell, um ein Versagen der Seile zu verhindern. Die Analyse bei der Geometrie ergab, dass die geringen Druckkräfte mit mehr Vorspannung an den entsprechenden Stellen vermieden werden können. Um größere Druckkräfte zu eliminieren wäre es nötig eine Änderung an der Geometrie vorzunehmen.

Während der Analyse wurden durchgehend konstante Seilquerschnitte vorgesehen und als Materialeigenschaften die Parameter von Kohlenstofffaser angewendet. Für die Ermittlung, der tatsächlich nötigen Querschnitte müssen die Normalkräfte berechnet werden, um die Seile entsprechend skalieren zu können.

	Zugfestigkeit (MPa) (N/mm²)	E-modul (GPa)
Stahl	400-2400	195-210*
Kohlenstofffaser	2.300-6.400	230-935
Glasfaser	3.500-4.800	72-90
Aramidfaser	2.900-3.600	58-186
Basaltfaser	3.700-4.800	87-110
Polyethylenfaser	2.700-3.600	89-116
Kohlenstoffnanoröhren	30.000	1.000
Spinnenseide	1.652**	22,2***

Tabelle 4.3.1 - Zugfestigkeit und E-Modul einiger Faserwerkstoffe. Bei der Analyse wurden die Eigenschaften von Kohlenstoffaser angewendet

* Für Seile gibt es keinen konstanten E-Modul, da der Wert stark von der Seilgeometrie und der Belastungsgeschichte abhängt
**Caerostris darwini
***Kukulcania hibernalis

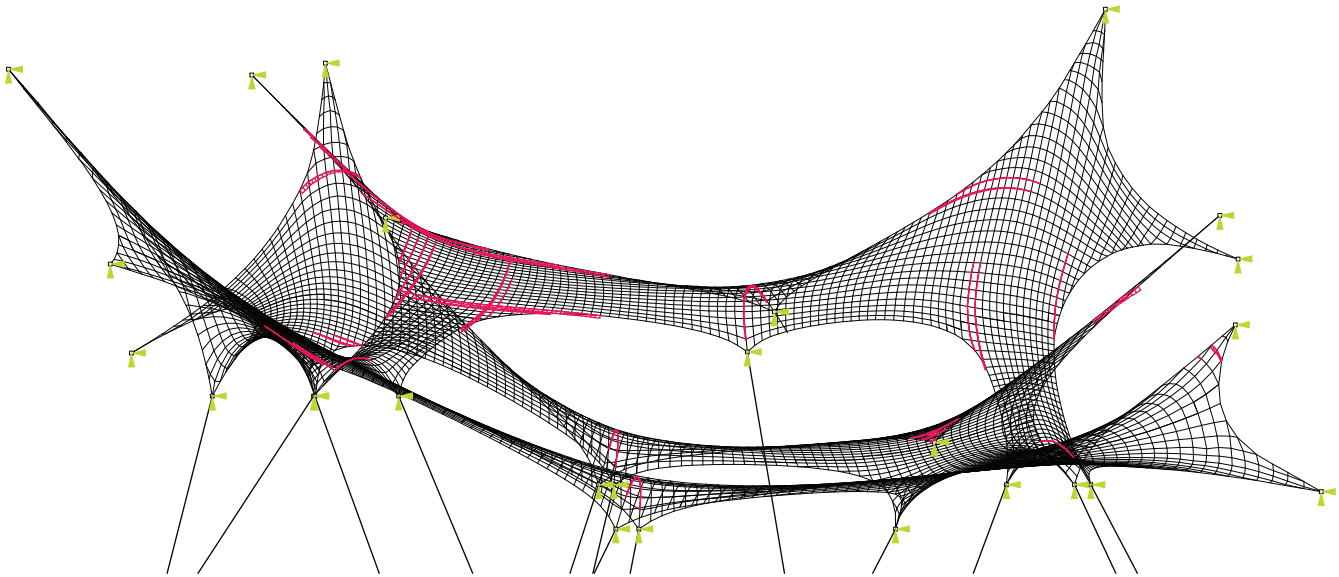


4.3.1. Netz versagt unter gleichmäßiger Vorspannung

Schritt 1.: Geichmäßige Vorspannung

Auflagerpunkte

Im ersten Schritt wurde eine gleichmäßige Vorspannkraft für das gesamte System vorgesehen. Unter diesen Bedingungen entstehen in manchen Seilen nach wie vor geringfügige Druckkräfte, die ein Ausknicken verursachen.



4.3.2. Visualisierung der auftretenden Druckkräfte

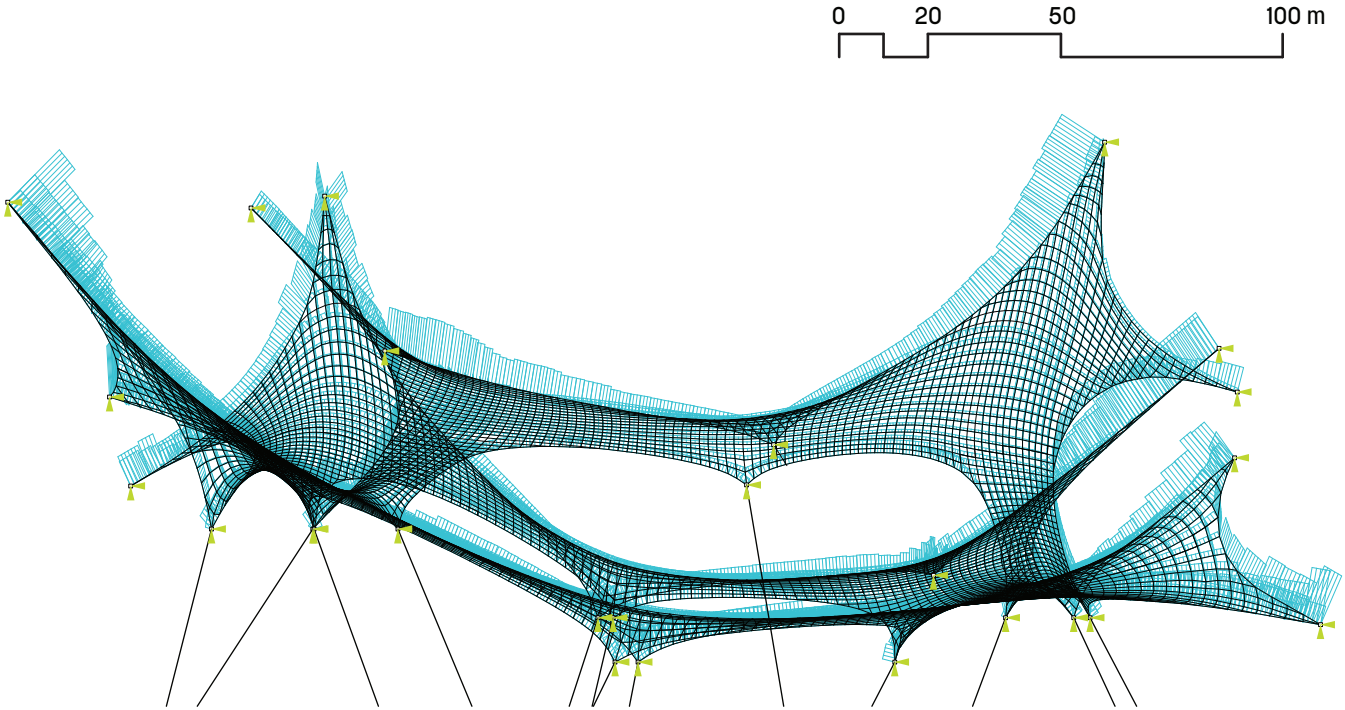
Schritt 2.: Vorspannungsoptimierung

Auflagerpunkte

Druckkräfte

Um das System stabil zu bekommen ist es nötig ungleichmäßige Vorspannkräfte vorzusehen. Um die nötigen Querschnitte zu ermitteln, müssen die Normalkräfte berechnet werden und nach den gefundenen Werten die Kabeln entsprechend skaliert werden.

Die Grafik oben wurden die Stellen mit auftretenden Druckkräften rot markiert. Die Höhe der Linien entspricht die Größe der Druckkräfte.



4.3.3. Visualisierung der auftretenden Zugkräfte

Schritt 2.: Vorspannungsoptimierung

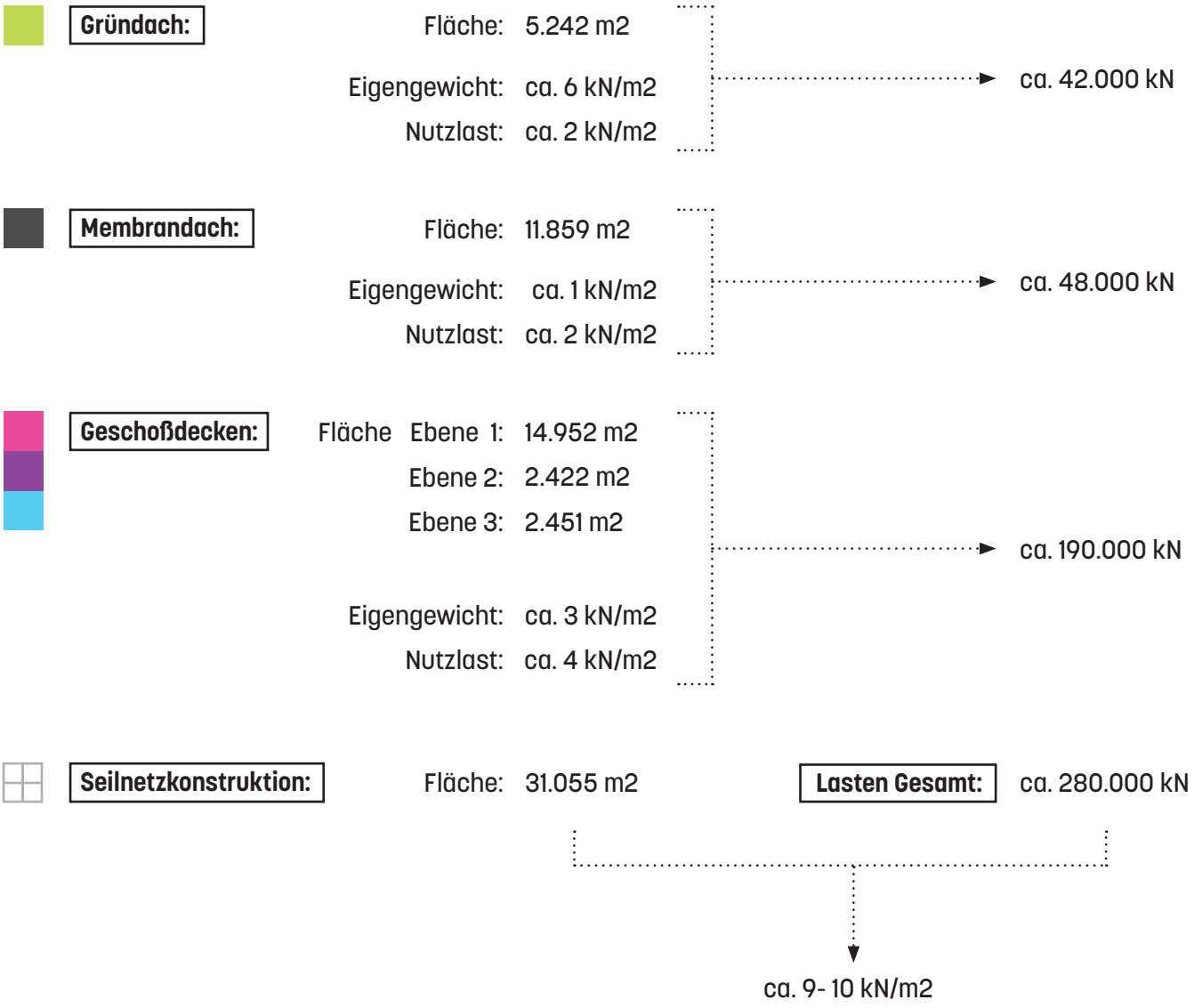
Auflagerpunkte

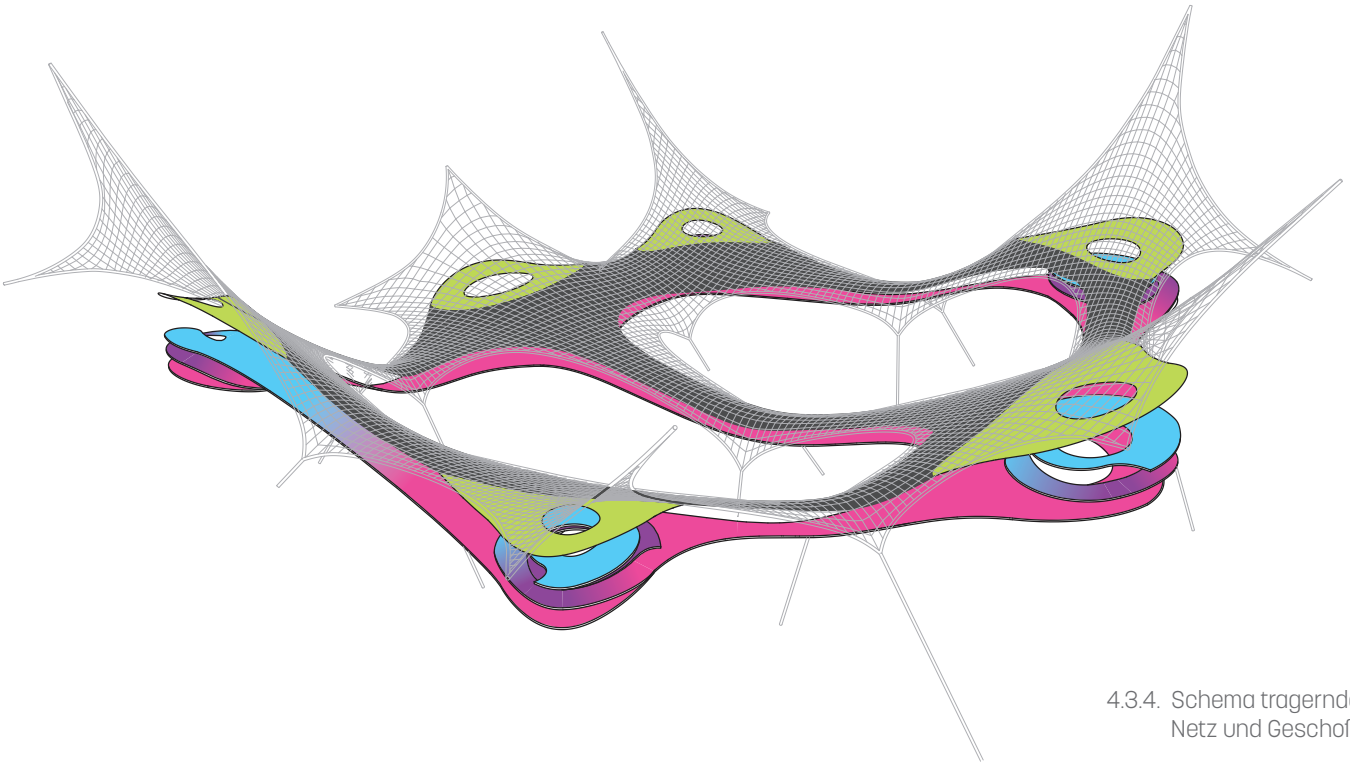
Zugkräfte

Die Grafik zeigt die im System auftretende Zugkräfte. Die Länge der Linien entspricht die Größe der Zugkraft. Im Vergleich zur Grafik auf der vorigen Seite ist es ersichtlich, dass die Druckkräfte im Vergleich zu den Zugkräften gering ausfallen.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass die größten Zugkräfte in den Randseilen auftreten, und in der Nähe der Auflagerpunkte an höchsten sind. Mit dieser Information können die Randseile entsprechend dimensioniert werden.

4.3.2 Lastaufstellung





4.3.4. Schema tragernder Netz und Geschoße

Weitere Optimierungmöglichkeiten

Die grobe Lastaufstellung ergibt, dass im Gebäude auf allen Ebenen, bis auf das Gründach die Nutzlasten höher sind, als die tatsächliche Gewicht der Konstruktion. Der Verzicht auf das Gründach würde ca. 20.000 KN/m2 Einsparung im Eigengewicht bedeuten. Im Gesamtsystem heißt das eine Verbesserung von 9-10 kN/m2 auf ca. 8-9 kN/m2, was der Seilnetzkonstruktion tragen muss. Weitere Gewichtsreduzierung ist nur durch die Reduzierung der Geschossflächen möglich, da sich in der Konstruktionsweise und in der Materialanwendung wenig bis gar kein Spielraum mehr für eine Optimierung ergibt. 8-10 kN/m2 sind ein sehr guter Gesamtwert für die leichte Konstruktion. Nach dieser Belastungsfall kann ein Durchmesser für die Hauptspannseile aus Kohlefaser ca. 20-25 cm geschätzt werden, die ungefähr die Größenordnung der Seilkonstruktionen in der Brückenbau entspricht.

Bei einer Montage müsste das Netz den vorgespannten Zustand erst im vollen Belastungsfall übernehmen, bis dahin können Hilfskonstruktionen nötig sein, um die Form Aufrecht zu erhalten.

5 Analyse, Synthese

5.1 Vertical Farming

5.2 Die Schräge in der Architektur

Ich wünsche mir etwas
mehr grün hier...

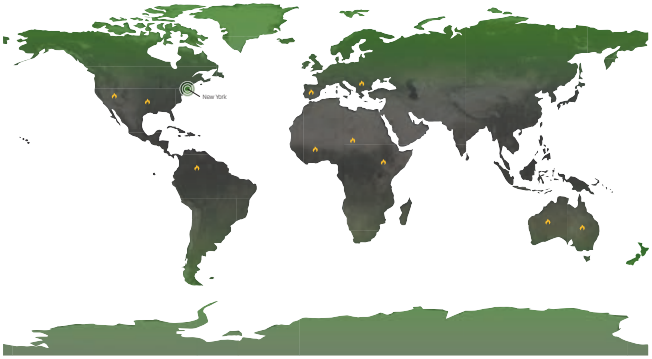
5.1 **Vertical Farming**

Das Konzept des Vertical Farmings

Das Two World Trade Center als Vertical Farm

5.1.1. Das Konzept des Vertical Farmings

Laut Schätzungen sollte die Weltbevölkerung noch in unserem Jahrhundert auf ca. 10 Milliarden Menschen anwachsen. Gleichzeitig ist aber damit zu rechnen, dass die wertvolle, landwirtschaftlich nutzbare Flächen schrumpfen werden. Die fortschreitende Wüstenbildung gefährdet nach pessimistischen Schätzungen sogar ein Drittel der des Festlandes (siehe Karte S. 24-25)[1]



5.1.1. Bewohnbare und unbewohnbare Gebiete im Jahr 2100, siehe größere Karte, Seite 24-25.

Energieknappheit, und der Mangel an landwirtschaftliche Fläche sind unter den drohenden Problemen der Zukunft, die durch die rasch wachsende Weltbevölkerung nur verschärft werden. Eine Lösung könnte nur eine radikale Umstrukturierung der Energiewirtschaft, sowie der landwirtschaftlichen Produktion bedeuten. Möglicherweise können diese zwei Gebiete als geschlossenes System miteinander verbunden werden, um die Effizienz zu steigern, und Ressourcen einzusparen.[2,3]

Der Begriff Der Begriff „Vertical Farming" wurde von den Biologen Dickson Despommier geprägt. Nach seinem Konzept, würden hohe Gebäude, sog. „Farmscrapers" im Stadtraum die Rolle der landwirtschaftlichen Produktion übernehmen. Vertical Farming" wurde von den Biologen Dickson Despommier geprägt. Nach seinem Konzept, würden hohe Gebäude, sog. „Farmscrapers" im Stadtraum die Rolle der landwirtschaftlichen Produktion übernehmen.[2,3]

Vorteile gegenüber der traditionellen Landwirtschaft sind folgende:

- Transportwege werden eingespart
- verbraucht wenig Grundfläche
- Viel weniger Wasserverbrauch, Wasserhaushalt im geschlossenen System möglich
- Die Produktion läuft über das gesamte Jahr, keine wetterbedingte Einschränkungen
- Die Pflanzen können auf natürliche Weise von Schädlingen geschützt werden, kein Einsatz von Pestiziden und Pflanzenschutzmittel nötig
- Eine Vielzahl von Pflanzen können indoor angebaut werden, sogar Getreide[2,3]

Nachteile des Systems sind die hohen Kosten und auch relativ hoher Energieverbrauch, die durch die vertikale Transport von Wasser, und diversen Rohstoffen entstehen, und die künstlichen Lichtellen aufgrund schlechteren Lichtverhältnissen.[2,3]

Hydroponik - Aquaponik - Aeroponik

Etwa 70% des Süßwassers auf der Erde wird durch die traditionelle Landwirtschaft in Anspruch genommen und dadurch kontaminiert. Hydroponik dagegen und die neueste Entwicklung, die Aeroponik benötigen aber nur ein Bruchteil dieser Wassermenge. Wenn diese Methoden in einem geschlossenen Wasserkreislauf angewendet werden, kann bis zu 70-95% des Wassers eingespart werden. Die Systeme wurden von der NASA und der ESA weiterentwickelt und können eingesetzt werden um z. B. Pflanzen im Weltraum wachsen zu

5.1.2. "Aeroponic Towers" - eine Möglichkeit, Aeroponik im Pflanzenanbau anzuwenden

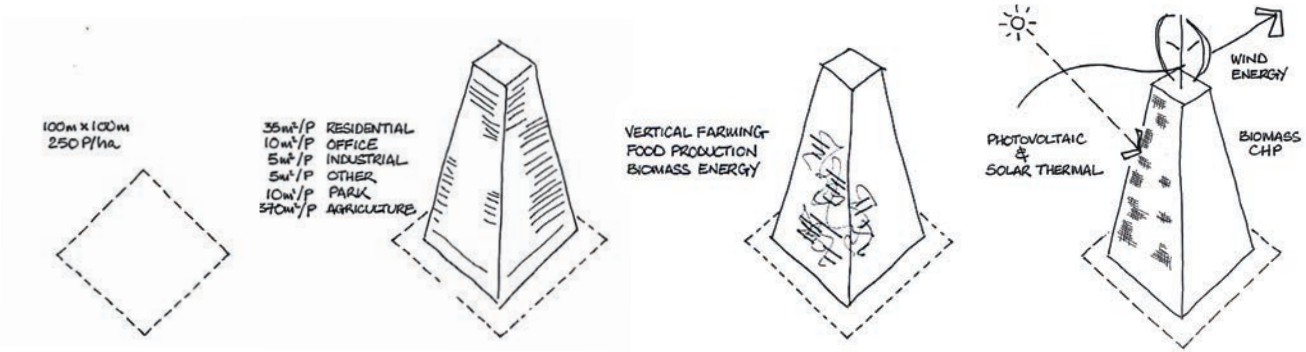
5.1.3. Hydroponik im Labor der NASA

lassen. Ähnlicher weise, können auch auf der Erde fast überall Pflanzen angebaut werden, sogar im inneren von Hochhäusern.[2]

Pflanzen brauchen keine Erde per se. Die Erde bedeutet lediglich die solide Basis, wo sie ihre Wurzeln ausbreiten können. Der Typ der Erde spielt auch keine besondere Rolle, solange genug Wasser, Mineralien und organisches Nitrogen vorhanden sind. Deshalb können Pflanzen nahezu alle Lebensräume erobern, z. B. neu geformte vulkanische Inseln, wo sie das Gestein mit ihren Wurzeln zerkleinern, und tragen erst dazu bei, dass sich eine Art primitives Substrat ausbildet.[2]

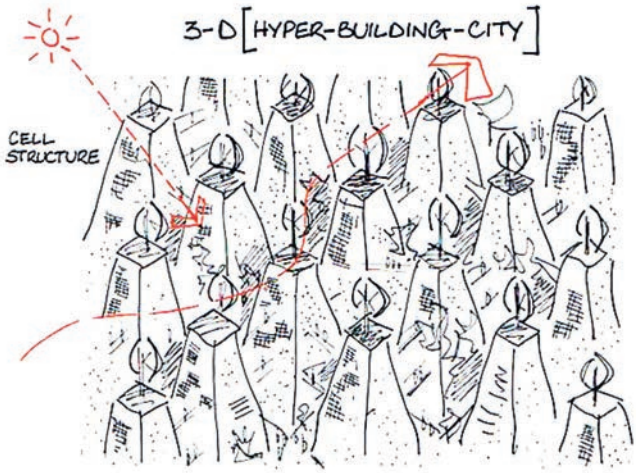
Hydroponik wurde bereits 1937 entwickelt, durch Dr. William Frederick Gericke. Das Prinzip beruht darauf, dass Pflanzen in einer wässrigen Lösung mit Mineralsalzen wachsen, anstatt ihre Wurzeln in solider Erde zu verankern. Das System kann bis zum Detail kontrolliert werden, indem die enthaltenen Nährstoffe im Wasser genau gemessen und abgestimmt werden.[2]

Aeroponik ist eine viel jüngere Entwicklung aus dem Jahr 1982. Diese Methode benötigt in etwa 70% weniger Wasser Aeroponik und übertrifft diese dadurch um das Vielfache an Effizienz. Die Wurzeln liegen an der Luft und werden gezielt besprüht mit einer speziellen Nährstofflösung.[2]



5.1.4. Konzept , wie Vertical Farming mit nachhaltigen Energiegewinnung kombiert werden kann

Ein günstiger Nebeneffekt der Hydroponik und Aeroponik ist, dass man auf Pflanzenschutzmittel weitgehend verzichten kann: In einem geschlossenen Gebäude ist es einfacher zu bewerkstelligen, dass unwillkommene Gäste, wie schädliche Insekten oder Pilze. Der Verzicht auf Pflanzenerde reduziert weiter das Risiko der Verbreitung verschiedener Krankheiten.[2]

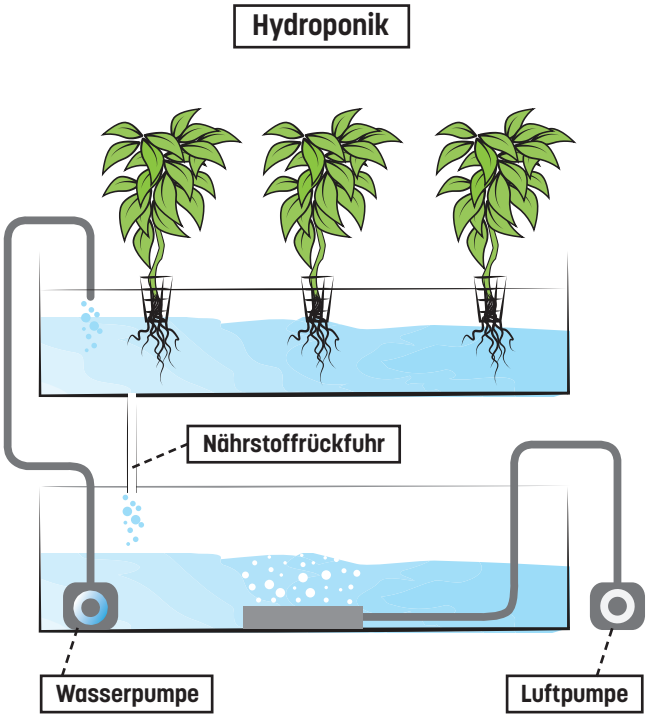


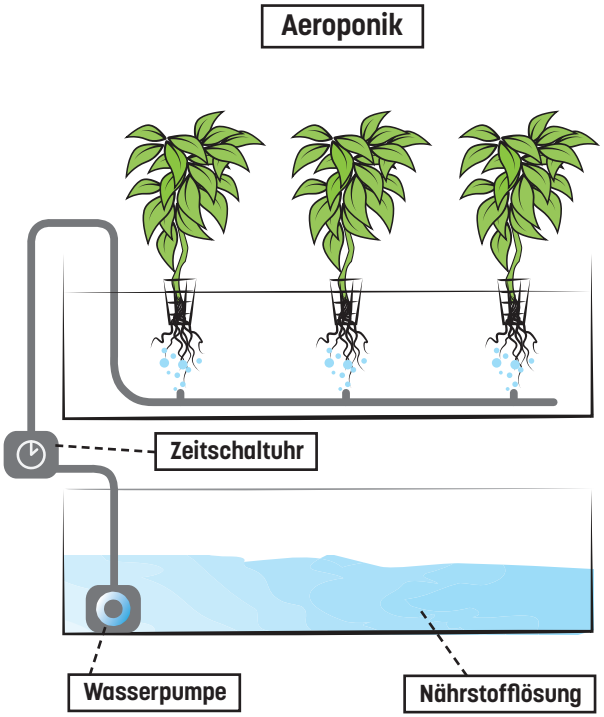
5.1.5. Konzept , wie Vertical Farming mit nachhaltigen Energiegewinnung kombiert werden kann

Das Prinzip der Vertical Farming kann mit nachhaltigen Energiegewinnung kombiniert werden, wie Sonnenenergie, Windenergie, Energie von Biomasse usw.

Pflanzen sind aber auch in der Lage Abwasser zu reinigen: das verunreinigte Wasser, was über den Wurzeln aufgenommen und durch den ganzen Pflanzenkörper gepumpt wird, gelangt im Anschluss in der Atmosphäre, durch deren „Ausatmung". Die Verunreinigungen werden von der Pflanzengewebe aufgenommen und somit verlässt das Wasser in gereinigtem Zustand.[2]

Der vertikale Farm kann zu einem geschlossenen System werden, wo kein Tropfen Wasser verloren geht: Die Feutigkeit in der Luft kann wieder gesammelt und anschließend zur Bewässerung genutzt werden. Somit kann der bis 95% weniger Wasserverbrauch im Vergleich zum traditionellen Landwirtschaft erreicht werden.[2]



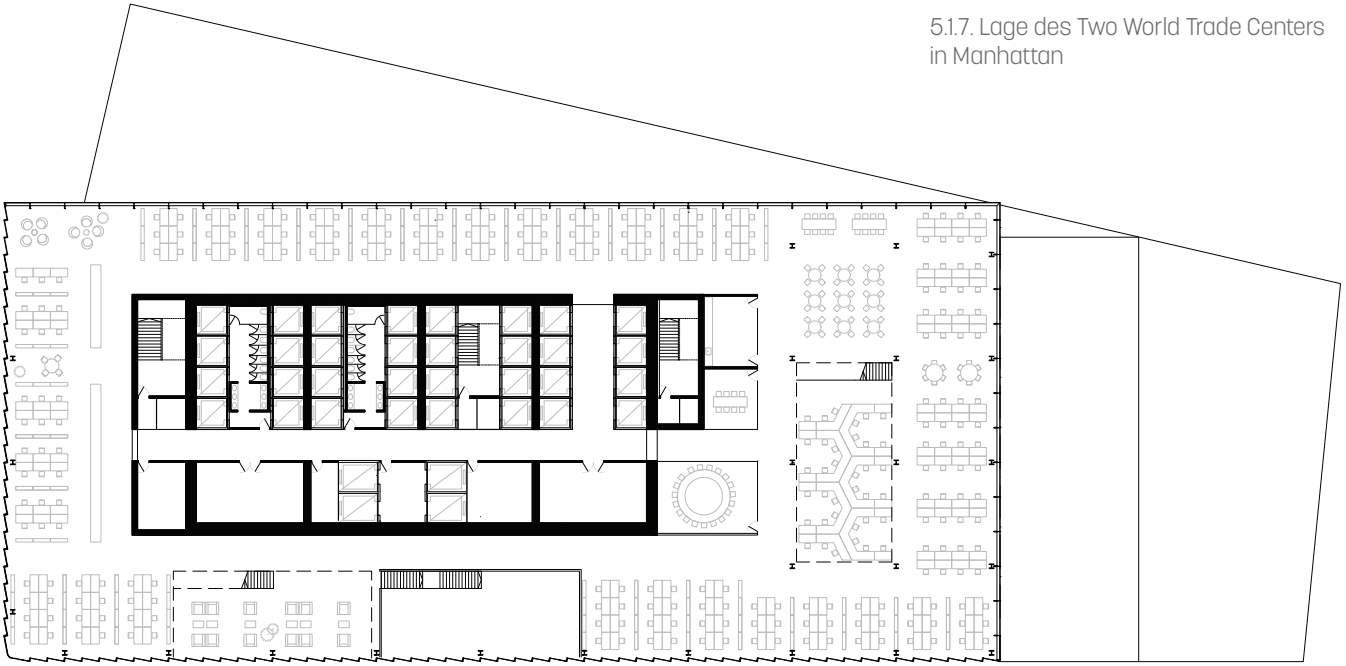


5.1.6. Vergleich Hydroponik - Aeroponik

5.1.2 Das Two World Trade Center als Vertical Farm

Bestand - Bürogebäude

5.1.7. Lage des Two World Trade Centers in Manhattan



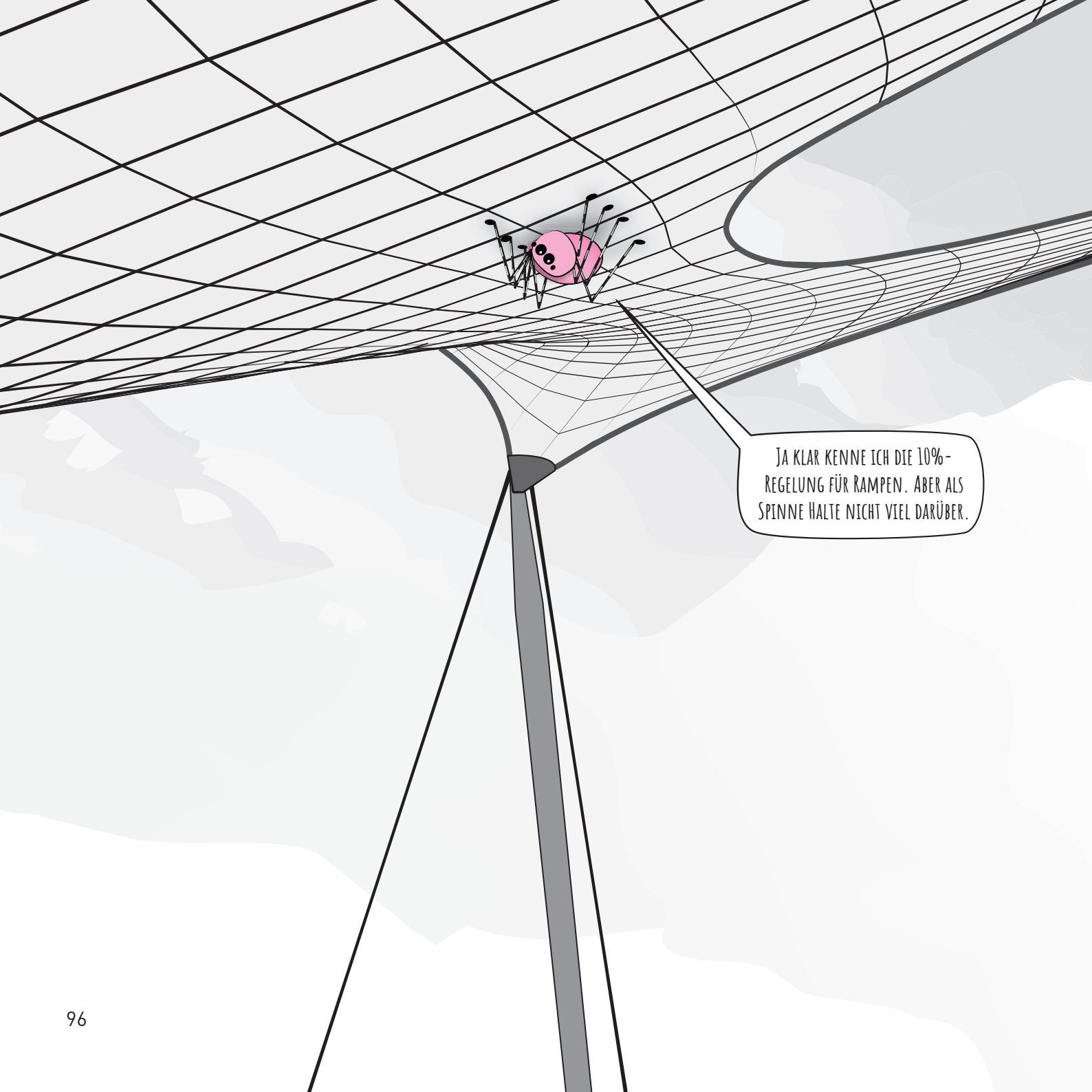
5.1.8. Two World Trade Center, Einrichtung als Bürogebäude

Umbau - Vertical Farm

1. Stiegenhauskern
2. Eintritt - Schleuse
3. Büro - Verwaltung
4. Besprechung
5. Workshop
6. Vorbereitung, Verpackung
7. Anzuchtraum
8. Vertical Farm - Aeroponik
9. Nährsofflösung Vorbereitung
10. Wasserversorgung
11. Lager

5.1.9. Two World Trade Center, Beispiel für die Einrichtung als Vertical Farm

1 2 5 10 15


Ja klar kenne ich die 10%-Regelung für Rampen. Aber als Spinne Halte nicht viel darüber.

5.2 **Die Schräge in der Architektur**

Beispiele aus der Architektur - Oblique Principle

Schräge Flächen im Entwurf

Variante 1 - Schräge Sitzlandschaft

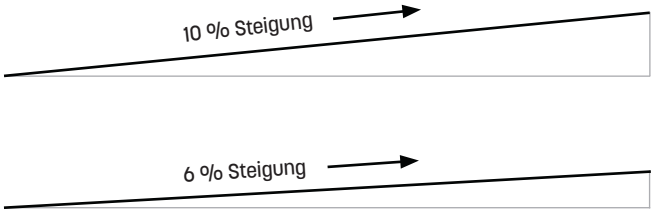
Variante 2 - Zwischenplatforme

Variante 3 - Hügellandschaft

5.2.1 Beispiele aus der Architektur - Oblique Principle

Baurichtlinien sehen eine strikte Regelung für Schräge Böden in der Architektur vor. Dabei geht es vor allem um Barrierefreiheit und Maßnahmen für die Unfallvermeidung.

Laut OIB-Richtlinie 4 für Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit dürfen Rampen eine maximale Steigung von 10% haben, in barrierefreien Ausführung nur 6%. Des weiteren ist keine Quergefälle zulässig und Zwischenpodeste von mindestens 1,2 m müssen in Abständen von höchstens 10 m, sowie bei Richtungsänderungen um mehr als 45 Grad angeordnet werden.[1]



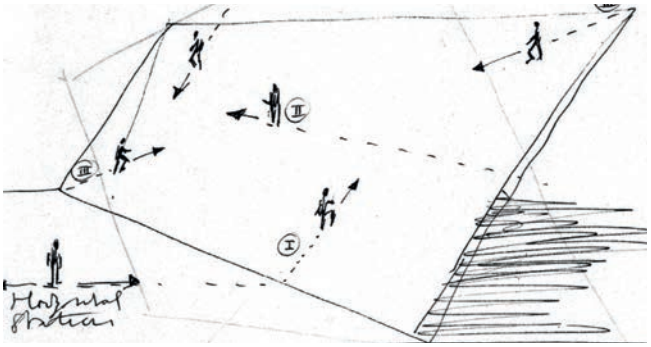
5.2.1. zugelassene Steigungen laut OIB-Richtlinie 4

Der Schräge in der Zeit der Moderne

Bereits in der Zeit der Moderne gab es in der Architektur Ansätze, die die Schräge nicht als Hindernis betrachten, sondern versuchen aus deren Eigenschaften ein Nutzen zu ziehen und die in Szene zu setzen.

Die bekanntesten Verfechter dieser Idee waren der französische Philosoph Paul Virilio und der Architekt Claude Parent. Zusammen erarbeiteten sie das "Oblique Principle", wonach die traditionelle Aufteilung des Raumes in Decke, Wand und Boden durch die Schräge ersetzt werden soll. Das Prinzip sollte ein neuartiges Raumerlebnis hervorrufen, um den Körper zu reaktivieren, basierend auf Gravitation, Orientierung und das Gefühl des Ungleichgewichts. Die radikale Idee kann als Gegenreaktion auf die Banalistion in der Massenwohnungsbau der Nachkriegszeit verstanden werden.[2,3]

Neben einer Vielzahl von nicht realisierten Entwürfen und utopistischen Zeichnungen gab es einige Projekte, wo da Prinzip tatsächlich angewendet wurde, wie z. B die Kirche Sainte Bernadette du Banlay in Nevers (1965), oder ein Supermarkt "Gem" in Sens (1970).[3]



5.2.2. Zeichnung, Claude Parent

5.2.3. Innenraum des Rolex Learning Centers

Rolex Learning Center - Ein modernes Besipiel

Die von Kazuyo Sejima und Ryue Nishizawa entworfene Gebäude dient für die Räumlichkeiten des École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Es ist einerseits wegen seinen transparenten Glasfassaden berühmt, andererseits aber auch wegen seines Raumkonzepts, der durch die komplexe Boden- und Deckenlandschaft einzigartig ist.[4]

Die Bodenplatten wurden aus doppelt gekrümmten Spannbetonschalen angefertigt, während die Deckenkonstruktion, die die Krümmung des Bodens weitgehend folgt, als Leichtbau aus Stahl und Holz ausgeführt wurde. Die große Herausforderung, die eine derartige Konstruktion mit sich bringt, sind die äußerst hohe Horizontalbewegungen. Dennoch ist es gelungen, die Fassandenprofile so schlank zu halten, dass sie Transparenz der Gebäude nicht beeinträchtigen.[4]

Der Bodenlandschaft wurde von einem grauen Teppich überzogen, die neben den günstigen Schalldämmeigenschaften auch zum sitzen und verweilen einlädt. Der Sprecher der ETH Lausanne, Lionel Pousaz sagt:[5]

„Die Benutzer sollen sich wie in einem natürlichen Park bewegen, sich hinsetzen, wo sie wollen, unterschiedlichen Aktivitäten nachgehen und zufällige Begegnungen machen.“ [5]

Im Gegensatz zur traditionellen Architektur werden hier keine strikten Regeln für die Nutzer festgelegt, vielmehr sollen sie den Raum selbst erkunden und die Funktionen mitgestalten. Dazu trägt auch die Abwesenheit der Möbel bei, die im ganzen Gebäude auf das Minimum reduziert wurde, und lediglich von Gruppen bunter Sitzkissen unterbrochen wird.[5]

5.2.2 Schräge Flächen im Entwurf

Grüne Freifläche im Aussenbereich

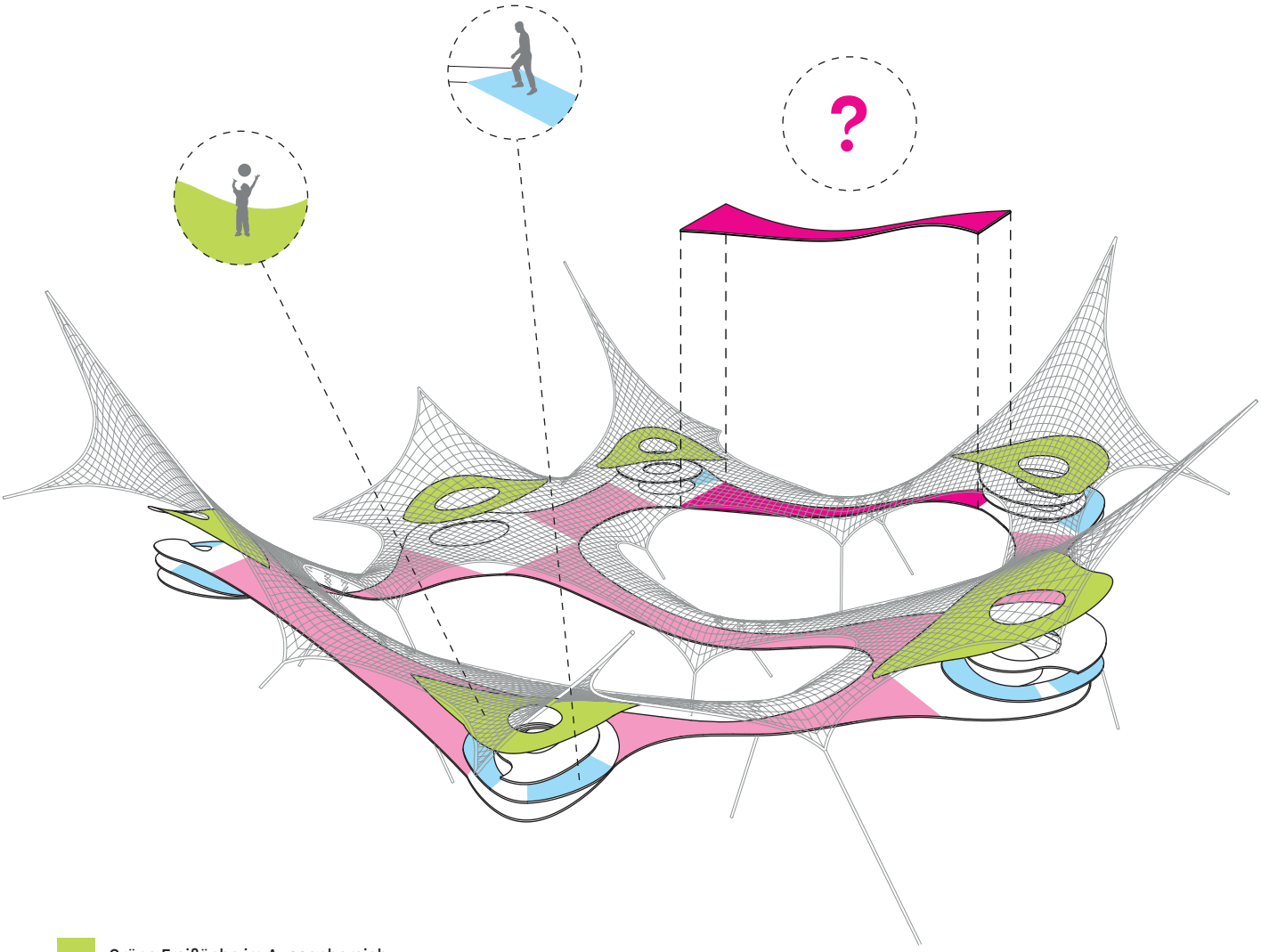
Die entstehenden Dachflächen sollten eine begrünte Landschaft bilden, die als Park, bzw. öffentliche Freifläche funktioniert. Des Weiteren sollen auf den tragenden Stäben Rankgerüste montiert werden, wo sich Kletterpflanzen ausbreiten können. Als Gesamteindruck soll das Gefühl eines „Waldes" entstehen.

Vertikale Erschließung zw. Geschoßen

Die einzelnen Ebenen im Gebäude sind mit Rampen verbunden, um einen fließenden Übergang zwischen den Geschossen herzustellen. Die Rampen funktionieren nicht ausschließlich als Erschließungsfläche, sondern sollen ebenfalls frei bespielt werden können, z.B. als Kommunikationszone, Spielplatz oder Ausstellungsfläche.

Wie kann die Fläche bespielt werden?

Die mehrgeschossige „Hauptbereiche" der Gebäude werden durch schräge, rampenartige Ebenen verbunden, die mit deren Form sich der Seilnetzkonstruktion anpassen. Um die Niveuunterschiede zu überwinden, kommen Rampen mit verschiedenen Steigungen zum Einsatz: zum Teil überschreitet die Steigung nicht den 6%, die um eine behindertengerechte Bauweise notwendig ist, zum Teil kommen aber auch „gerade noch schaffbare" Steigungen von über 20% vor.
Wie Flächen dieser Art gestaltet werden können und wie die Steigungen eventuell minimiert werden können, werde ich anhand eines Beispieles untersuchen. Die ausgewählte Fläche wurde in der Grafik dunkelrosa markiert und wird in den nächsten Seiten genauer ausgearbeitet.



Grüne Freifläche im Aussenbereich

Vertikale Erschließung zw. Geschoßen

Multifunktionale schräge Flächen

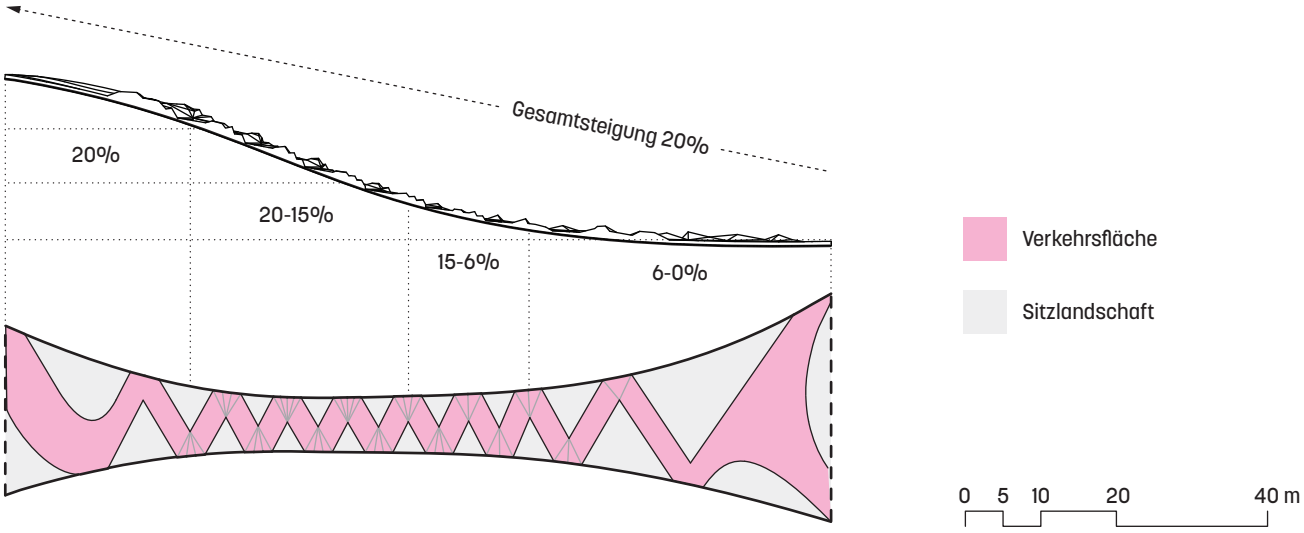
Ausgewählte Fläche für weitere Analyse

5.2.4. Arten von schrägen Flächen im Entwurf

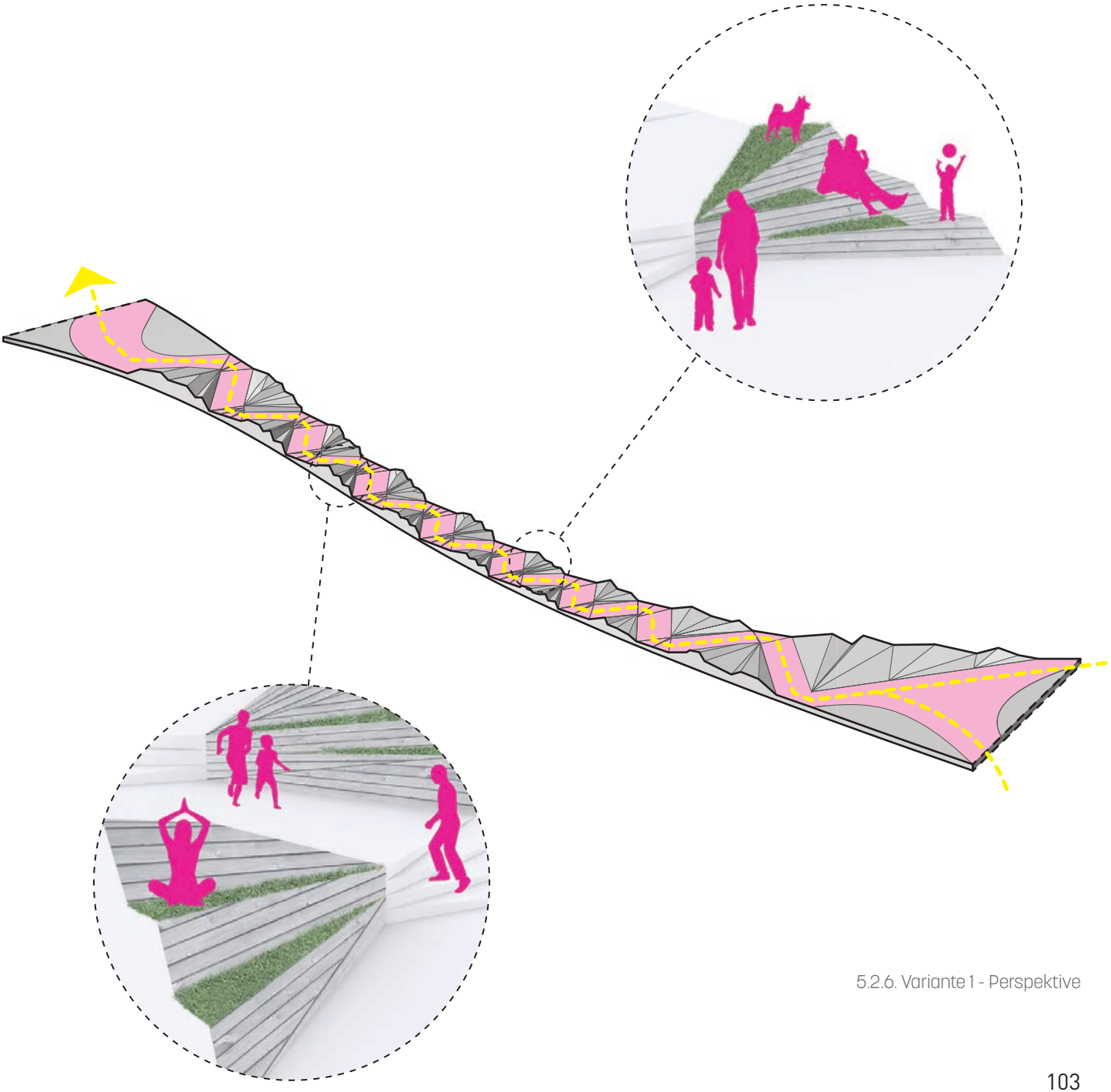
5.2.3 Variante 1 - Schräge Sitzlandschaft

Die erste Variante der schrägen Fläche basiert auf eine geometrische Dreieckstruktur. Der zickzackartige Verlauf des Weges in der Mitte vermindert die Steigung der Fläche und ist somit leichter überwindbar. Der Weg ist eine Kombination von Rampen und Stufen, die Ebenfalls von der dreieckigen Grundstruktur ausgehen.

Zwischen den Abschnitten des Weges bilden sich Inseln, mit einer unregelmäßigen geometrischen Struktur, die als Sitzlandschaft funktionieren sollen, aber von den Nutzern frei bespielbar sind: Die Insel sollen zum Verweilen einladen und Raum für diverse Freizeitaktivitäten bieten, wie Sport, Erholung, oder Raum des soziales Zusammentreffens.



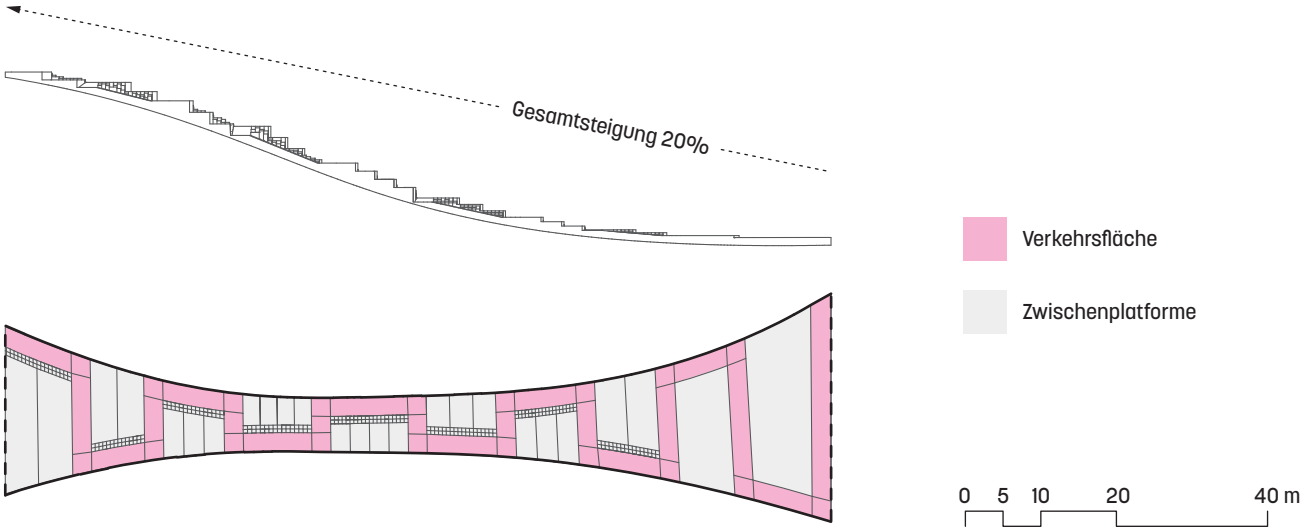
5.2.5. Variante 1 im Grundriss und Seitenansicht



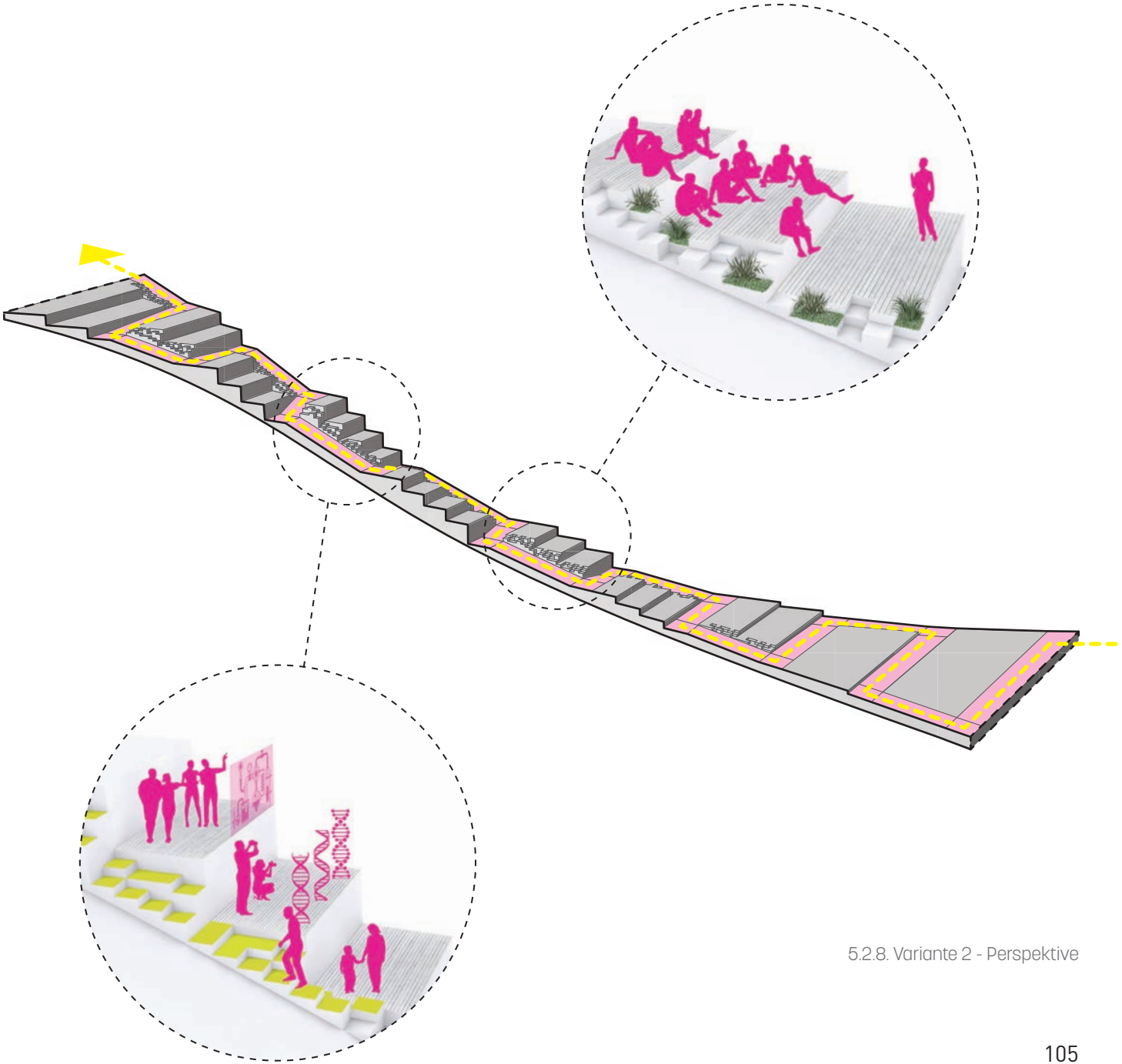
5.2.6. Variante 1 - Perspektive

5.2.4 Variante 2 - Zwischenplatforme

In der zweiten Variante wird versucht die schräge Fläche, so weit es möglich ist in geraden Flächen aufzulösen. Der Erschließungsweg ist in dem Fall eine mäanderförmige Rampe, die ebenfalls für die Reduzierung der Steigung eingesetzt wurde. Die Analyse ergibt, dass die mäanderförmige Wegführung nur gering dazu beiträgt, die Steigungen effektiv zu reduzieren. Die entstehende Inseln haben eine orthogonale, treppenartige Geometrie, die in Richtung Erschließungsweg in immer kleineren Unterteilungen aufgelöst wird, damit die Insel leichter betreten werden können. Ein Nachteil ist, dass die geraden Flächen relativ viel Platz verbrauchen im Vergleich zu Variante 1. Ein möglicher Vorteil ist, dass die Geometrie erlaubt die Nutzung von Freizeitaktivitäten auszubreiten auf Funktionen, wie Workshop, Café oder Museum. Letzteres könnte beispielsweise die Inseln als Stationen eines interaktiven Ausstellung zur Nutze machen, vergleichbar der Ars Electronica in Linz.



5.2.7. Variante 2 im Grundriss und Seitenansicht

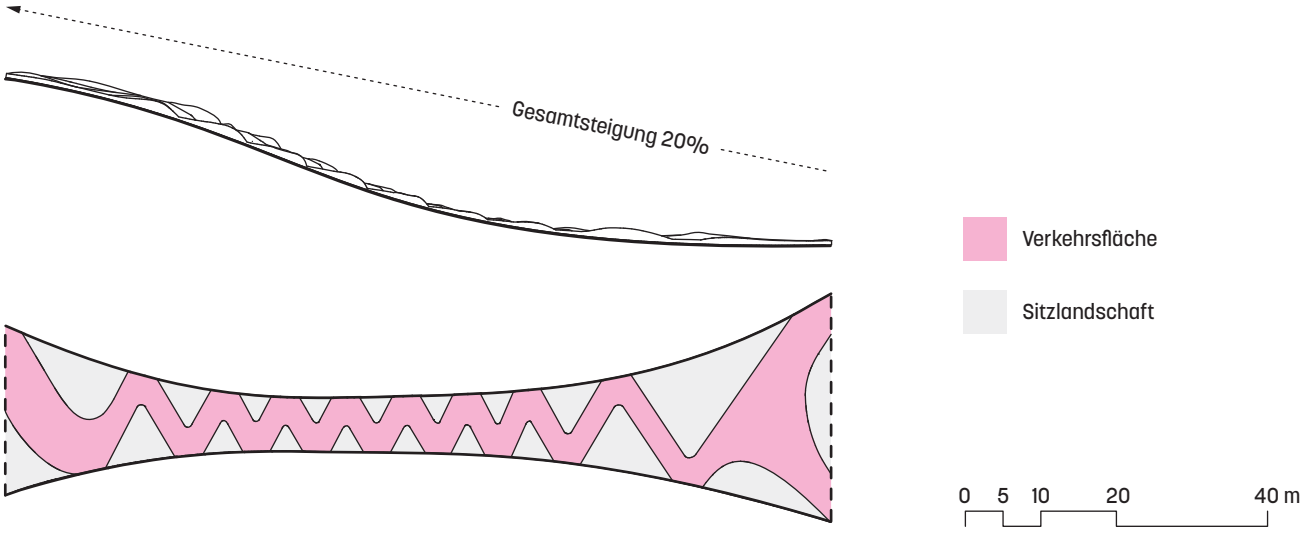


5.2.8. Variante 2 - Perspektive

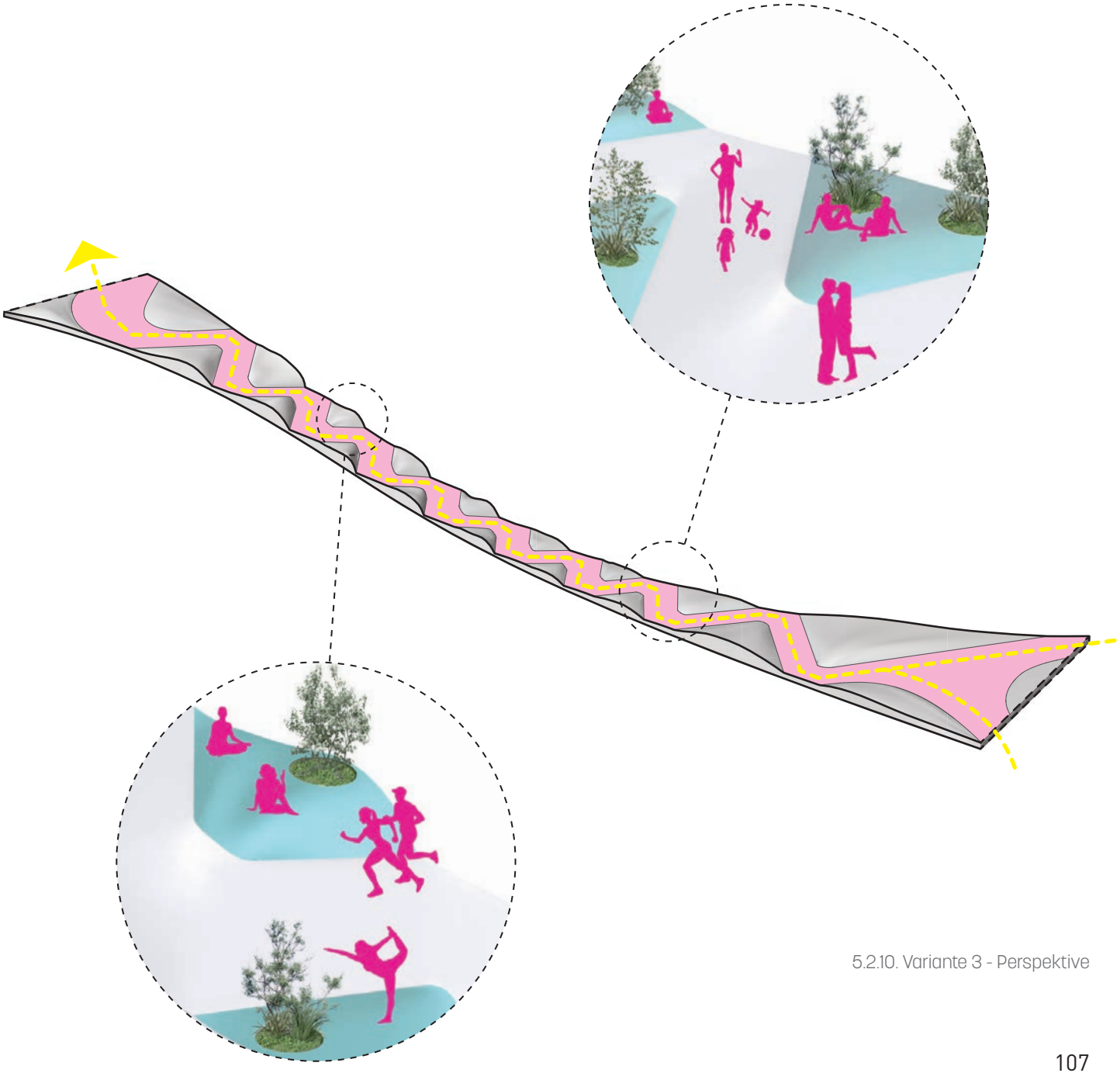
5.2.5 Variante 3 - Hügellandschaft

Variante 3 ist eine Abwandlung von Variante 1: Die Ausgangsgeometrie der zickzackförmigen Wegführung bleibt bestehen, aber es wird auf Kanten, und spitzen Ecken verzichtet. Der Erschließungsweg wird durchgehend als Rampe geführt, und die Steigung wird somit effektiv, und in sanften Übergängen reduziert.

Die entstehenden Inseln bilden kleine Hügellandschaften, die ähnlich zu Variante 1 ein Raum für Erholung und sozialen Zusammentreffen bieten sollen. Der Verzicht auf scharfe Kanten bewirkt, dass die Struktur viel übersichtlicher ist, es entstehen keine „Rückzugsecken", oder durch Schrägen getrennte Bereiche.



5.2.9. Variante 3 im Grundriss und Seitenansicht



5.2.10. Variante 3 - Perspektive

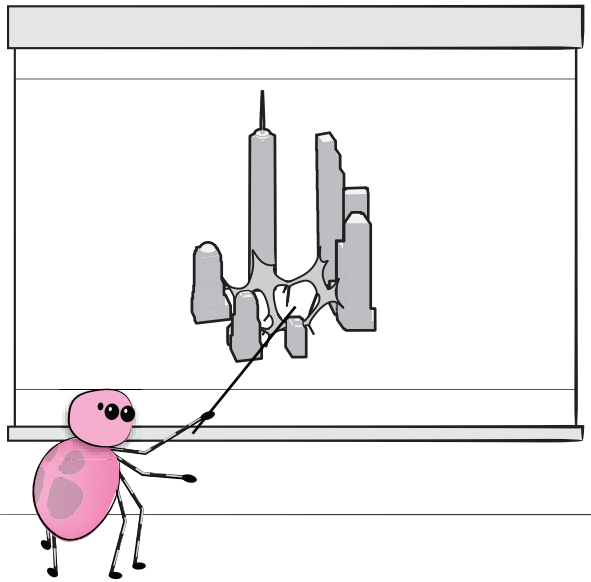
6 Resultat

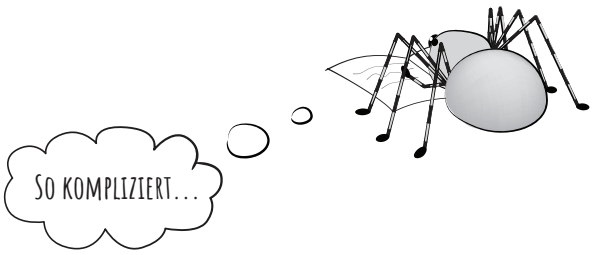
6.1 Funktionsdiagramme

6.2 Konstruktion

6.3 Architekturentwurf

Themen Heute: Wasserversorgung
Brandschutz
Energiekonzept





6.1 **Funktionsdiagramme**

Wasserversorgung

Brandschutz

Energiekonzept

6.1.1. Wasserversorgung

Regenwasser

In Turm A, B und C befindet sich unter dem Dach ein Regenwasserspeicher. Bei Bedarf kann der Regenwasser um die Versorgung der vertikalen Gärten genutzt werden.

Wasserspeicher

Das Wasser wird in den Wasserspeichern hochgepumpt, wenn es gerade viel Energie vorhanden ist. (Bei Wellengang, Wind, Sonneneinstrahlung). Die Speicher werden durch den bereits bestehenden Schächten im Hochhaus verbunden.

Wasserleitungen

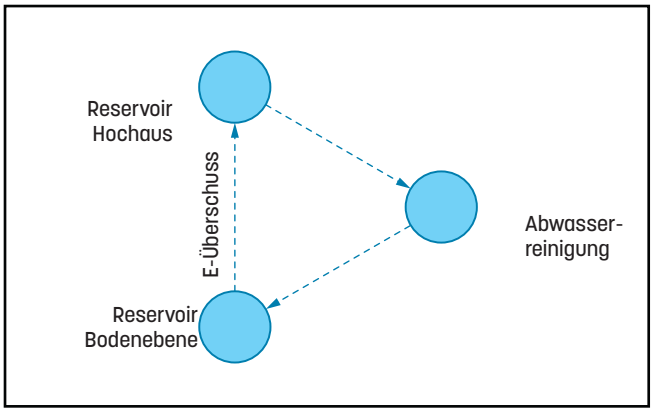
In der hängenden Struktur befinden sich keine separate Wasserreservoire. Die Wasserversorgung wird ebenfalls durch die Speicher in den Hochhäusern gewährleistet. Das Wasser läuft immer im Gefälle Richtung niedriger liegenden Ebenen, um Energie zu sparen.

Vertical Gardening

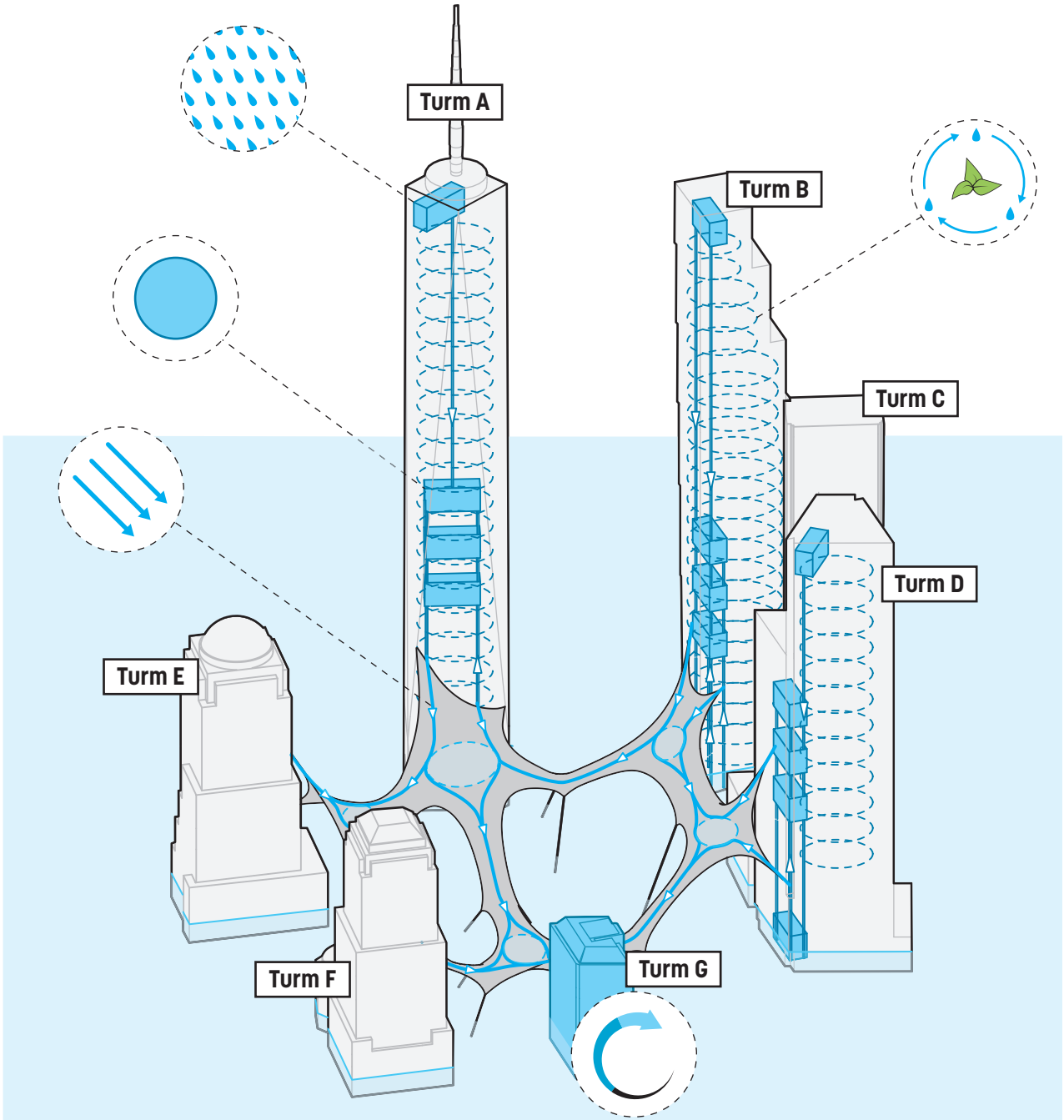
Die vertikale Gärten besitzen eine weitgehend geschlossene Wasserhaushalt, deshalb ist nur wenig zusätzliche Wasserzufuhr nötig. Falls doch Wasser benötigt wird, kann diese von den weiter unten liegenden Ebenen hochgepumpt werden.

Abwasserreinigung

Turm F ist der niedrigste Ankerpunkt der Struktur und gleichzeitig auch der Ort wo das Abwasser zusammenläuft. Hier befindet sich eine Abwasserreinigungsanlage. Die Energie für die Reinigung wird von das Abwasser selbst gewonnen. Das gereinigte Wasser läuft zurück zu den Wasserreservoirs und wenn wieder Energieüberschuss vorhanden ist, in den Türmen hochgepumpt.



6.1.1. Wasserkreislauf, Übersicht


Turm A
Turm B
Turm C
Turm D
Turm E
Turm F
Turm G

6.1.2 Brandschutz

Feueralarm

Da in einer hängenden Struktur dieser Dimension nicht möglich ist eine Fluchtstiegenhaus immer innerhalb 40 m Entfernung zu haben, muss der Brandschutz mit alternativen Möglichkeiten gelöst werden. Um die Ausbreitung des Brandes zu verhindern, sind Brandabschitte gesetzt, und die gesamte Fläche mit Sprinkleranlagen versehen.

Sprinkleranlagen

Die Sprinkleranlagen sind mit dem Wasserspeicher in den Hochhäusern durch das Wasserversorgungsnetz verbunden. Im Fall eines Brandes werden die Speicher in den Hochhäusern geleert und für die Brandbekämpfung verwendet.

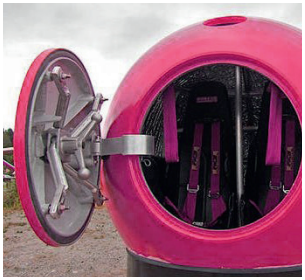
Rettungskapsel und Rettungsschläuche

Um aus der Gebäude flüchten zu können, bieten sich mehrere Möglichkeiten an: z. B. Rettungskapsel, die sogar Naturkatastrophen wie Tsunamis überstehen können. Existierende Modelle haben eine robuste Hülle, die Kollisionen, Brand und Wasser standhalten können.[5] (Bild 6.1.5)

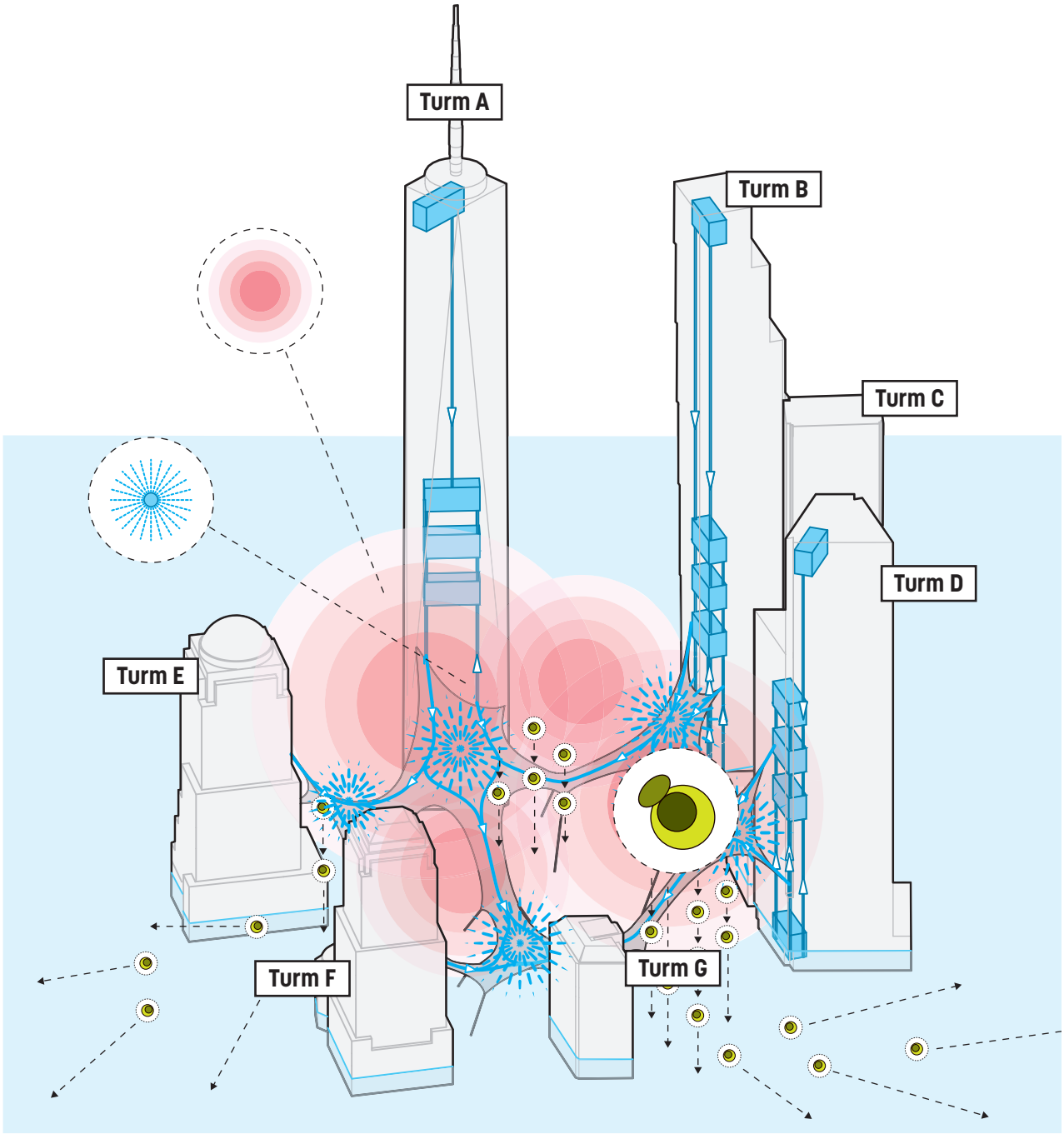
Eine Alternative zu den Rettungskapseln könnten aufblasbare pneumatische Bälle sein, ähnlich des bekannten Spielgerätes (Bild 6.1.4.) in modifizierter Form damit keine Verletzungen entstehen.

Bereits gut erprobte alternative Fluchtmöglichkeiten sind Rettungsschläuche, die einen sehr schnellen, einfachen, und effizienten Weg darstellen, sogar für Kranken oder Behinderten Personen.[6] (Bild 6.1.3.)

6.1.3. Rettungsschlauch



6.1.4. Rettungskapsel


Turm A
Turm B
Turm C
Turm D
Turm E
Turm F
Turm G

Rettungsrutschen

Ebenfalls erprobt sind Rutschen als Fluchtwege, die neben der Nutzung als Spielgerät eine sehr effiziente Fluchtmöglichkeit darstellen.[7] (Bild 6.1.6)

Vorteile von Rutschen als Fluchtweg sind:

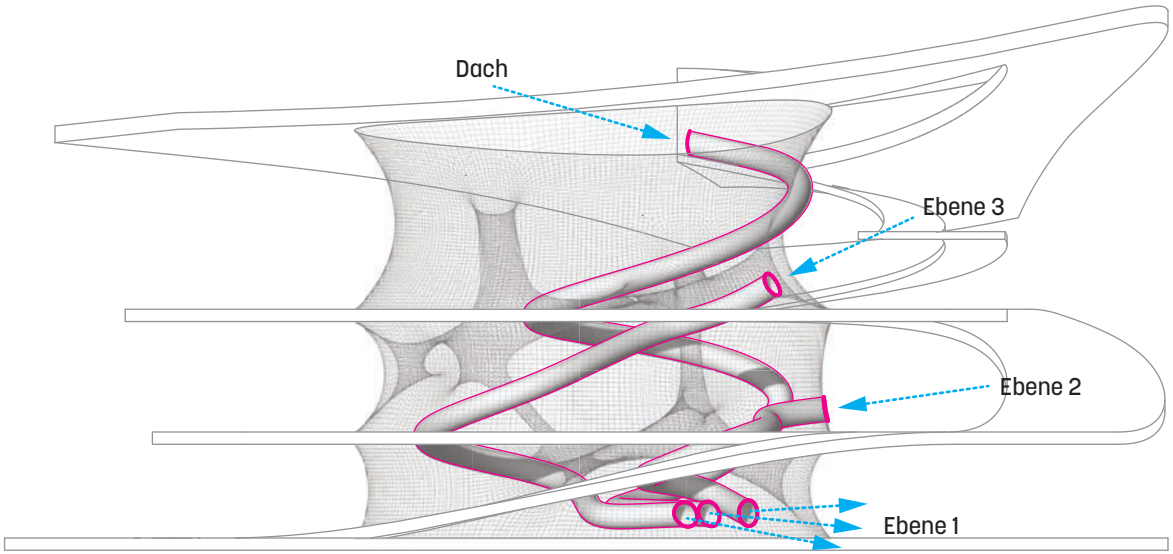
- schnelle Evakuierung
- sehr hohe Lebensdauer
- im Außenbereich ist beinahe kein Winterwartung nötig
- kann auch als Spielgerät eingesetzt werden[8]

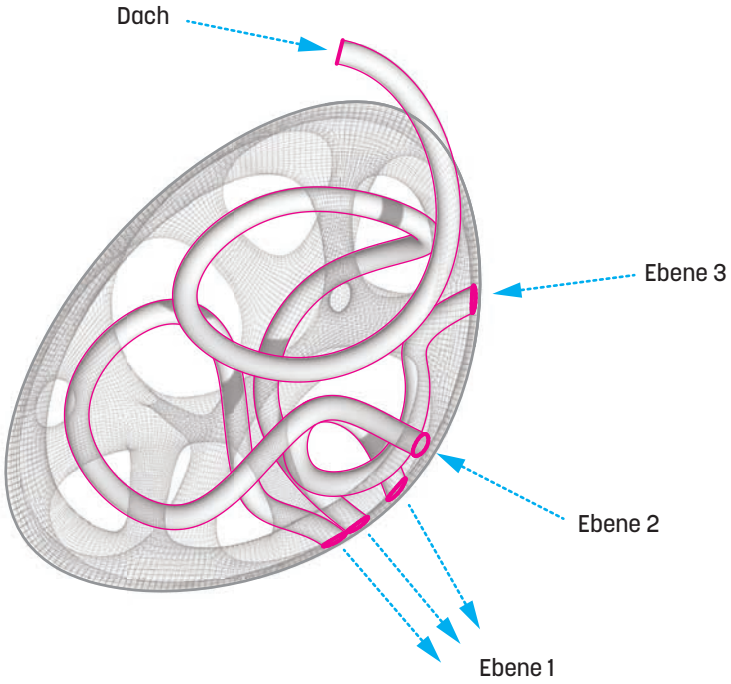
Erforderliche Maße für eine Fluchtrutsche:

- 80 cm Durchmesser
- Winkel von 30 bis 60 Grad zulässig
- Rutschenauslauf, um die Personen abzubremsen[8]

Im vorliegenden Projekt sind alle Ebenen mit Rutschen verbunden, der sich in der Luftraum in der Mitte der Geschoße befindet. Die Rutschen Münden in der untersten Ebene, wo man durch eine Brücke direkt in das Bestandsgebäude flüchten kann.

6.1.6. (links) Rutsche als Fluchtweg
6.1.7. (rechts) Indoor Rutsche in einem Penthouse in New York


Dach
Ebene 3
Ebene 2
Ebene 1


Dach
Ebene 3
Ebene 2
Ebene 1

6.1.3 Energiekonzept

Piezoelektrische Fassade

Diese Art von Energiegewinnung ist noch in Forschungsstadium. Die Energie entsteht durch den Piezoeffekt, also durch das Auftreten einer elektrischen Spannung, wenn sich die Härchen elastisch verformen in Folge von Windbewegungen.[1]

Magenta Solarpaneele

Magentafarbene Solarpaneele werden bereits bei Gewächshäusern eingesetzt. Die Farbe der transluzenten Paneele fördert das Pflanzenwachstum, da sie genau die für die Fotosynthese nötigen Wellenlängen des Lichts emittiert. Gleichzeitig funktioniert sie als eine außerordentlich effiziente Solarpaneel: Durch dir Farbe wird Sonnenlicht absorbiert, dann als Photonen niedrigerer Energie wieder emittiert. Durch diese Technologie kann mehr Energie mit weniger Paneelen gewonnen werden. [2,3]

Biomasse

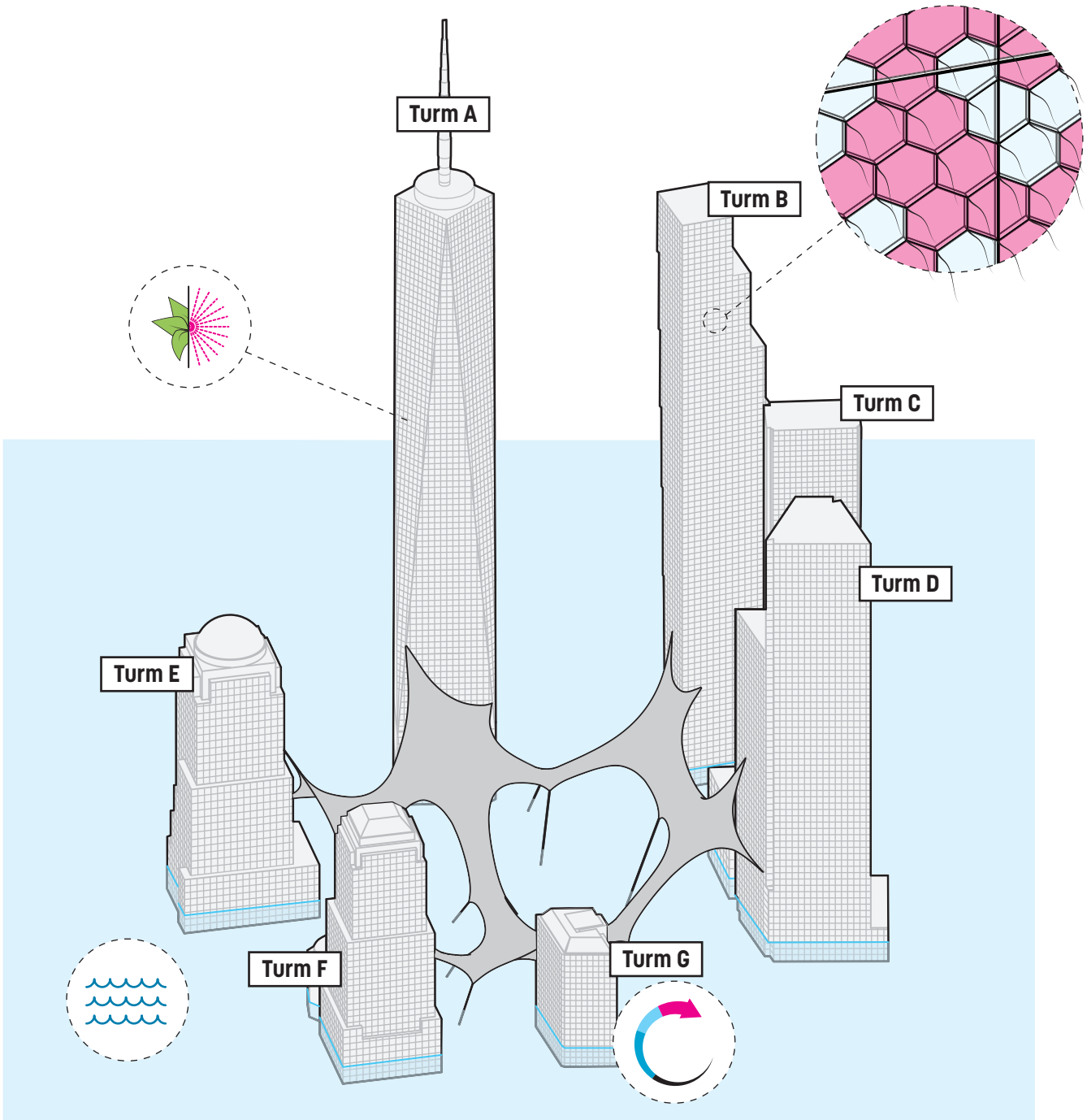
Da in der vertikalen Farm reichlich pflanzliche Abfälle vorhanden sind, kann es direkt vor Ort zur Energiegewinnung eingesetzt werden. Mit der Vergärung biologischer Abfälle entsteht wertvolles Biogas und beim Prozess werden auch keine unangenehmen Gerüche erzeugt.[4]

Energie aus Abwasser

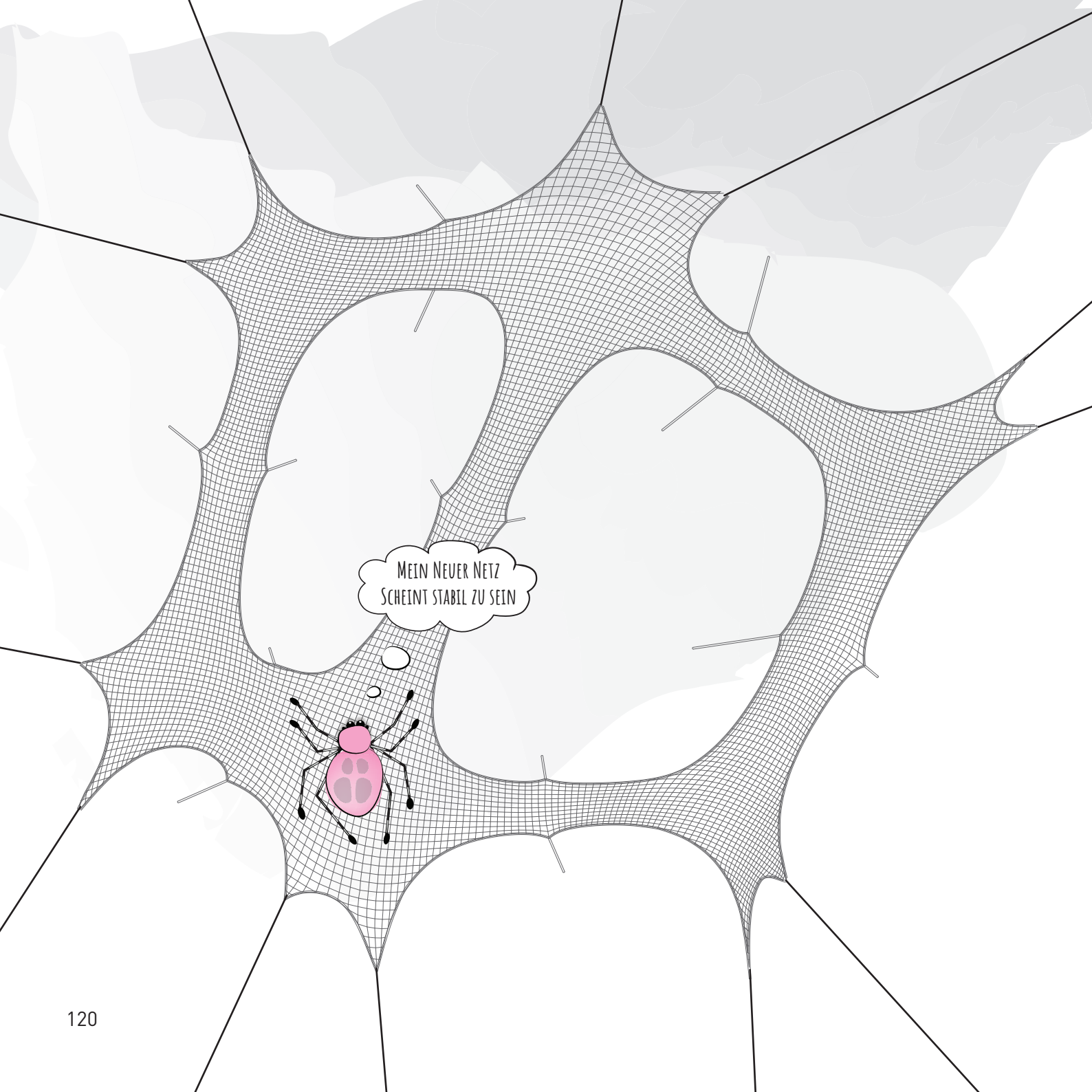
Im Abwasser sind zahlreiche Energieressourcen vorhanden, gleichzeitig bedarf aber der Klärungsprozess große Menge an Energie. Durch die optimale Nutzung der Ressourcen kann eine Kläranlage zur Energieerzeuger werden.[5]

Wellenenergie und Gezeiten

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Kraft der Wassermassen auszunutzen. Gezeitenkraftwerke verwandeln die kinetische Energie, die bei dem Tidenhub des Meeres entsteht, und verwandeln diese in elektrische Energie. Da Gezeitenkraftwerke mit der heutigen Technologie einige ökologische Nachteile mit sich bringen, kann eine Wellenkraftwerk Alternative bieten. Letztere nutzt die kontinuierliche Wellenbewegung als Energiequelle und soll ökologisch weniger bedenklich sein.



6.1.9. Möglichkeiten der nachhaltigen und lokalen Energiegewinnung

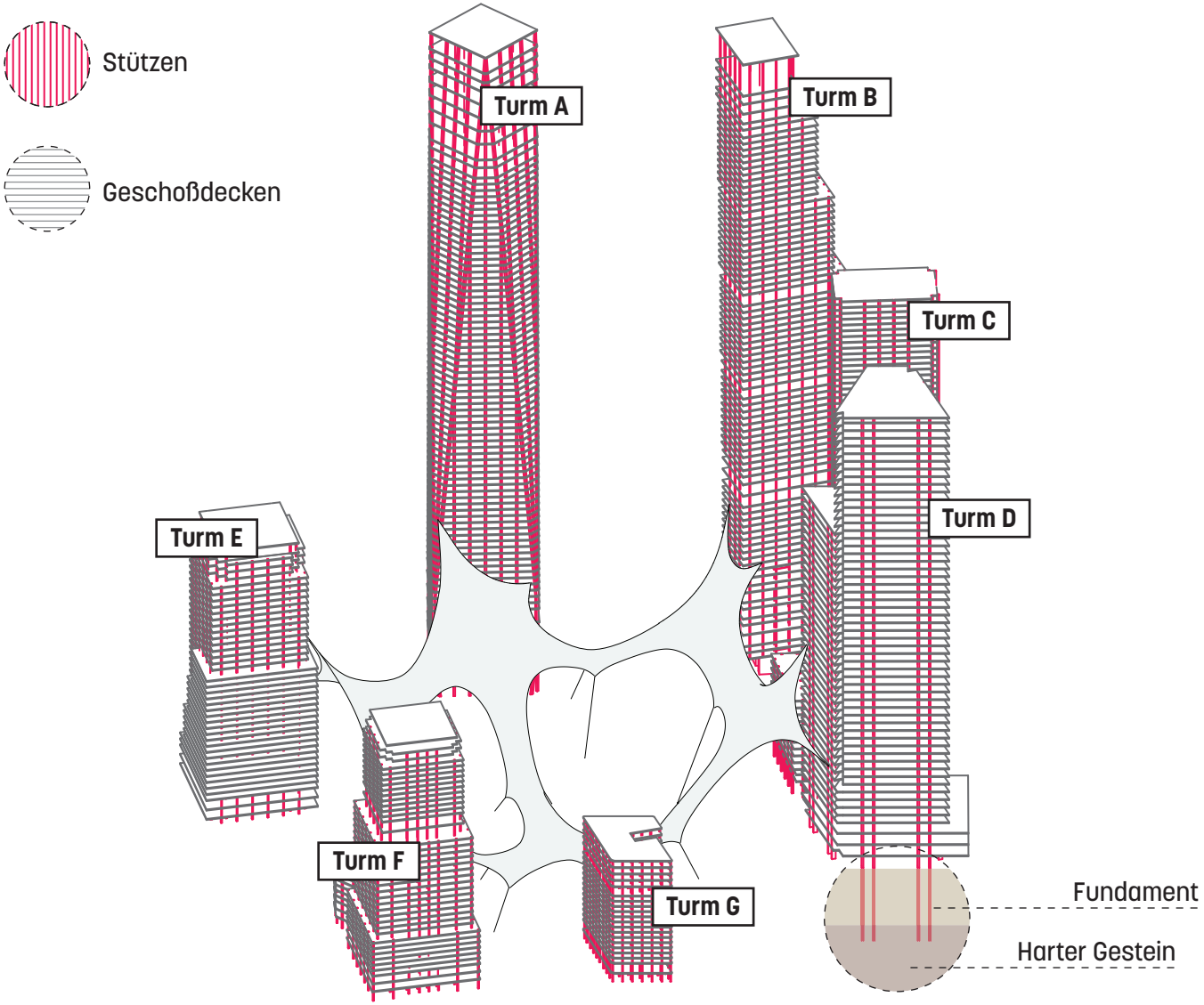

Mein neuer Netz
scheint stabil zu sein

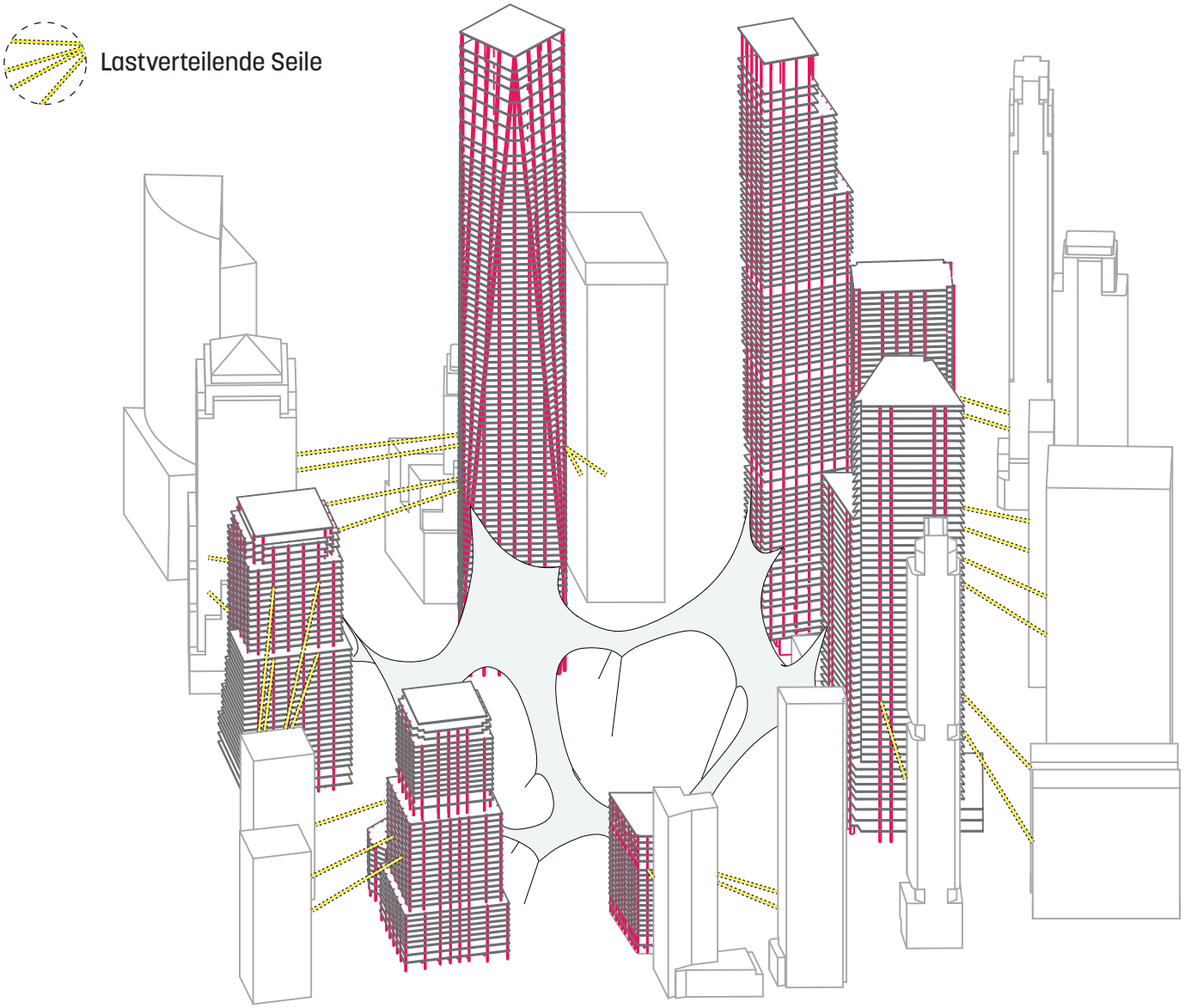
6.2 **Konstruktion**

Lastabtragung Schema

Anschlussdetail zwischen Hochhaus und Seilnetz

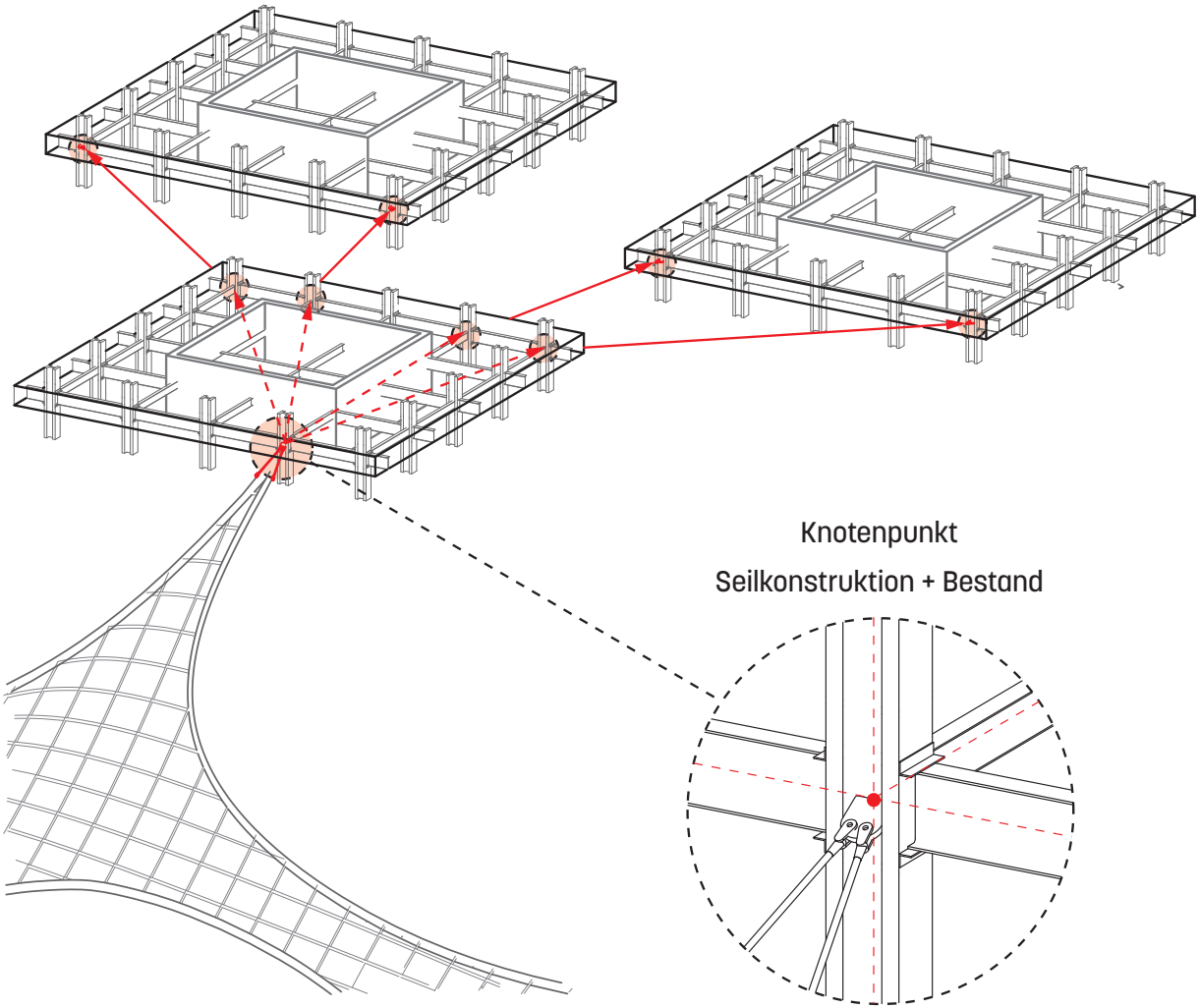
6.2.1 Lastabtragung Schema



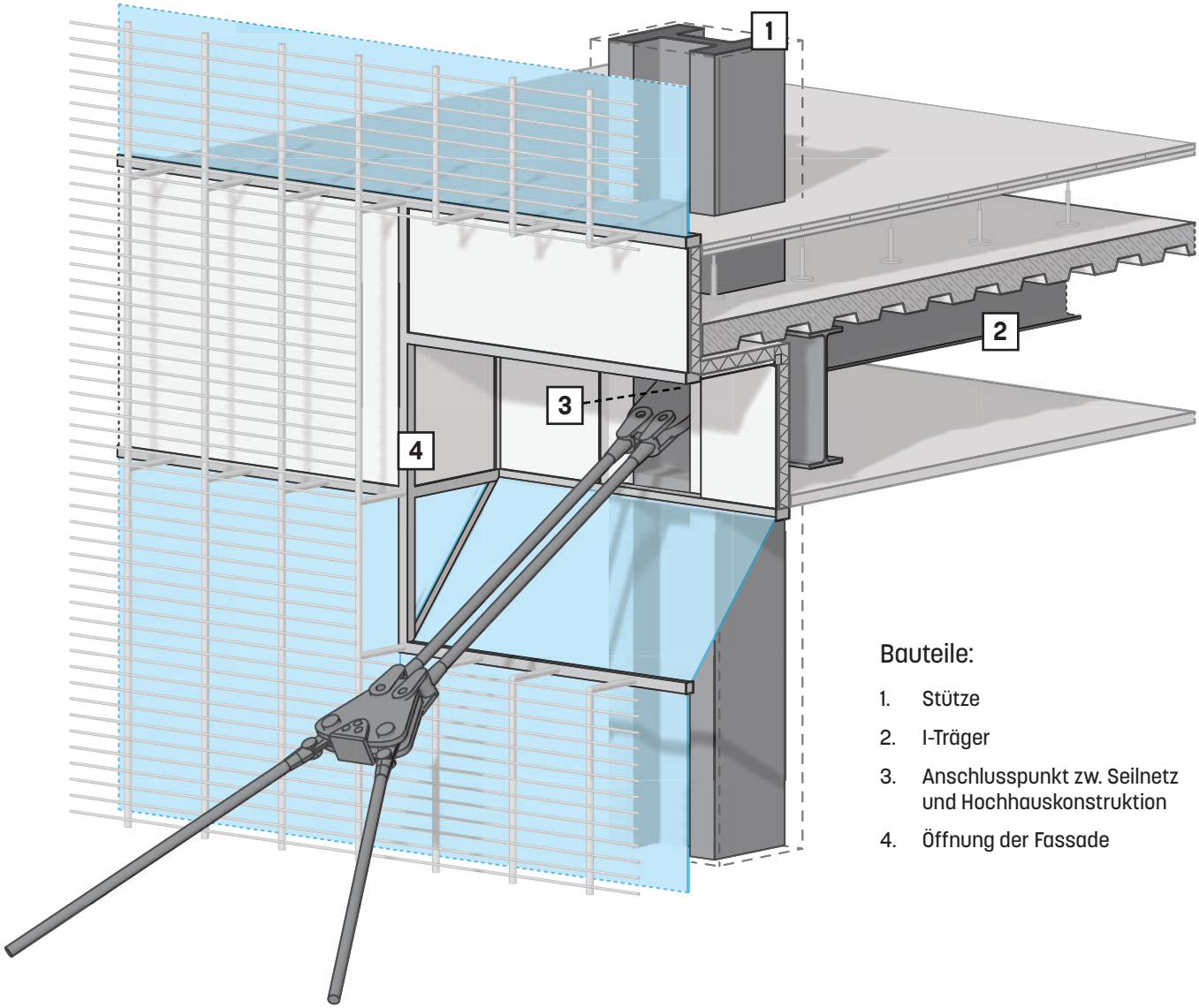


6.2.2. Tragwerk der Bestansgebäude, und mögliche Positionen lastverteilenden Seilen

6.2.2 Anschlussdetail zwischen Hochhaus und Seilnetz



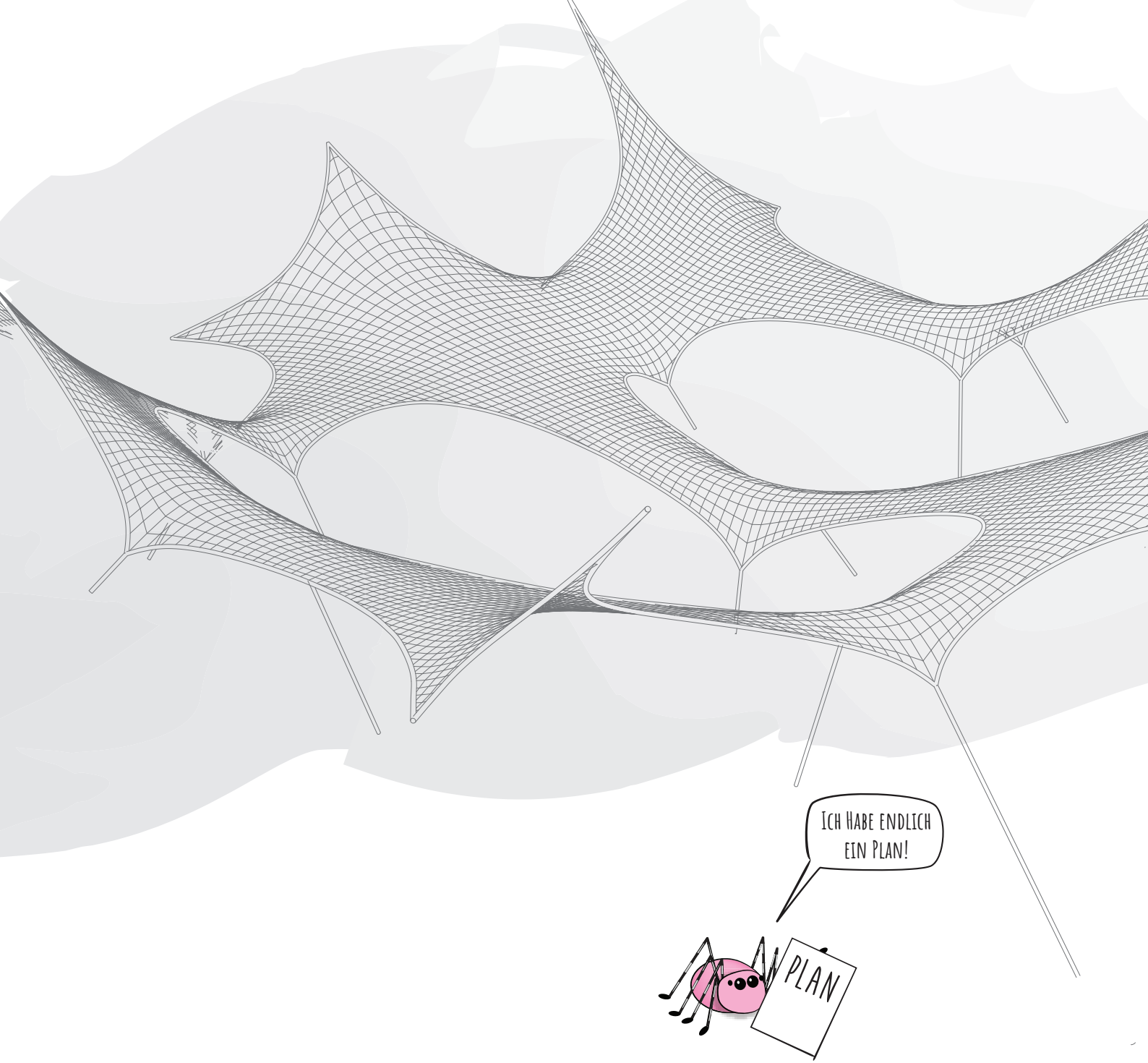
6.2.3. Kraftübertragng zwischen Seilnetzkonstruktion und Bestand, und die mögliche Weiterletung der Kräfte an die umliegenden Gebäude



Bauteile:

1. Stütze
2. I-Träger
3. Anschlusspunkt zw. Seilnetz und Hochhauskonstruktion
4. Öffnung der Fassade

6.2.4. Anschlussdetail zwischen Hochhaus und Seilnetz


Ich habe endlich ein Plan!
PLAN

6.3 **Architekturentwurf**

Grundrisse 1:1500

Grundrisse 1:500

Schnittansichten 1:500

6.3.1 Ebene 01 - Wandern und entdecken

Das Gebäude wird durch die Bestandsgebäude mit 6 Brücken erschlossen, die jeweils in den 6 Hauptbereichen in ein Foyer münden. In der ersten Ebene befindet sich der öffentliche Teil des Gebäudes, die als ein durchwanderbare Ausstellungsfläche und Museum funktioniert mit vielen Freiflächen, die den Besuchern während der Ausstellungsbesuch Raststationen anbieten mit einem spannenden Raumerlebnis.

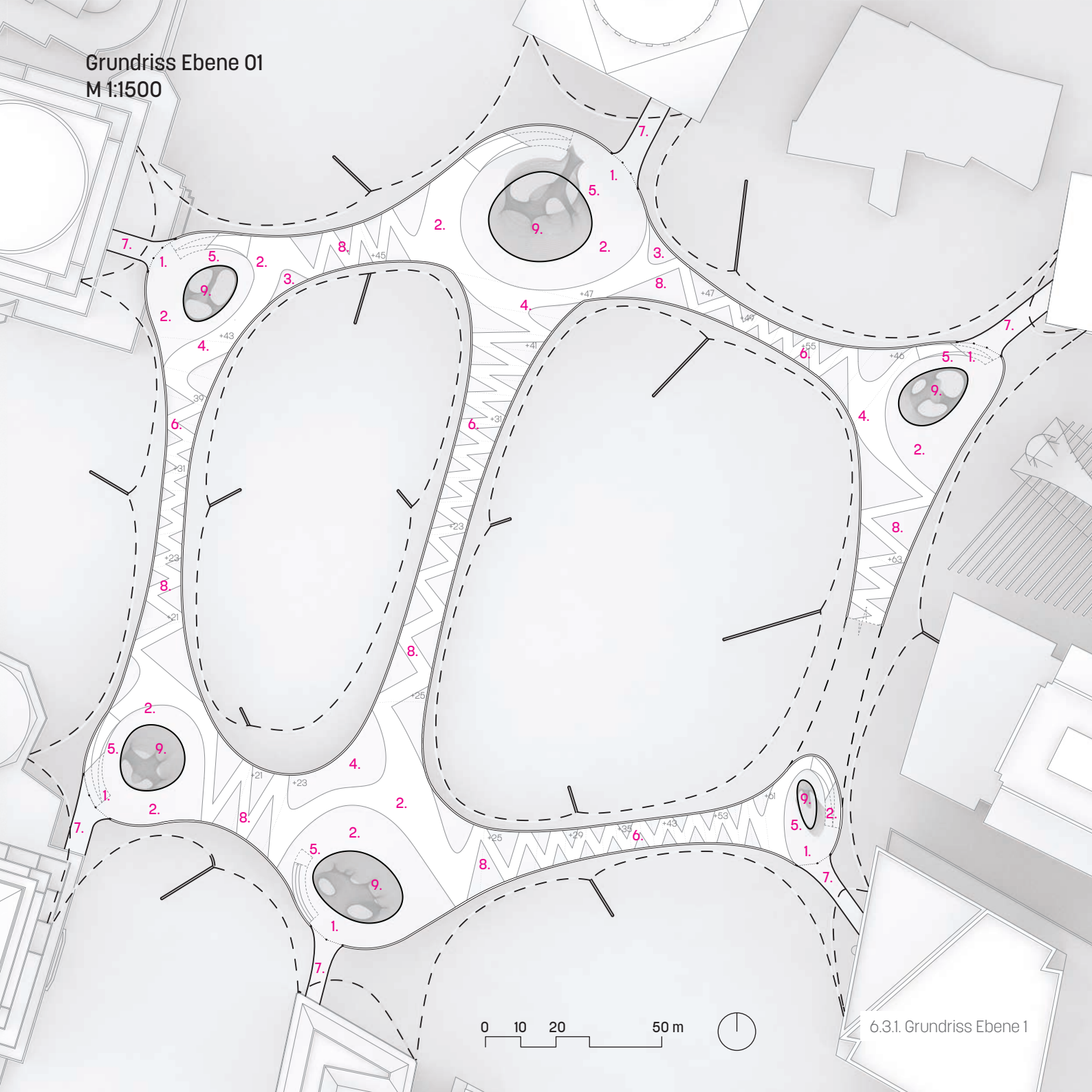
In den 6 Hauptbereichen des Gebäudes befinden sich die allgemeinen Ausstellungsflächen und Räumlichkeiten, wie Café, Shop und Sanitäreinheiten. Die schräge Verbindungswege haben neben der Erschließung die Funktion einer Sitzlandschaft, die in den steileren Bereichen die Möglichkeit für eine Pause bietet, während in den flacheren Bereichen sich Versuchsstationen befinden, wo diverse Experimente ausprobiert werden können.

Die Thematik der Ausstellung ist Forschung und Technologie mit ein Schwerpunkt für Biodesign und Botanik. Hier werden die laufend die aktuellsten Forschungsergebnisse für die Öffentlichkeit präsentiert und Interessenten die Möglichkeit geboten, sich mit den Themen näher auseinanderzusetzen.

Ziel des Komplexes ist, die jungen Leute für zukunftsorientierte Technologie zu begeistern. Sie können im Komplex Workshops und Seminare besuchen, an Experimenten teilnehmen, Einblicke in die Funktionsweise des Vertical Farms gewinnen, sowie die während des Aufenthalts erschaffene Projekte in der Ausstellungsebene zu präsentieren.

Gesamt - 14.952 m2
Verkehrsfläche - 4800 m2

1. **Foyer** - 900 m2
2. **Ausstellungsbereich** - 4692 m2
3. **Shop** - 220 m2
4. **Cafe** - 450 m2
5. **Sanitärbereich** - 230 m2
6. **Sitzlandschaft** - 1600 m2
7. **Durchgang in den Bestandgebäude** - 460 m2
8. **Versuchsstationen** - 1600 m2
9. **Kletternetz** - 1700 m2 (Grundfläche)

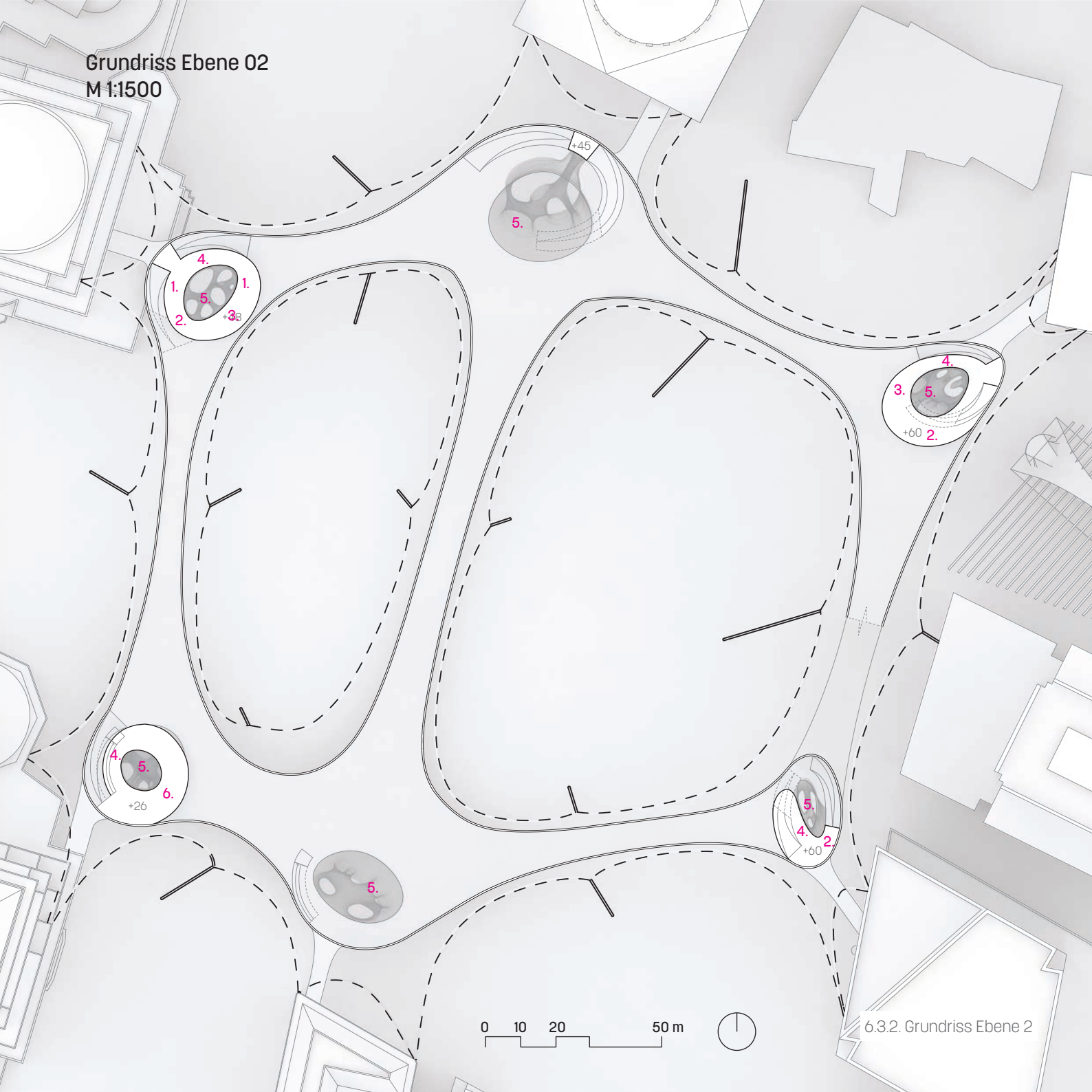

Grundriss Ebene 01
M 1:1500
0 10 20 50 m

6.3.1. Ebene 02 - Raum für Weiterbildung

Auf der zweiten Ebene befinden sich die Räumlichkeiten für Workshops, Seminare und Vorträge, wo Veranstaltungen in Verbindung mit den Ausstellungen besucht werden können und auch regelmäßige Programme ablaufen, die für Schüler und Studenten organisiert werden, die sich entscheiden eine längere Zeit im Komplex zu verbringen, um zum Beispiel ein Forschungsprojekt zu bearbeiten. Wissenschaftliche Mitarbeiter haben ebenfalls in eines den Hauptbereichen eine Bürofläche.

Gesamt - 2.422 m2
Verkehrsfläche - 730 m2

1. **Adaptierbare Raum mit Flexiblen Sitzmodulen** - 650 m2
2. **Workshop/Seminar** - 396 m2
3. **Vortragsraum** - 250 m2
4. **Sanitärbereich** - 150 m2
5. **Kletternetz** - 520 m2 (Grundfläche)
6. **Büro für Mitarbeiter** - 250 m2



6.3.2. Grundriss Ebene 2

6.3.1 Ebene 03 - Temporärer Wohnraum für junge Wissenschaftler

Die Übernachtungsmöglichkeiten auf Ebene 3 sind konzipiert für Aufenthalte von ca. 1-2 Wochen, die Zeit, während die Schüler und Studenten ein kleines Projekt zu einem aktuellen wissenschaftlichen Thema zu realisieren. Der gemeinschaftliche Wohnbereich fördert die Zusammenarbeit und den Austausch zwischen den Workshopteilnehmern, während die Räumlichkeiten dazu beitragen, die Grenze zwischen Forschung und Erlebnis zu verwischen.

Gesamt - 2.451 m2
Verkehrsfläche - 730 m2

1. **Gemeinschaftswohnzimmer und Essbereich mit Küche** - 675 m2
2. **Temporäre Wohneinheiten** - 616 m2
3. **Sanitärbereich** - 120 m2
4. **Kletternetz** - 640 m2 (Grundfläche)
5. **Versuchsstationen** - 200 m2
6. **Workshop/Seminar** - 110 m2

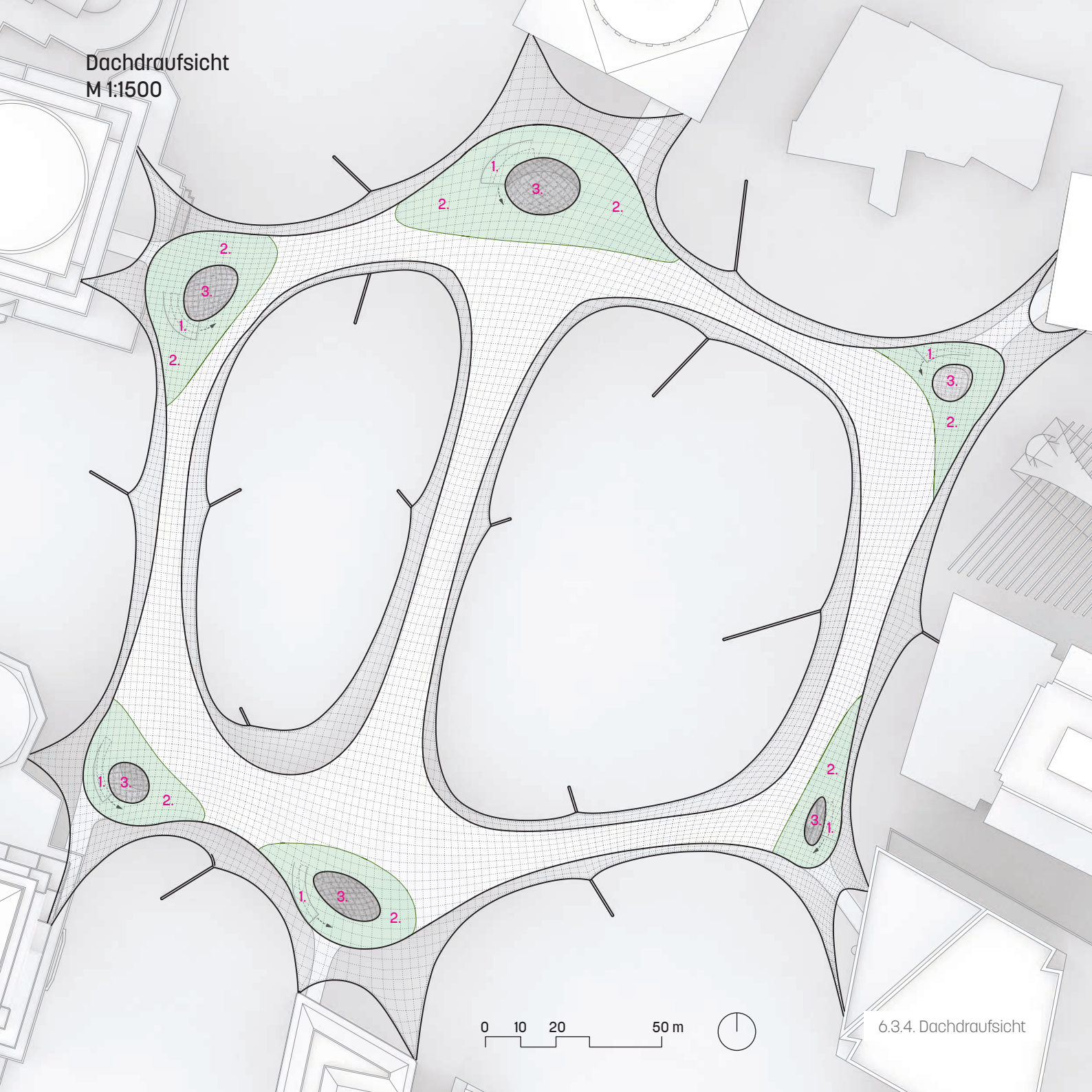
6.3.3. Grundriss Ebene 3

6.3.1 Dachlandschaft - Der Grünraum im Freien

Die Dachlandschaften bieten reichlich Grünraum und die Möglichkeit für eine Erholung im Freien an vor der Kulisse New Yorker Wolkenkratzer.

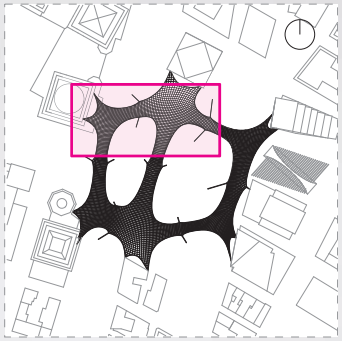
Gesamt - 5.242 m2 (Grünfläche)
Verkehrsfläche - 730 m2

1. **Erschließung**
2. **Liegewiese und Beete für botanische Experimente** - 700 m2
3. **Pneudach** - 860 m2



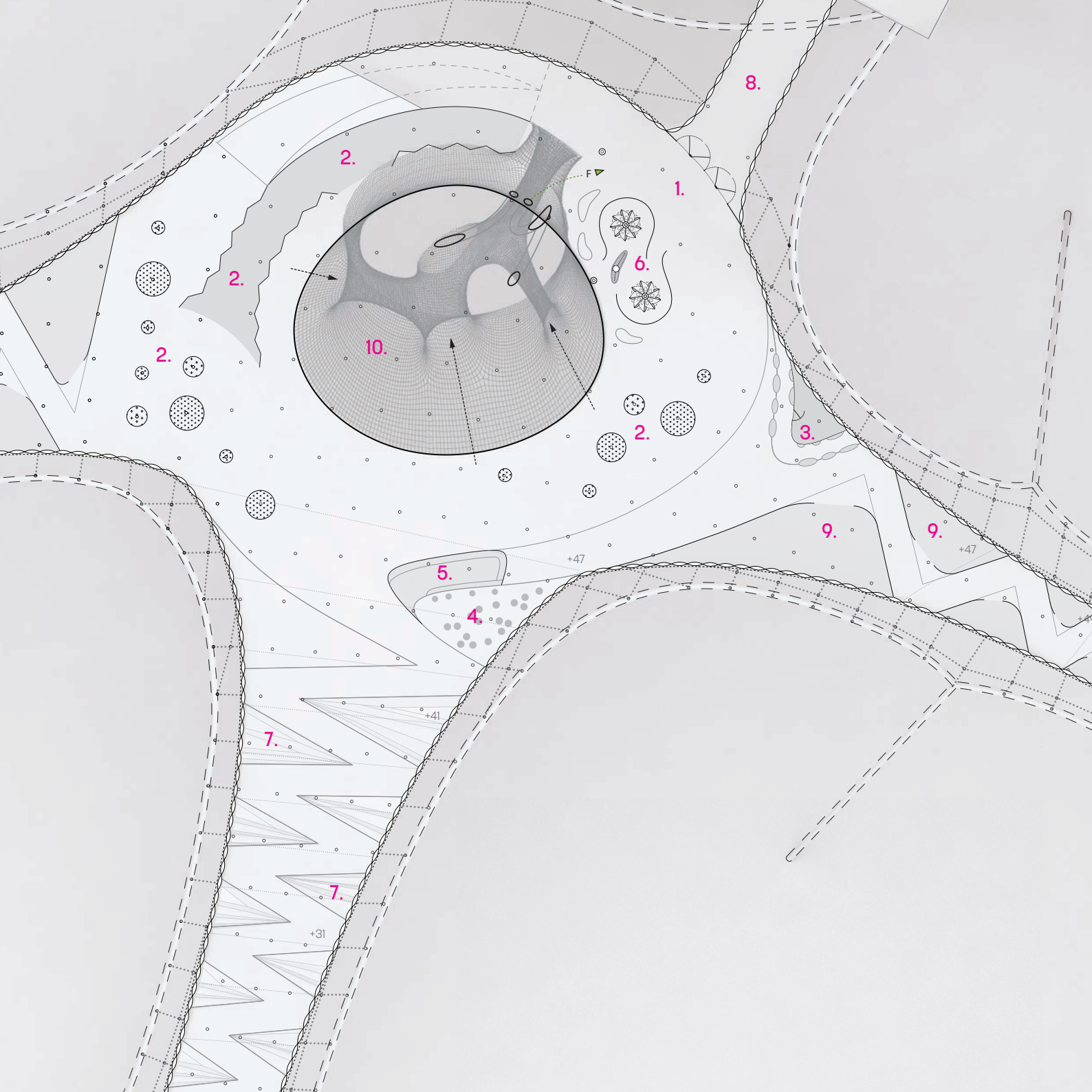
6.3.4. Dachdraufsicht

Grundriss Ebene 01
M 1:500



6.3.8. Ausschnitt Ebene 1

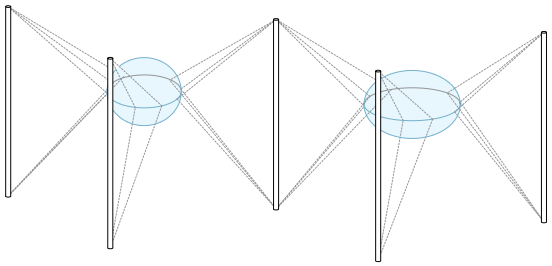
0 2 5 10 20 m


8.
2.
F
1.
2.
6.
2.
10.
2.
3.
9.
9.
+47
5.
+47
4.
+41
7.
7.
+31

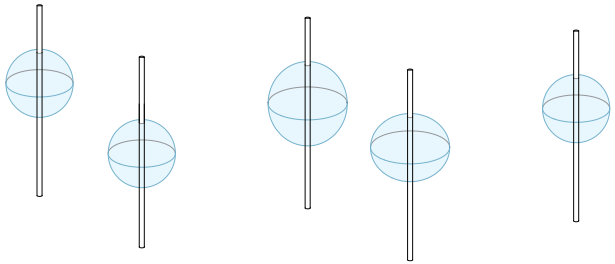
6.3.2 Ebene 01 - Ausschnitt

Ausstellungsbereich

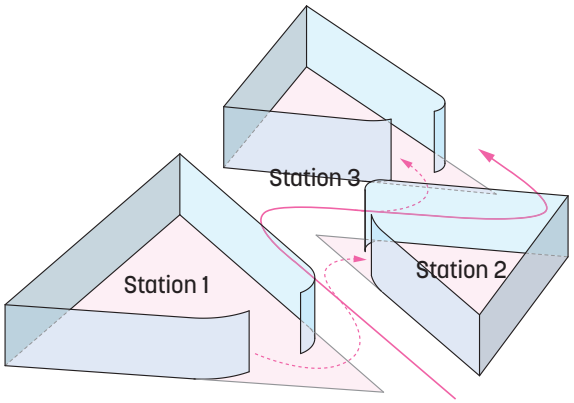
Das Prinzip in der Ausstellungsbereich ist es, dass die Exponate so in der Raum positioniert werden, dass sie von allen Richtungen betrachtet werden können.



6.3.5. Aufhängung mit Seilen



6.3.6. Montage an der Tragkonstruktion



6.3.7. Versuchsstationen im Bereich 9

Im Bereich 9 befinden sich Stationen mit kleinen abgetrennten Bereichen, wo die Besucher Experimente ausprobieren können. Die räumliche Trennung ist wichtig, damit sich die verschiedene Bereiche nicht gegenseitig stören: in manchen Fällen kann z. B. eine akustische, oder optische Trennung notwendig sein. Die Wände verlaufen oben uns unten auf Schienen, damit sie bei Bedarf verschoben werden können.

Legende Ebene 01

(Ausschnittsgröße - 6186 m2)

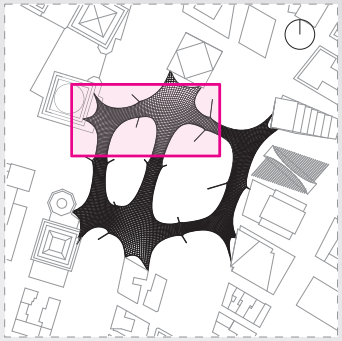
Verkehrsfläche - 1980 m2

1. Foyer - 300 m2
2. Ausstellungsbereich - 2056 m2
3. Shop - 160 m2
4. Cafe - 180 m2
5. Cafeküche - 210 m2
6. Sanitärbereich - 90 m2
7. Sitzlandschaft - 470 m2
8. Durchgang in den Bestandgebäude - 220 m2
9. Versuchsstationen - 520 m2
10. Kletternetz - 756 m2 (Grundfläche)
11. Ausgang Rutsche

Eingang Kletternetz

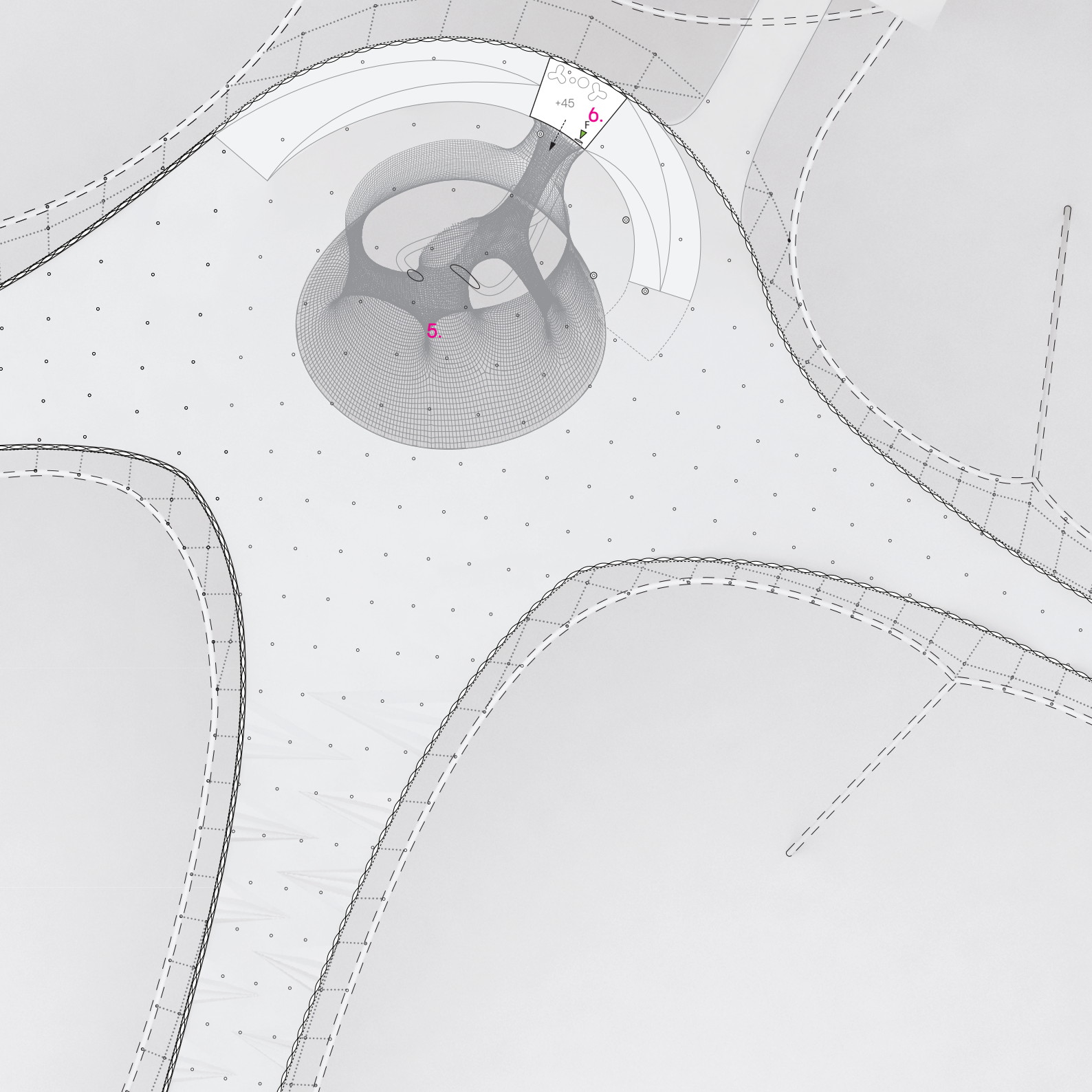
F Fluchtrichtung Bestandsgebäude

Grundriss Ebene 02
M 1:500



6.3.12. Ausschnitt Ebene 2

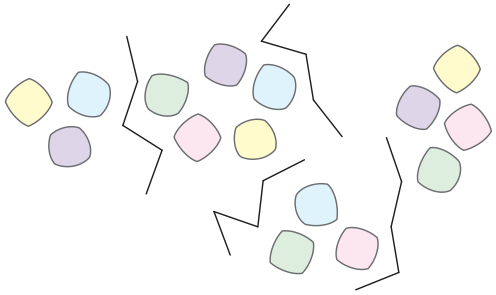
0 2 5 10 20 m


+45
6.
5.

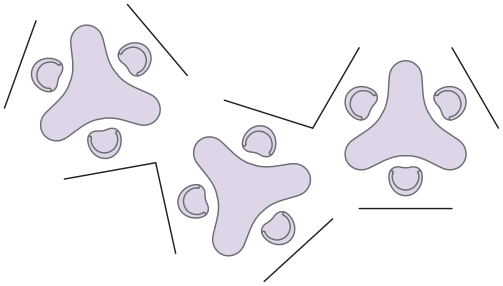
6.3.2 Ebene 02 - Ausschnitt

Workshopbereich

Der Workshopbereich wird als weitgehend adaptierbare Fläche konzipiert, sodass die Räumlichkeiten für die aktuellen Veranstaltungen schnell angepasst werden können. Raumtrennungen sind möglich mit mobilen Trennwänden und Akustikpaneelen, die mit den Sitzmöglichkeiten kombiniert werden können.



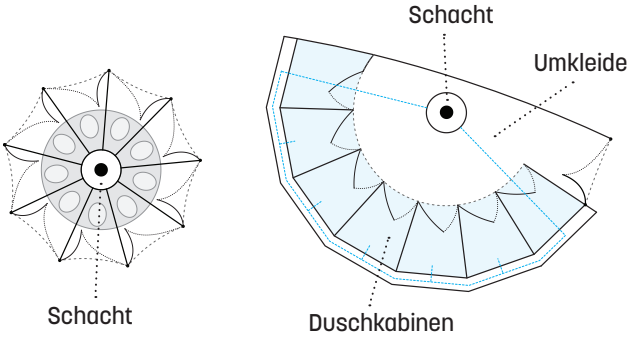
6.3.9. Sitzgruppe mit Sitzkissen



6.3.10. Sitzgruppe mit Arbeitstischen

Sanitärbereich

Die Sanitäranlagen befinden sich auf allen Geschoßen auf einer annähernd ähnlichen Stelle, sodass die Wasserleitungen gerade durchlaufen können. Die Dusch- und Toilettenanlagen richten sich rosettenartig rund um den Schacht.



6.3.11. Toiletten- und Duscheinheit

Legende Ebene 02

(Ausschnittsgröße - 595 m2)

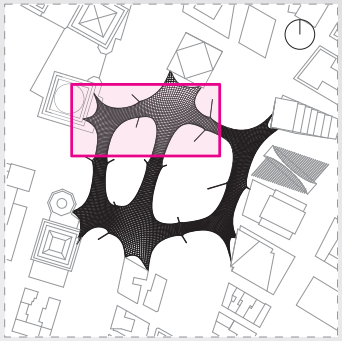
Verkehrsfläche - 210 m2

1. Adaptierbare Raum mit Flexiblen Sitzmodulen - 165 m2
2. Workshop/Seminar/Labor - 95 m2
3. Vortragsraum - 75 m2
4. Sanitärbereich - 50 m2
5. Kletternetz - 756 m2 (Grundfläche)
6. Eingang Rutsche

----► Eingang Kletternetz

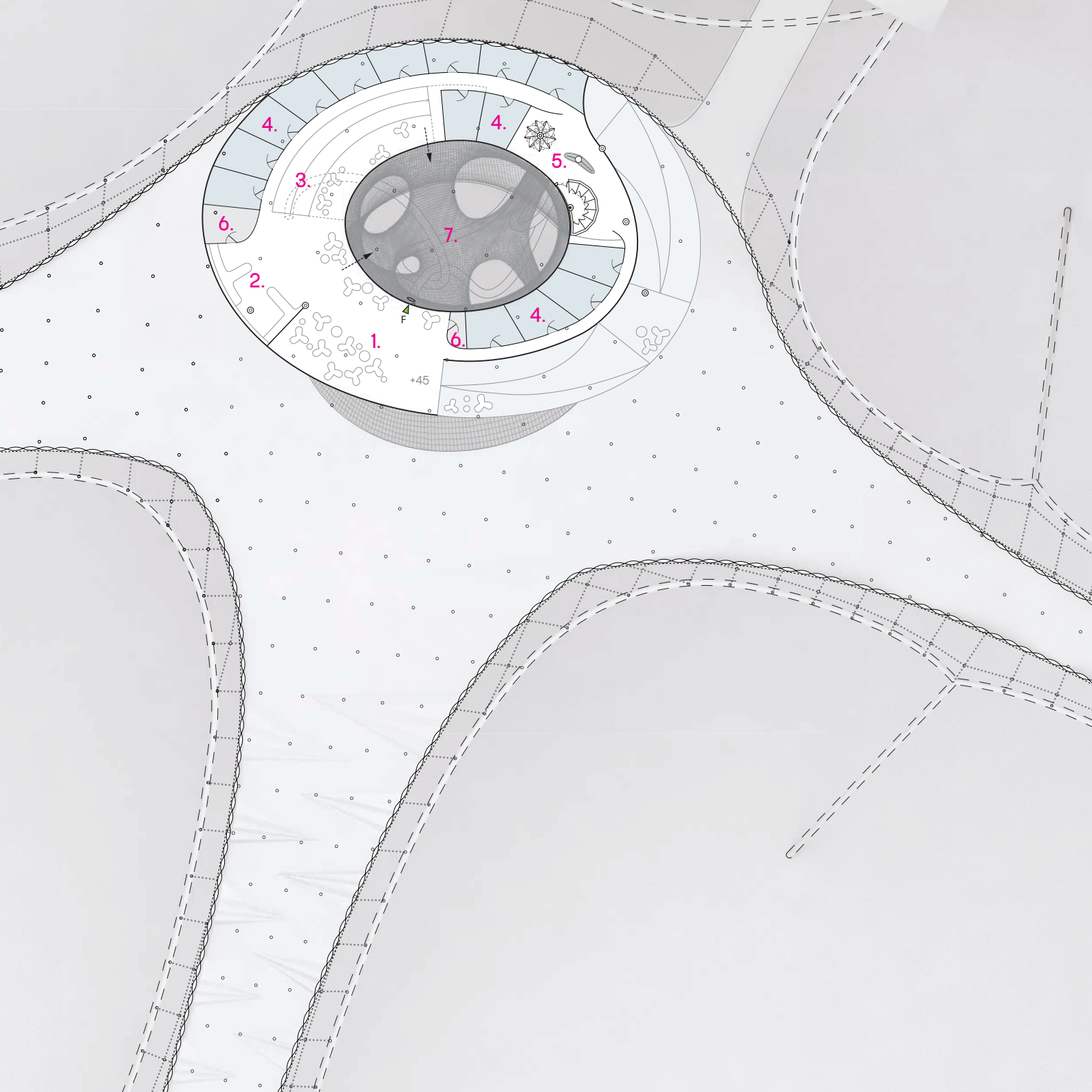
F ► Eingang Fluchtrutsche

Grundriss Ebene 03
M 1:500



6.3.14. Ausschnitt Ebene 3

0 2 5 10 20 m


4.
4.
5.
3.
6.
7.
2.
F
4.
1.
6.
+45

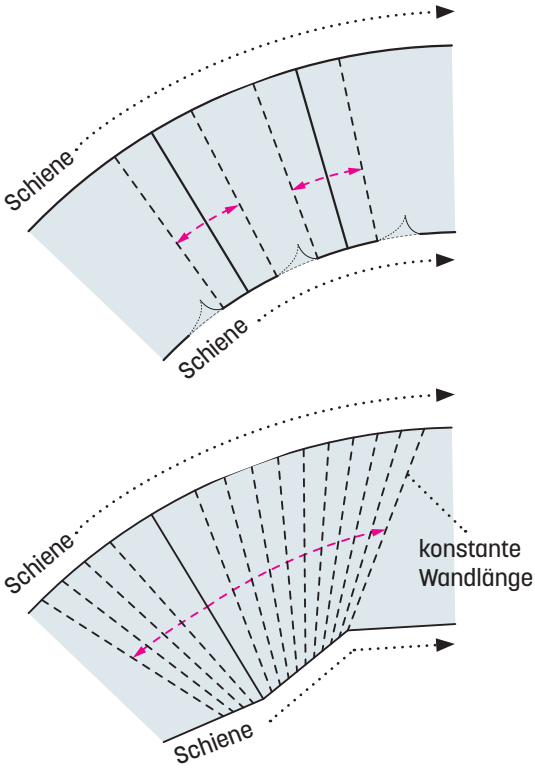
6.3.2 Ebene 03 - Ausschnitt

Adaptierbarer Wohnbereich

Auf Ebene 3 befindet sich ein temporärer Wohnbereich für Schulen und Studenten mit 15 kleinen Wohneinheiten von 12 bis 18 m2, sowie eine Gemeinschaftsküche mit Wohn- und Essbereich. Die Küche wird durch das Vertical Farm mit Lebensmittel versorgt.

Ziel ist, dass die Einheiten flexibel gestaltbar sind, damit die Räume nach Bedarf vergrößert, oder verkleinert werden können. Daher sollen die Trennwände bis zu einem gewissen Grad verschiebbar sein. Stützen bzw. Türöffnungen limitieren die Flexibilität. Die Zwei Varianten zeigen die Möglichkeiten für die Verschiebbarkeit in regelmäßigen Räumen und bei einer unregelmäßigen Wandgeometrie. Die Wandlänge ist in beiden Fällen konstant.

Die Trennwände sollen aus gespannten Membranen Bestehen mit Aerogeldämmung für den Schallschutz, sowie einer optischen Beschichtung, die freien Blick in den Außenraum bietet, und Licht in den Zimmern lässt, aber nach innen Blickdicht bleibt.



6.3.13. Varianten für eine flexible Wandsystem

Legende Ebene 03

(Ausschnittsgröße - 1485 m2)

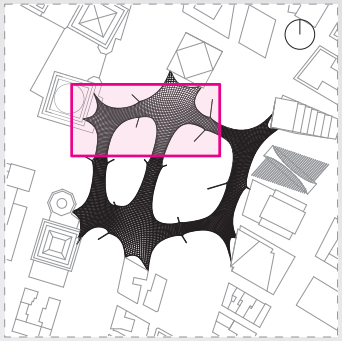
Verkehrsfläche - 390 m2

1. Gemeinschaftswohnzimmer und Essbereich - 385 m2
2. Gemeinschaftsküche - 150 m2
3. Erschließung zu der Dachebene
4. Temporäre Wohneinheiten - 450 m2
5. Sanitärbereich - 80 m2
6. Lagerraum - 30 m2
7. Kletternetz - 435 m2 (Grundfläche)
8. Eingang Rutsche

Eingang Kletternetz

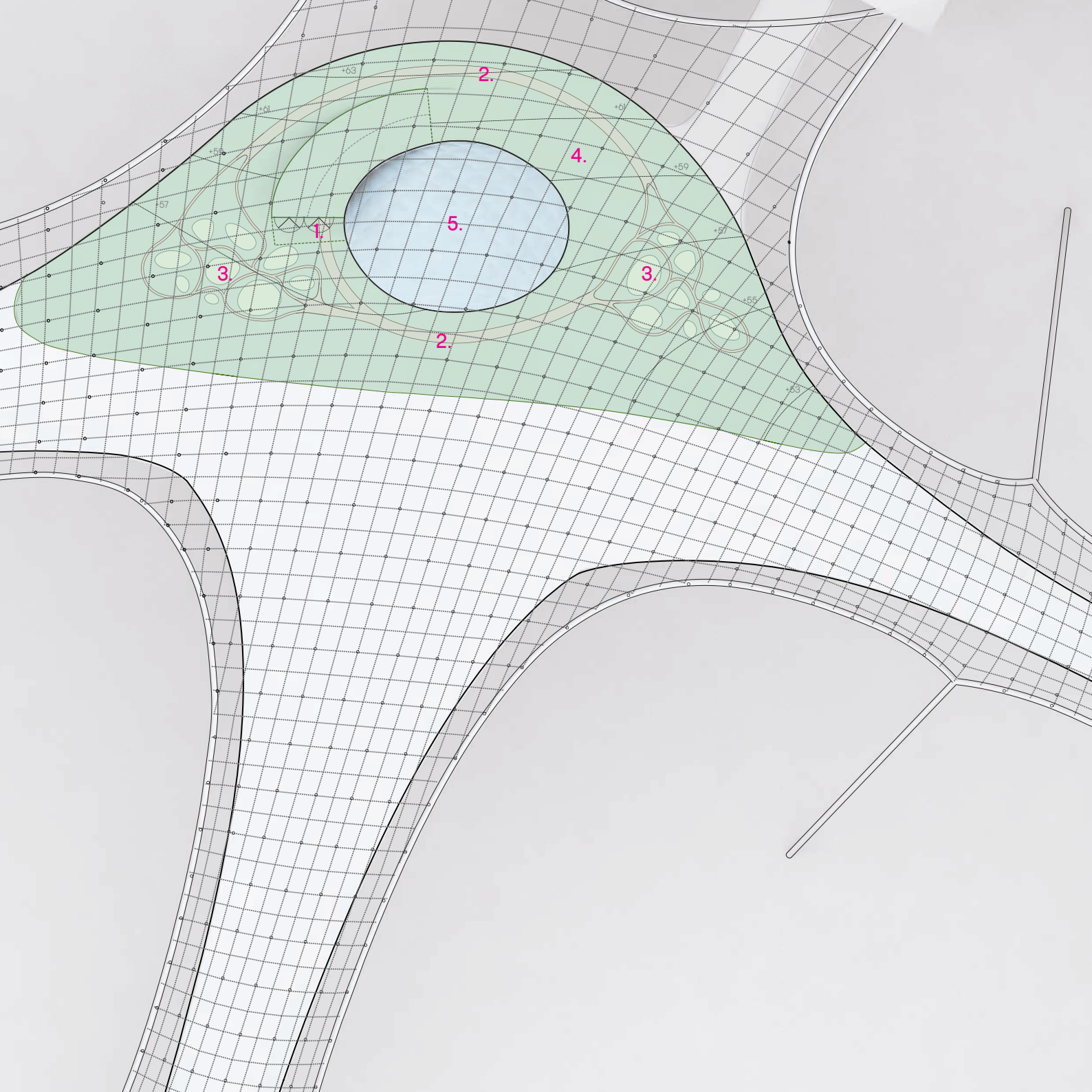
F Eingang Fluchtrutsche

Dachdraufsicht
M 1:500



6.3.16. Ausschnitt Dach

0 2 5 10 20 m


1.
2.
2.
3.
3.
4.
5.
+63
+61
+61
+59
+59
+57
+57
+55
+53

6.3.3. Dachlandschaft - Ausschnitt

Liegewiese und Sonnendeck

Am Dach befinden sich neben den großzügigen Erholungsbereich Beete um die Ergebnisse von botanischen Experimenten herzeigen zu können. Wegen der dünnen Substratschicht eignen sich nur Pflanzen, die in das dünne Erdreich gut überleben können. Die Erde von den Beeten wird durch einer Schutzschicht getrennt von der Rasenfläche.

6.3.15. Beete für botanische Experimente

Legende Dachdraufsicht

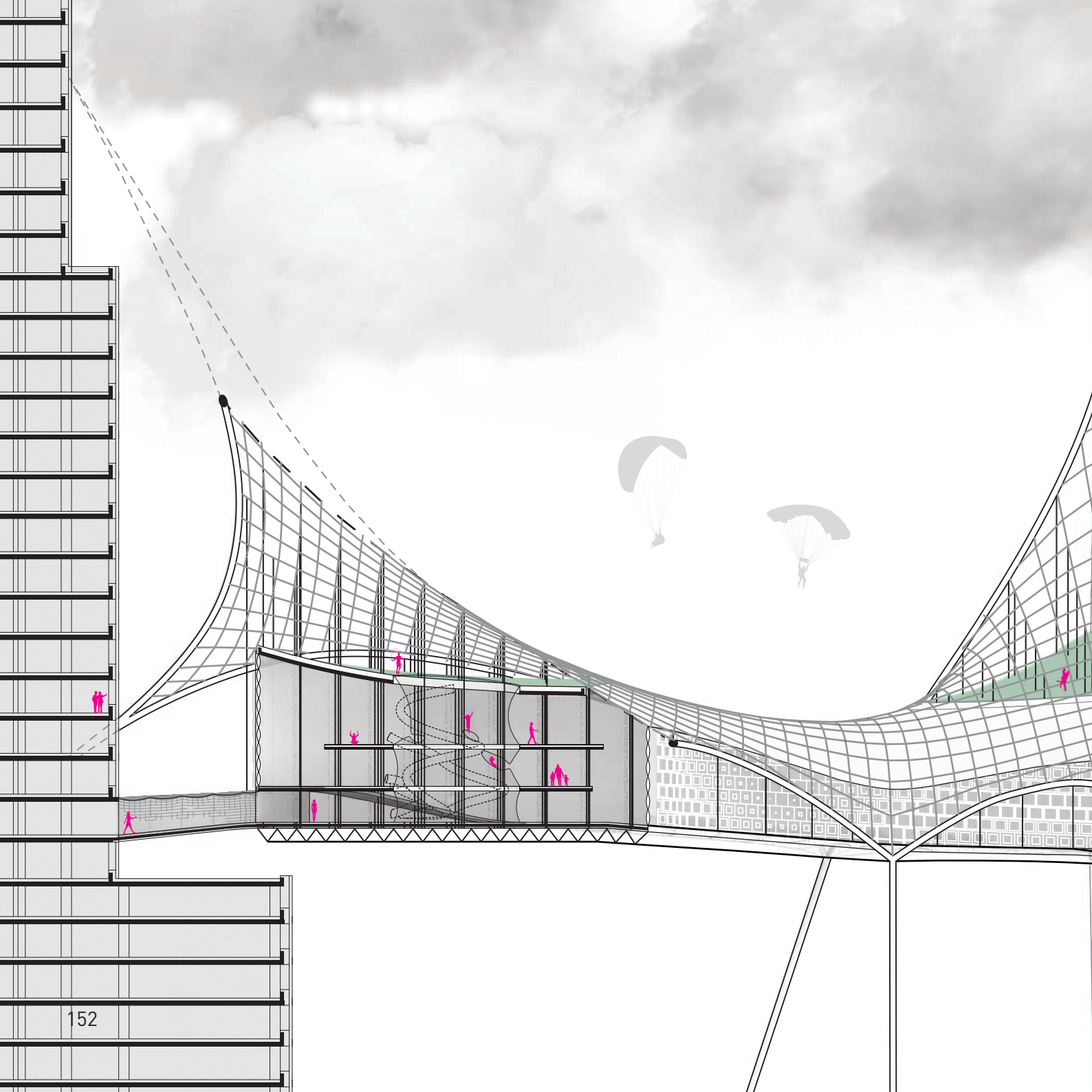
(Ausschnittsgröße - 6186 m2)

Gründach - 2611 m2

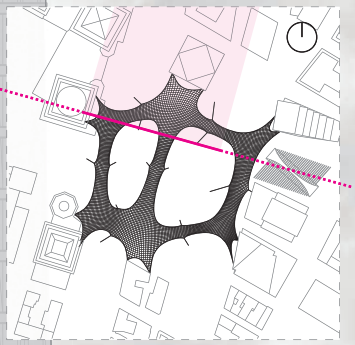
Membrandach - 3575 m2

Verkehrsfläche - 1980 m2

1. Erschließung
2. Wanderweg - 270 m2
3. Beete für botanische Experimente - 220m2
4. Liegewiese - 2121 m2
5. Pneudach - 435 m2
6. Eingang Rutsche



Schnitt M 1:500



0 2 5 10 20 m

120 m

100 m

80 m

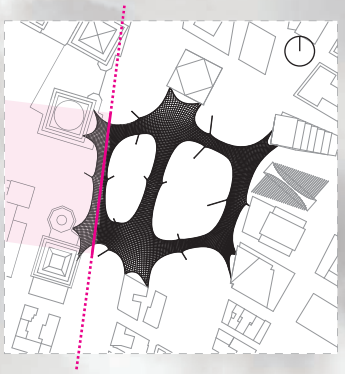
60 m

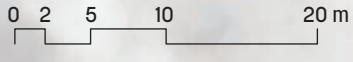
40 m

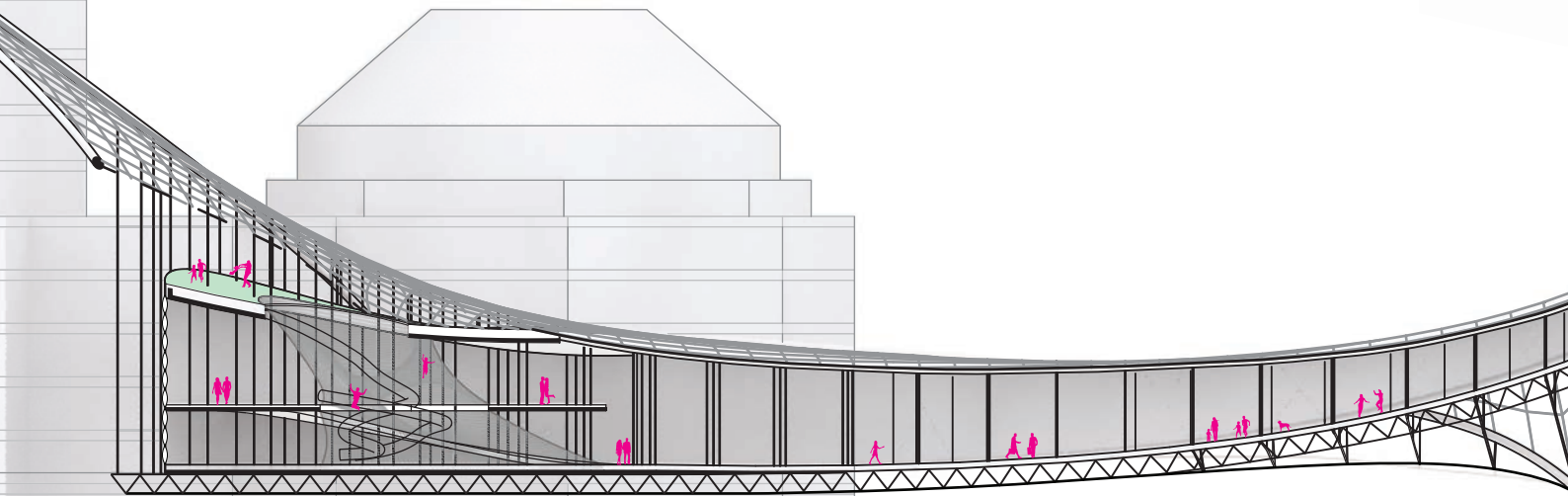
20 m

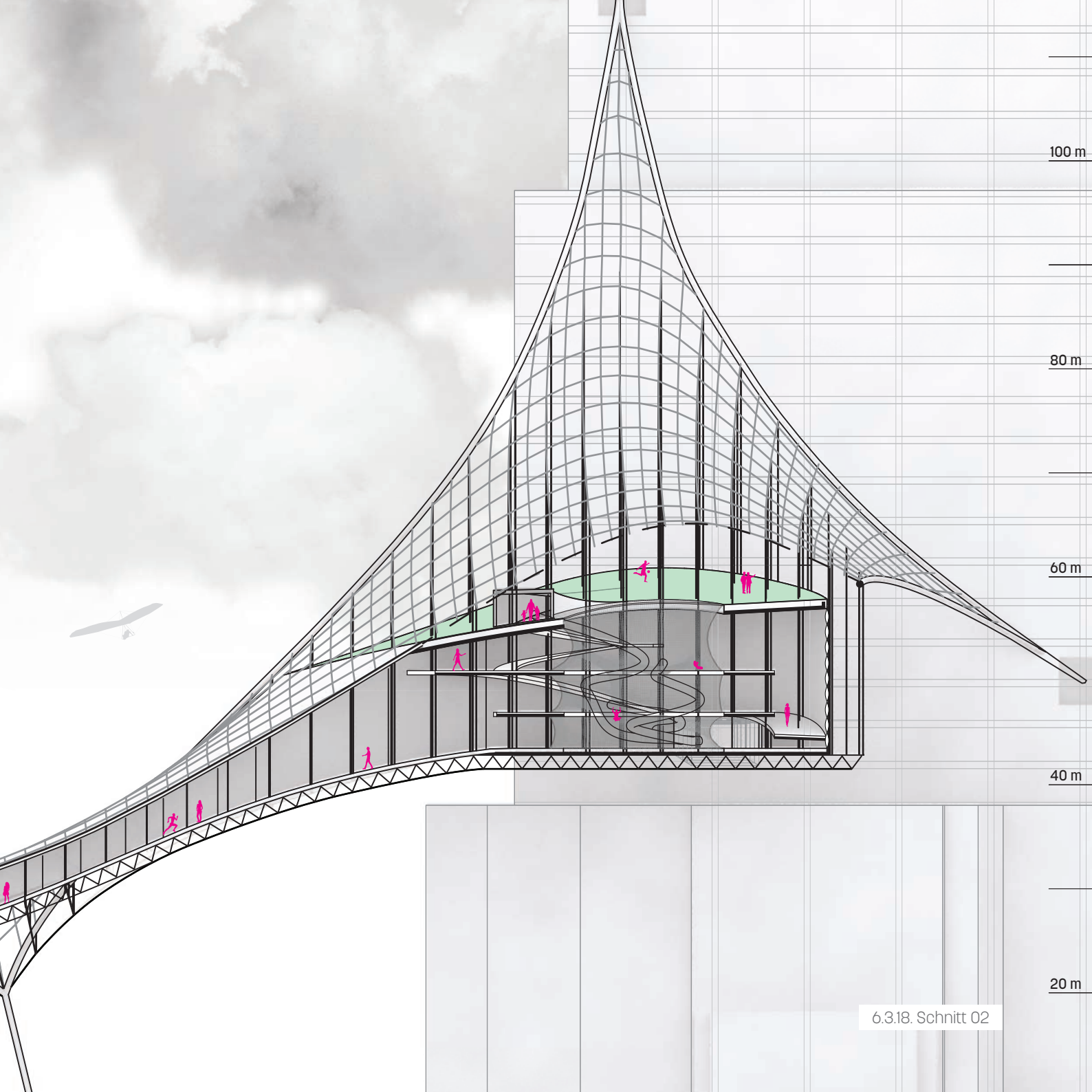
6.3.17. Schnitt 01

Schnitt M 1:500

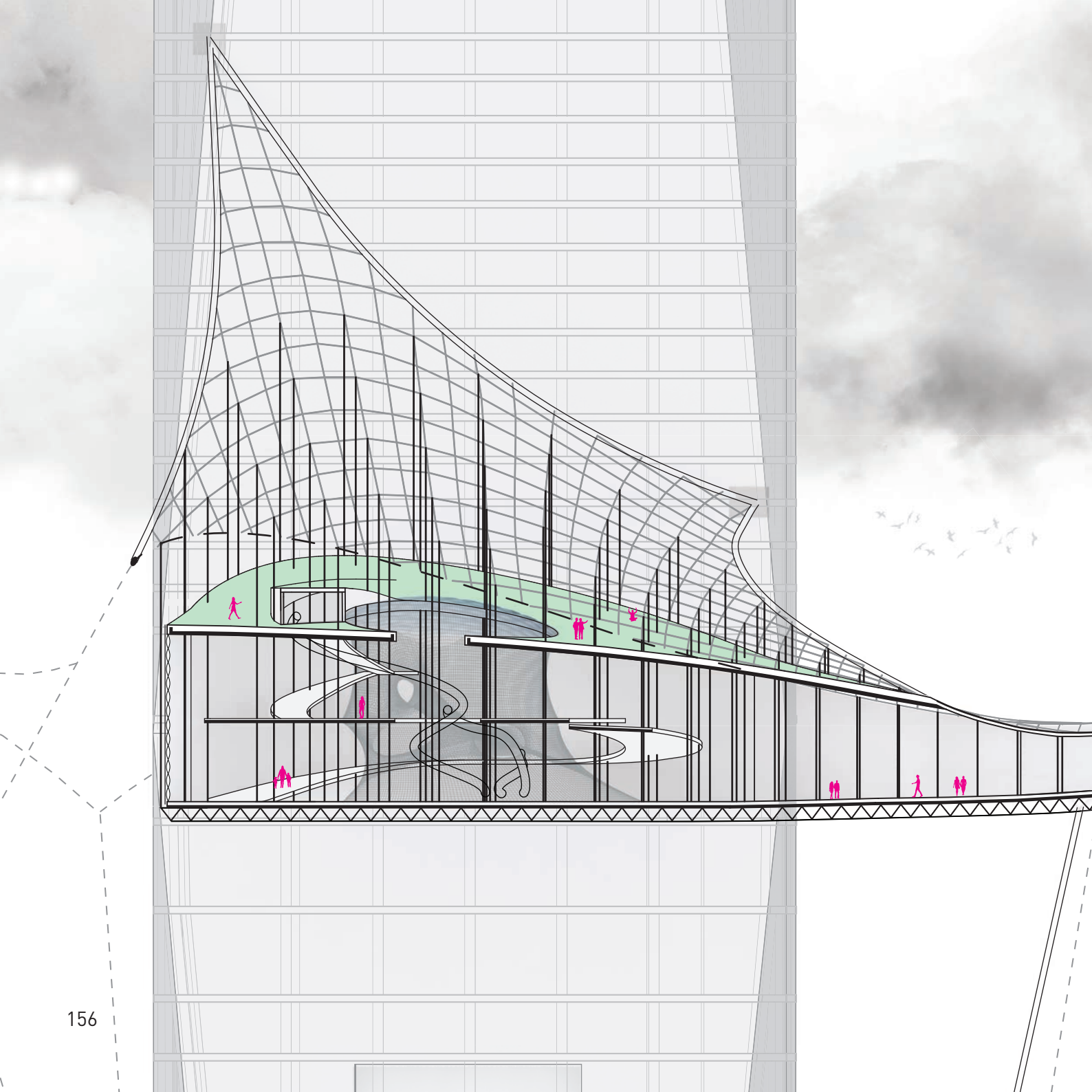




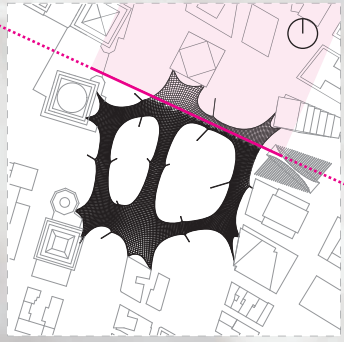




6.3.18. Schnitt 02



Schnitt M 1:500



0 2 5 10 20 m

100 m

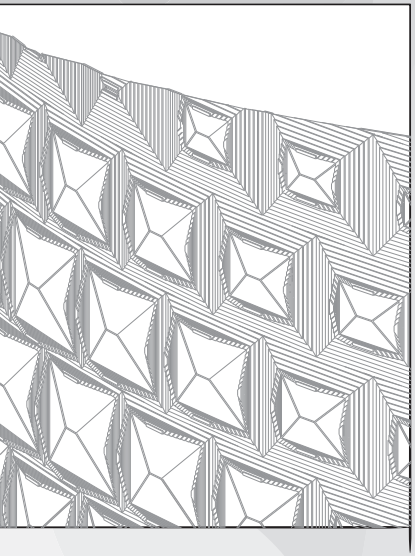
80 m

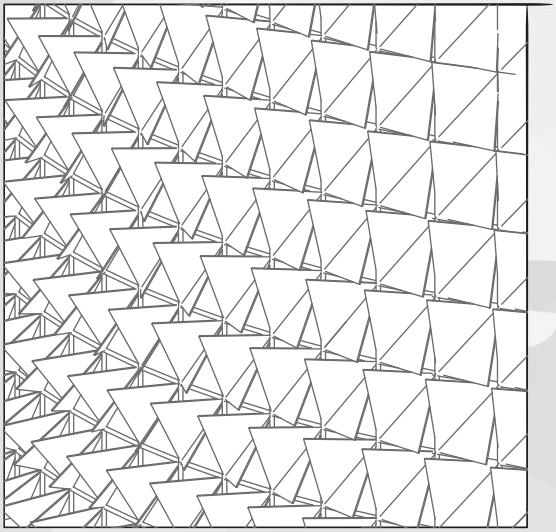
60 m

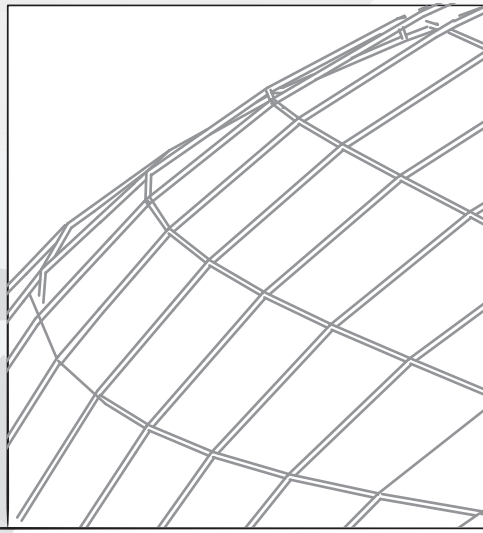
40 m

20 m

6.3.19. Schnitt 03





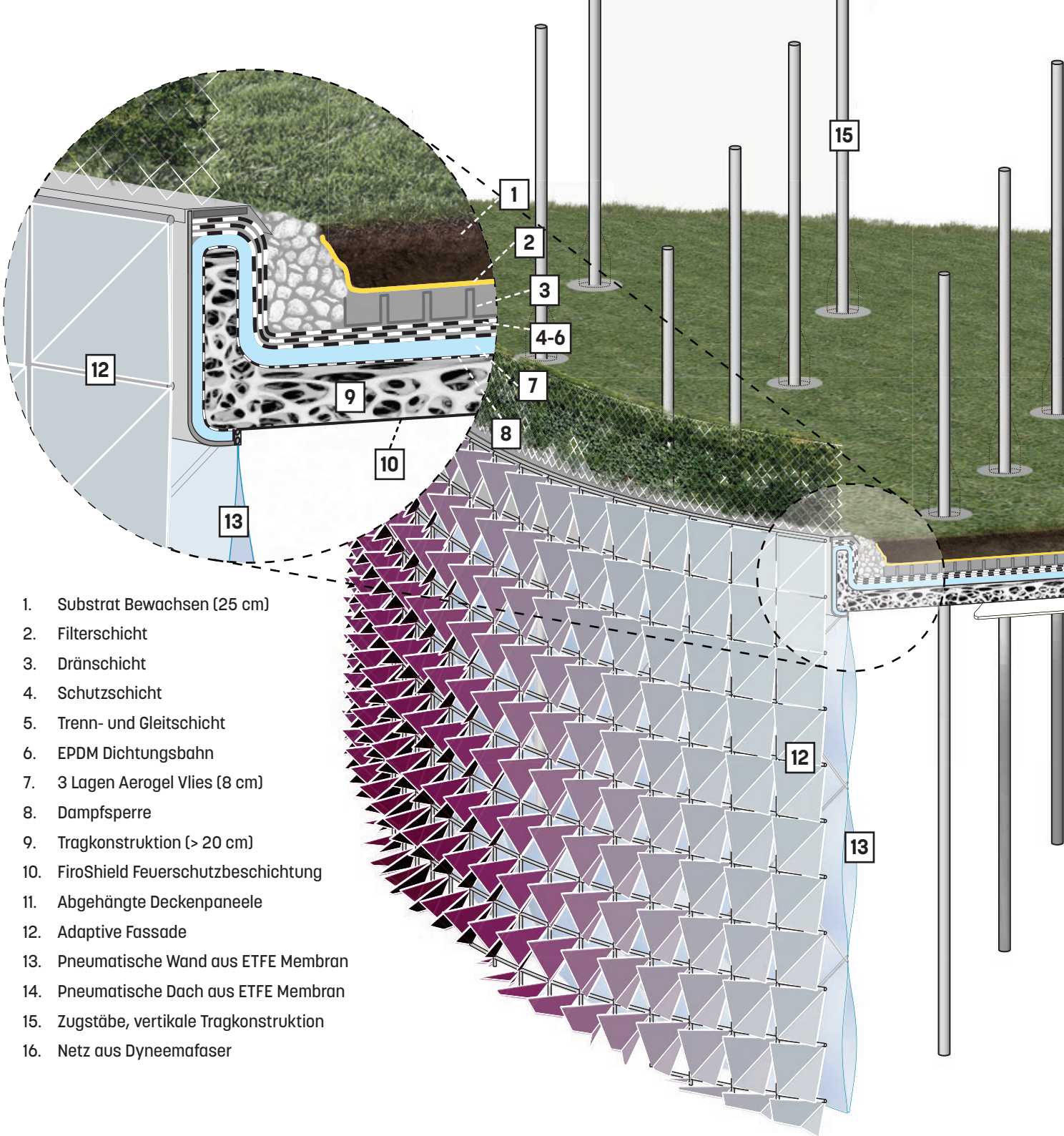


Ich Experimentiere
gerne mit neuen
Materialien

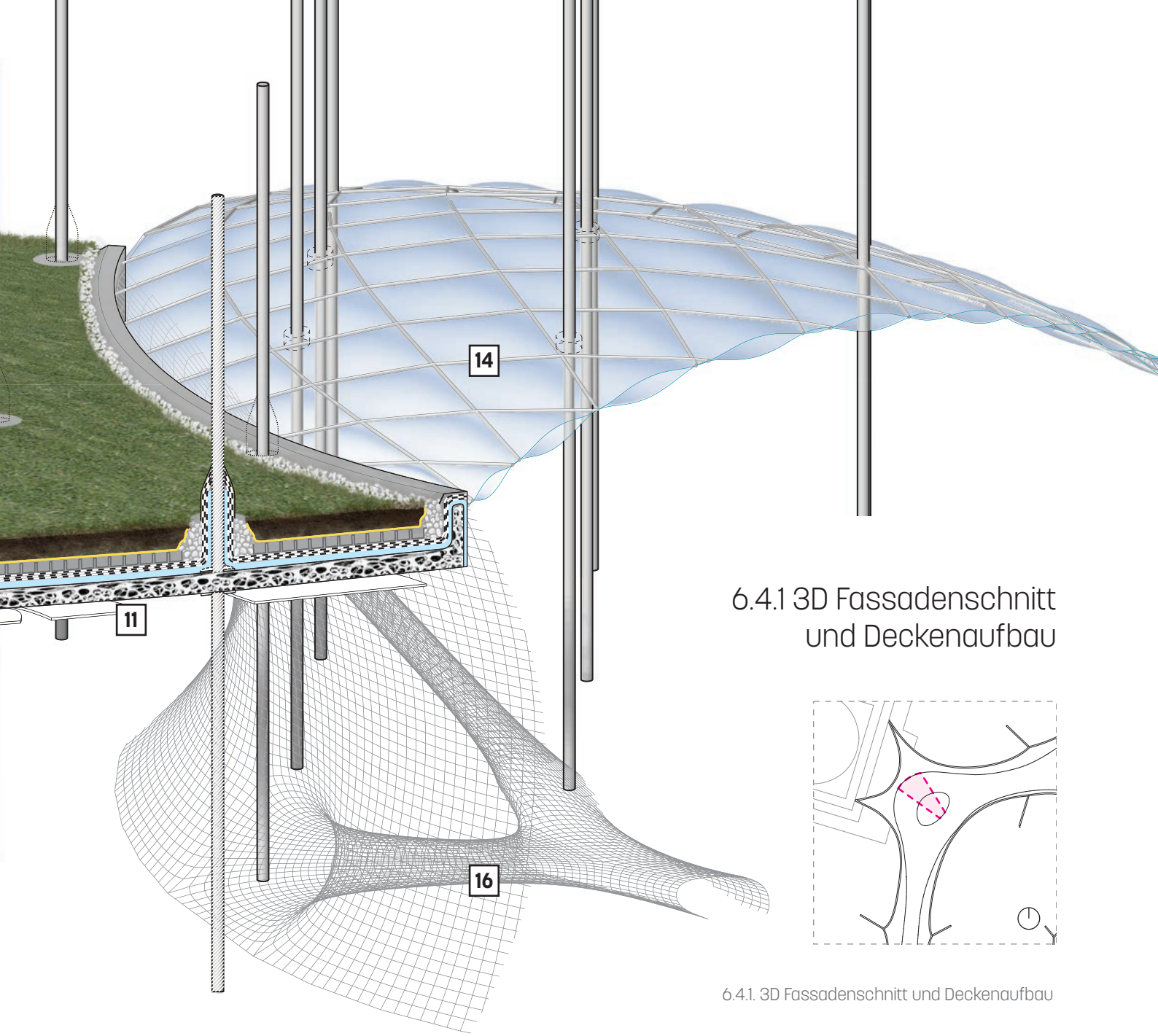
6.4 **3D Detail und Materialien**

3D Fassadenschnitt und Deckenaufbau

Materialien im Detail



1. Substrat Bewachsen (25 cm)
2. Filterschicht
3. Dränschicht
4. Schutzschicht
5. Trenn- und Gleitschicht
6. EPDM Dichtungsbahn
7. 3 Lagen Aerogel Vlies (8 cm)
8. Dampfsperre
9. Tragkonstruktion (> 20 cm)
10. FiroShield Feuerschutzbeschichtung
11. Abgehängte Deckenpaneele
12. Adaptive Fassade
13. Pneumatische Wand aus ETFE Membran
14. Pneumatische Dach aus ETFE Membran
15. Zugstäbe, vertikale Tragkonstruktion
16. Netz aus Dyneemafaser



6.4.1 3D Fassadenschnitt und Deckenaufbau

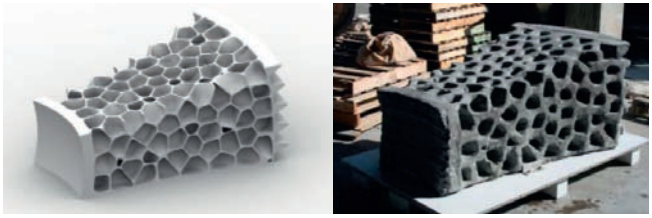
6.4.1. 3D Fassadenschnitt und Deckenaufbau

9 Tragstruktur

Um die Effizienz und Leichtigkeit der Geschoßdecken zu maximieren eine biomimetische Tragkonstruktion ähnlich der Struktur von Knochen oder Schäumen vorgesehen.

Die erforderliche Dimension der Struktur wird mit Computersimulation berechnet und mit Hilfe von Robotern vor Ort 3D gedruckt. 3D Druck ermöglicht den Einsatz von sehr vielen Materialien, wie auch eine Kompositstruktur mehrerer Werkstoffe. Gedruckt werden können unter anderem auch herkömmliche Baumaterialien wie Stahl, Kunststoffe und Zement.[1,2,3]

Obwohl derartige Systeme noch im Forschungsstadium sind, gibt es bereits vielversprechende Projekte in dem Bereich. Foster+Partners setzt zum Beispiel beim Projekt „Lunar Habitation" eine 3D gedruckte, geschlossene Schaumstruktur aus dem Mondgestein Regotlith in Kombination mit einem pneumatischen System ein, damit die



6.4.2. Computersimulation und 3D geruckter Mock-Up für das Lunar Habitation Projekt von Foster+Partners

6.4.3. Produktion eines 3D gedruckten Tragstrukturs aus Kunststoff, und deren möglicher Einsatz als Kompositmaterial

Gebäude extreme Wetterverhältnisse und mechanische Einwirkungen standhalten können.[2]

Der Firma Branch Technology beschäftigt sich mit 3D gedruckten Kunstoffkonstruktionen, die bereits als großformatige Strukturen produziert werden in Form von Pavillons und Installationen.[4]

Vorteile des Sytems:

- Schaumartige Strukturen sind die leichteste raumfüllende Systeme in der Natur.[2]
- Der Werkstoff kann für Belastungen individuell optimiert werden.[1,2]
- Jede Geometrie ist möglich, die Struktur kann auch bei Freiformen angewendet werden.[4]

7 Aerogel Vlies - Wärmedämmung

Das Material Aerogel besteht aus amorphem Siliziumdioxid und der Volumen besteht aus über 90 Prozent luftgefüllten Poren.[5]

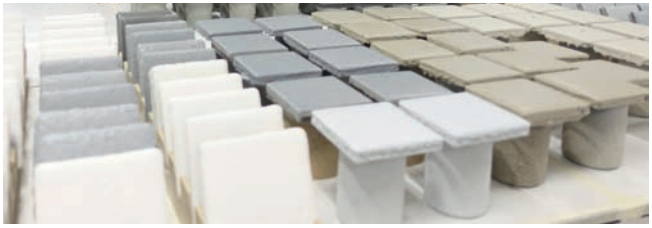
6.4.4. (links) Das Rohmaterial Aerogel - nicht brennbar
6.4.5. (rechts) Aerogel als Vlies in Verbund mit Textil

Vorteile des Materials:

- Hat bis zu zwei bis dreimal bessere Dämmeigenschaften als Styropor, was ein großes Platzersparnis bedeutet
- Die Ausführung als Vlies ermöglicht eine räumliche Flexibiltät
- Hitzeresistent und nicht brennbar (Brandverhalten A2)
- Wasserabweisend aber dampfdurchlässig
- Wegen der feinporigen Nanostruktur ein hervorragender Schalldämpfer[5]

10 FiroShield Feuerschutzbeschichtung

Die Tragstruktur wird mit einer Feuerschutzbeschichtung überzogen. FiroShield besteht synthetischen Harzen und kann wie herkömmliche Anstriche aufgetragen oder gesprüht werden.[6]



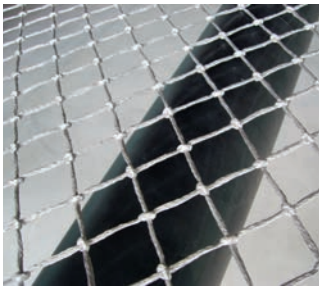
6.4.6. Beschichtete Stahlprofile im Labor in Singapur

Vorteile des Materials:

- Dünne Schichten, die optisch wie herkömmliche Anstrich aussehen
- 2 Stunden lang Feuerresistent, und bröckelt nicht ab unter Hitzeeinwirkung
- Bietet auch Korrosionsschutz
- Widerstandsfähig gegen Wettereinwirkungen, wie UV-Licht und Luftfeuchtigkeit.[6]

16 Netz aus Dyneemafaser

Das Kletternetz schafft eine alternative vertikale Verbindung zwischen den Geschoßen, muss somit hochfest und leicht sein. Dafür eignet sich der Hochleistungsfaser Dyneema, die im Moment als stärkste Faser der Welt gilt. Hinter der Markenname steht das Material UHMwPE (Ultra-High Molecular Weight Polyethylene). Es wird unter anderem für Schwerlastsicherung (z.B. Bergbau, Seefahrt) und in der Klettersport eingesetzt.[7,8]



6.4.7 (links) Netz aus Dyneemafaser
6.4.8 (rechts) Vergleichbare Installation von Tomás Saraceno. Der dreigeschoßige Stahlnetzkonstruktion wiegt 3000 kg[9]: Das Gewicht könnte mit Dyneemafaser deutlich reduziert werden

Vorteile des Materials:

- Bis zu 85% leichter als Stahl
- Abriebfest und schnittunempfindlich
- nicht rostend
- nicht elektrisch leitend
- einsetzbar zwischen -40°C und 70°C [7]

13 und 14 Pneukonstruktion aus ETFE Membran

ETFE ist ein Copolymer, der aus 25% Ethylen und 75% Tetraflourethylen besteht. Er wird wegen seinen hervorragenden Eigenschaften oft für den Membranbau und pneumatische Konstruktionen eingesetzt.[10]

6.4.9 (links) Beispiel für eine penumatische Fassade: Casino Macao Oceanus in Macao, China
6.4.10 (rechts) Beispiel für eine pneumatische Dachkonstruktion: DWI Leibniz-Institut für Interaktive Materialien, Aachen

Vorteile des Materials:

- Im Vergleich mit Glas: 95% der Lichtdurchlässigkeit, aber nur 1% des Gewichts.
- Gute chemische Resistenz
- Selbstreinigend
- Recyclebar
- Haltbarkeit mehr als 30 Jahre[10]

6 EPDM Dichtungsbahn

In der Seilnetzkonstruktion können Bewegungen entstehen, die ein sprödes Material Bitumen als Abdichtung ausschließen. Eine Alternative ist EPDM, die sich mit einer hohen Flexibilität auszeichnet.[11,12]

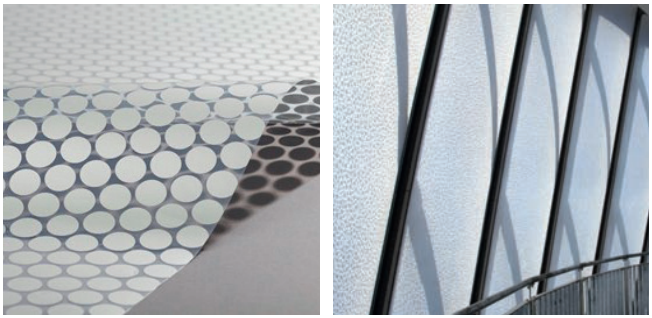
6.4.11 (links) Verklebung von EPDM-Bahnen
6.4.12 (rechts) Verlegung des Rollenmaterials

Vorteile des Materials:

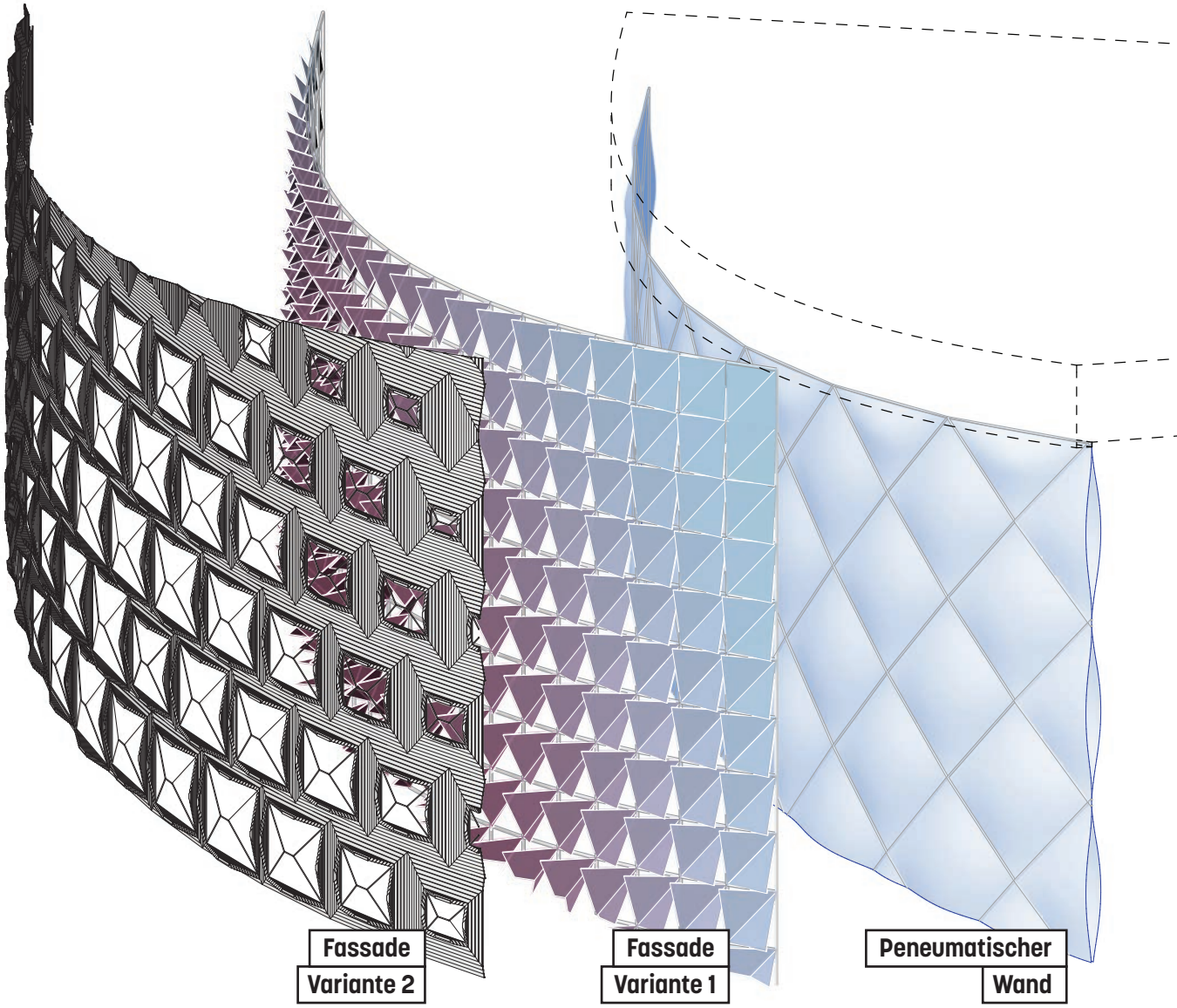
- Besonders hohe Dehnfähigkeit, Reißdehnung über 500%
- Elastisch und Kälteflexibel
- Recyclebar
- Pflanzenverträglich und wurzelfest
- Ozonbeständig
- Beständig gegen Pilze und Algen[11,12]

Um die Wandflächen möglichst transparent, aber gleichzeitig leicht, und flexibel zu gestalten, wird eine pneumatische Fassade vorgesehen. Pneumatische Kissen sind durch mehrere Folienlagen und Bedruckung bis zu einem gewissen Grad veschattbar.13 Allerdings nach der Erhöhung der Temperaturen in der Zukunft, verursacht durch den globalen Erwärmung, ist es möglich, dass ein zusätzlicher, außenliegender Verschattungsgschicht nötig ist. Das Prinzip einer adaptiven Fassade, die auf Hitze reagiert, wurde bereits in der Architektur erprobt, wie zum Beispiel bei der Al Bahar Tower in Abu Dhabi.[14]

Für den Entwurf habe ich zwei Varianten für einen adaptiven Fassadensystem untersucht. Variante 1 besteht aus Dreiecks-förmigen Elementen, die sich flügelartig öffnen und schließen, während Variante 2 sich harmonikaartig zusammenfalten kann. Beide Varianten benötigen ein Steuerungssystem, den man in den Raum zwischen Geschoßdecken und Fassade positionieren könnte.



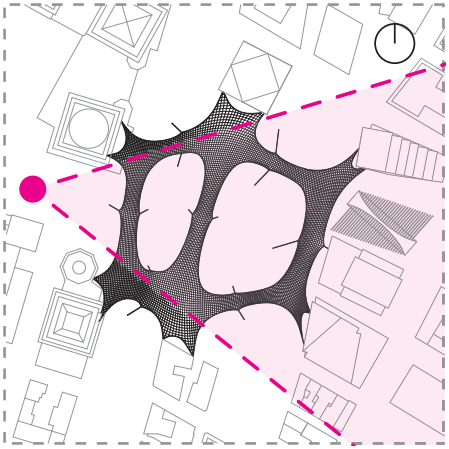
6.4.13 (links) Bedruckte ETFE-Folie
6.4.14 (rechts) Verschattung mit bedruckten Folien

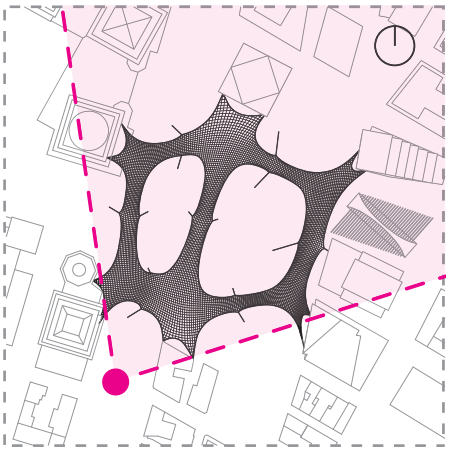


6.4.15. 3D Penumatische Fassade und adaptive Verkleidungsvarianten

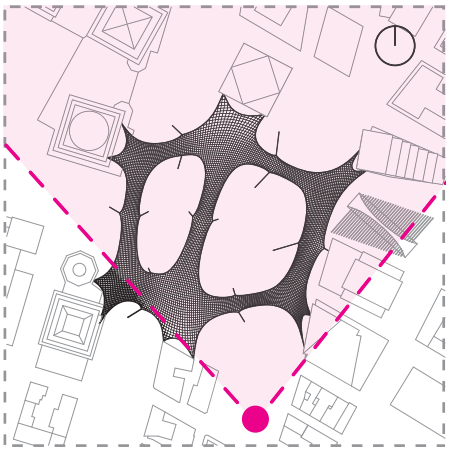
RENDER

6.5 **Visualisierungen**

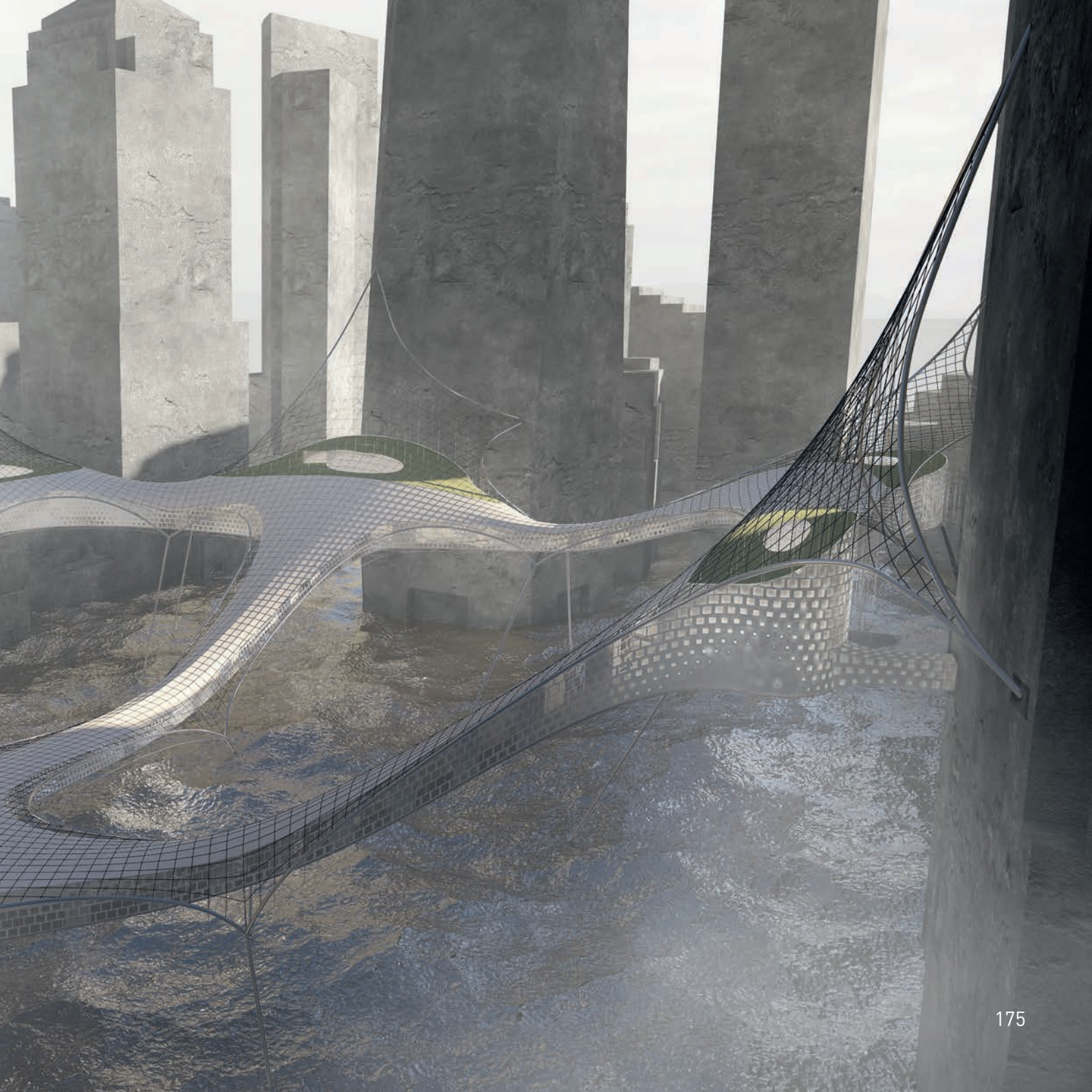


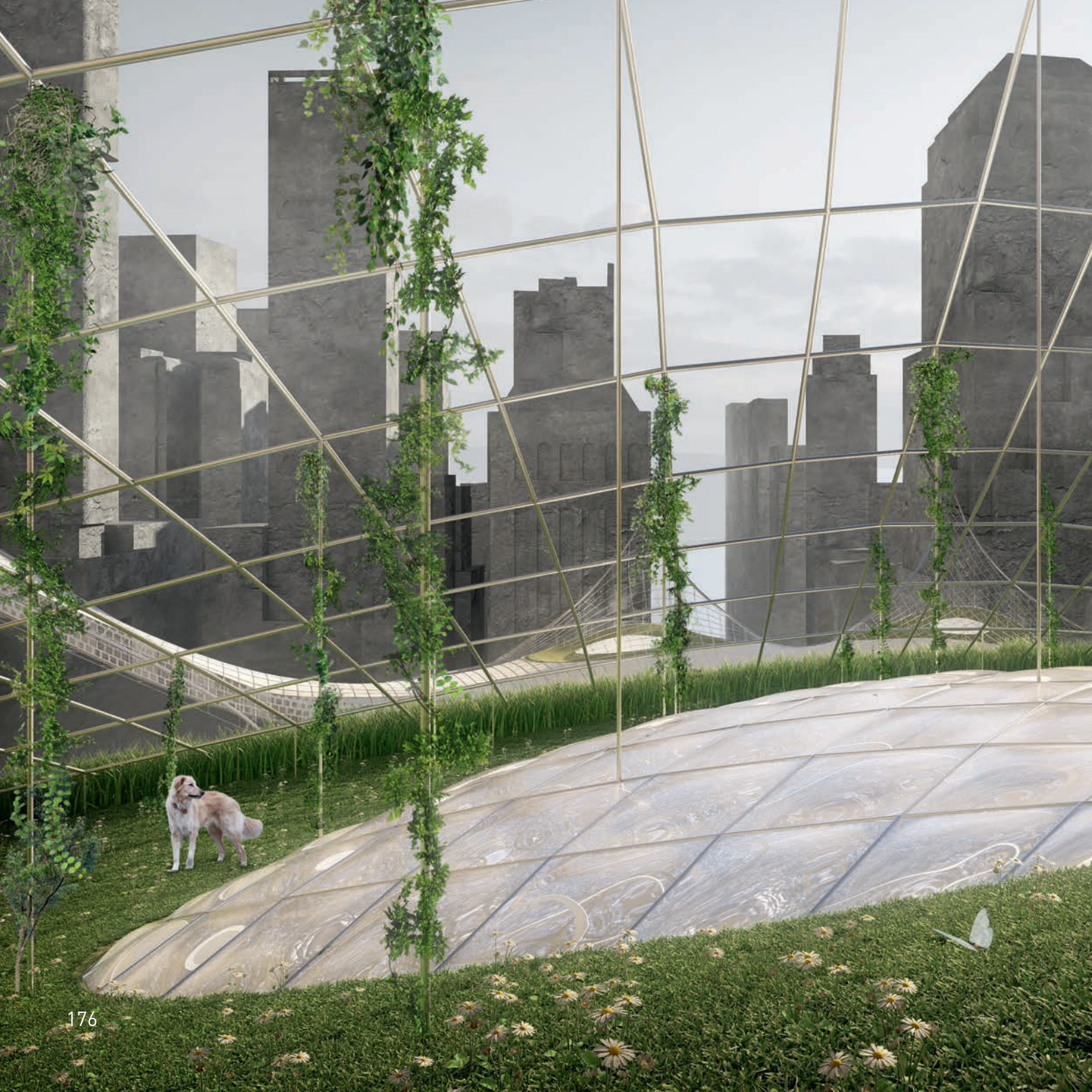


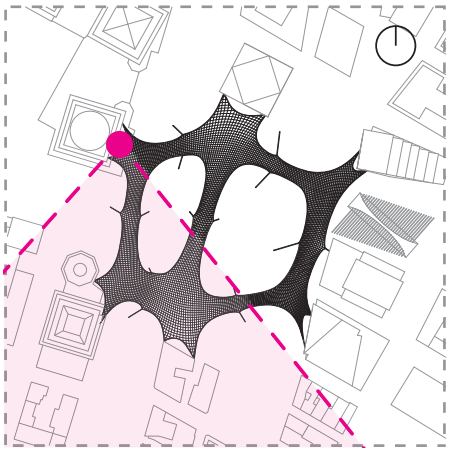
6.5.2. Aussenrendering 02



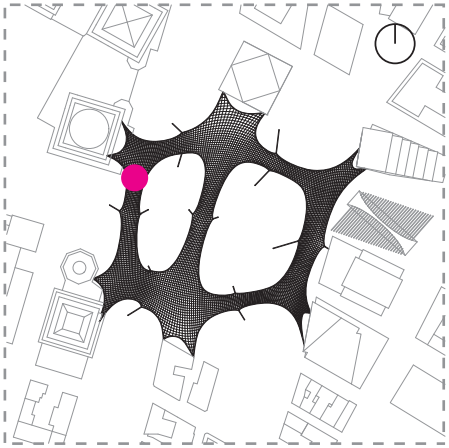
6.5.3. Aussenrendering 03



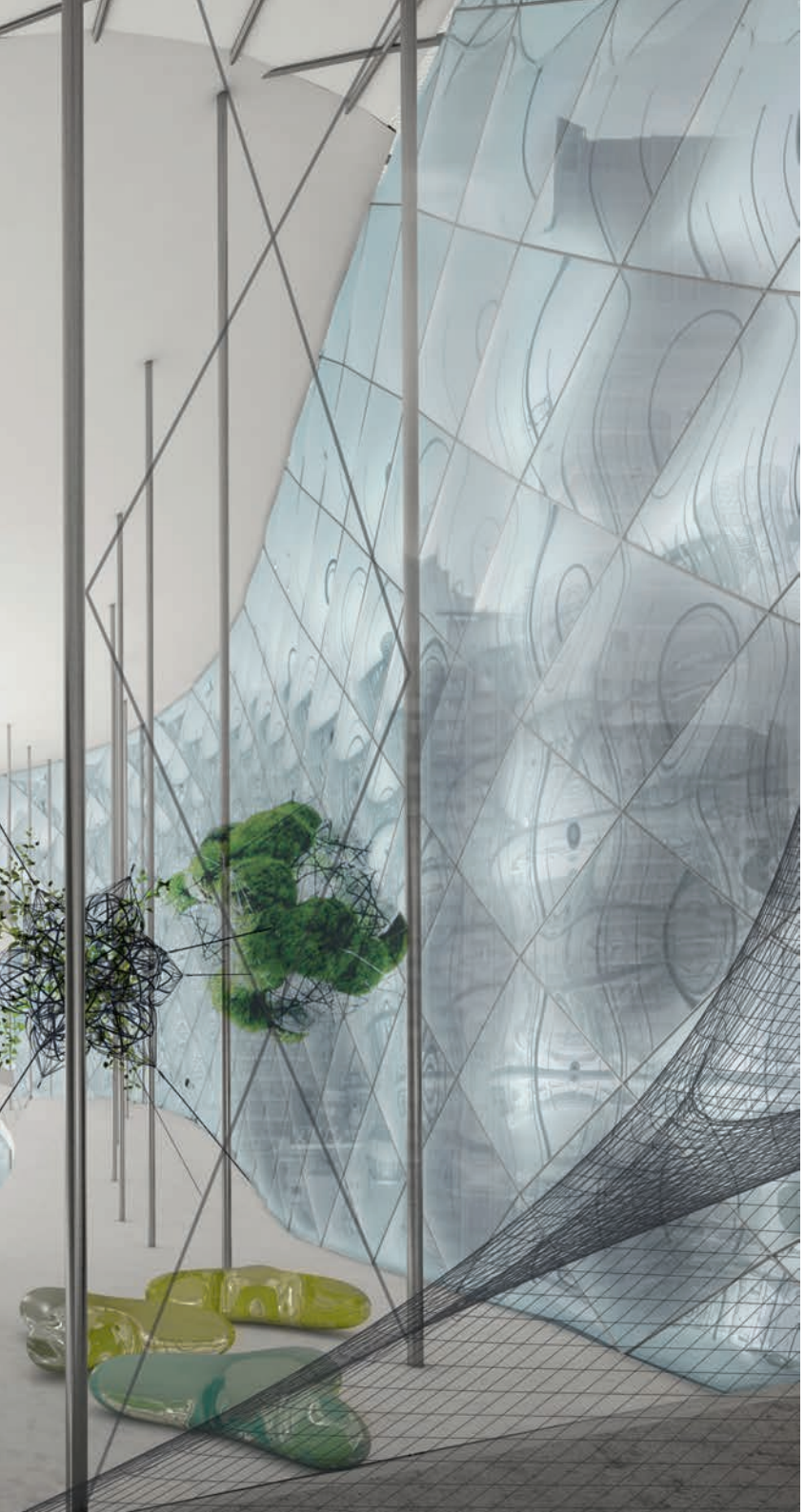


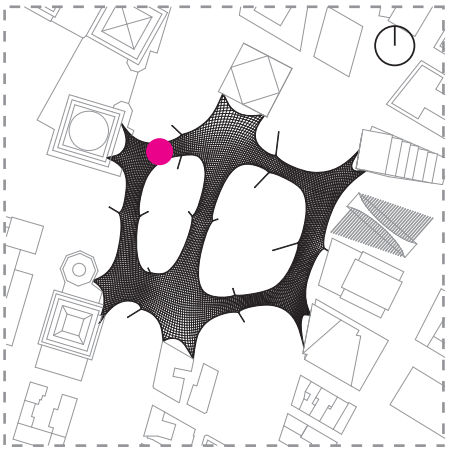


6.5.4. Aussenrendering 02

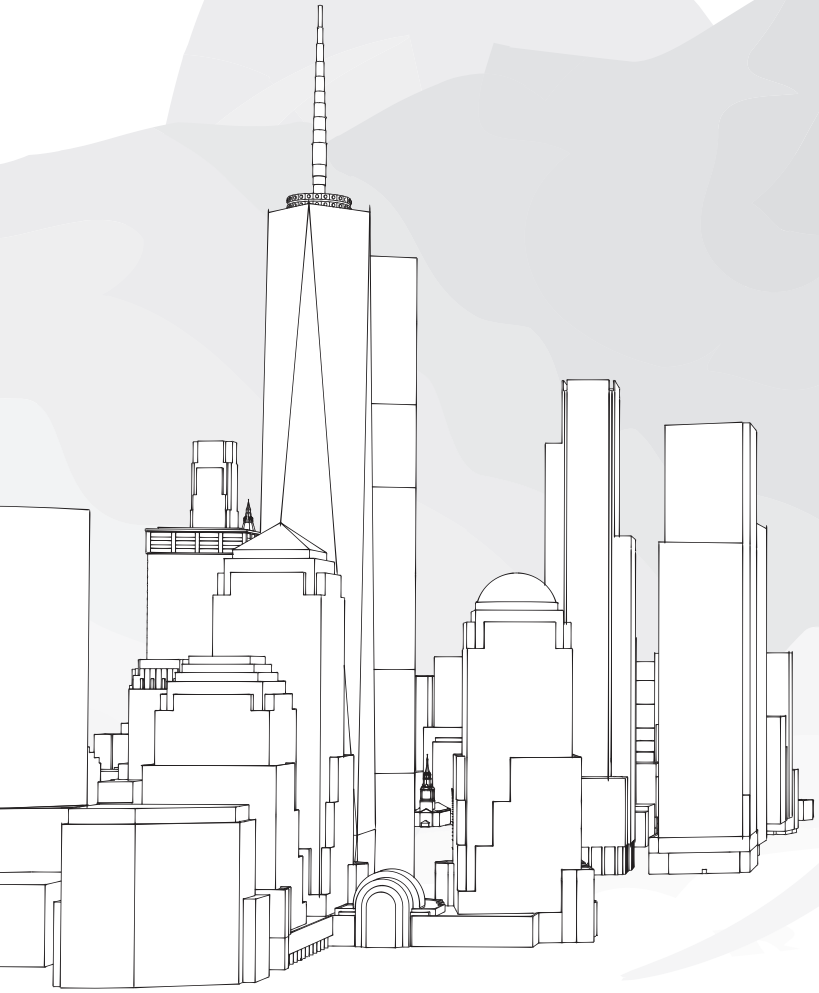


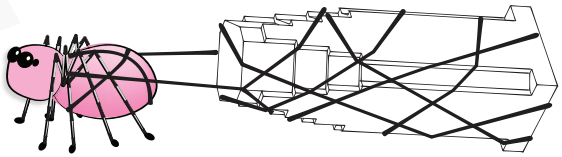
6.5.5. Innenrendering 01





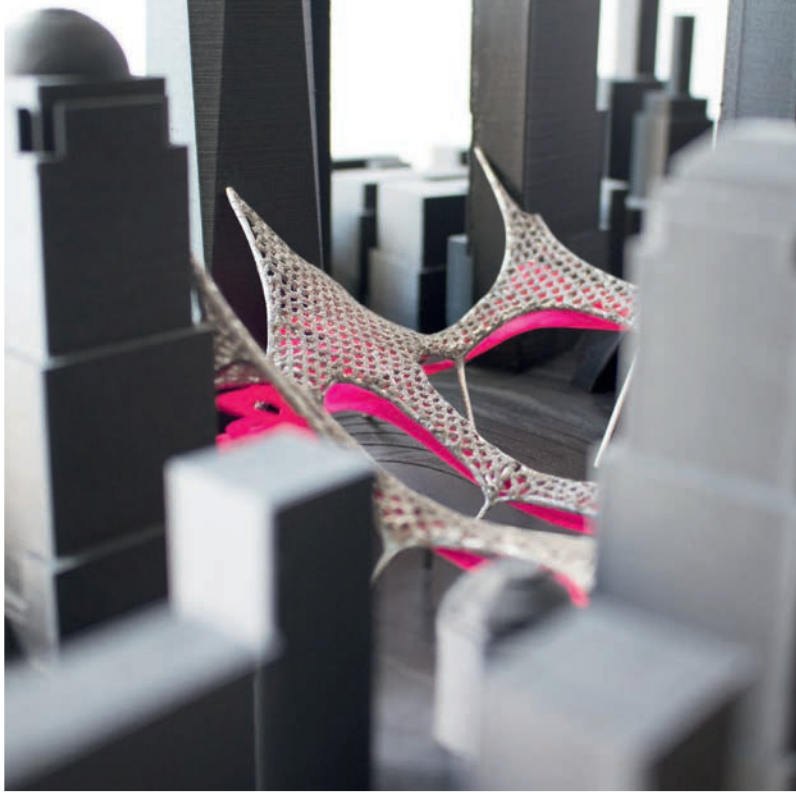
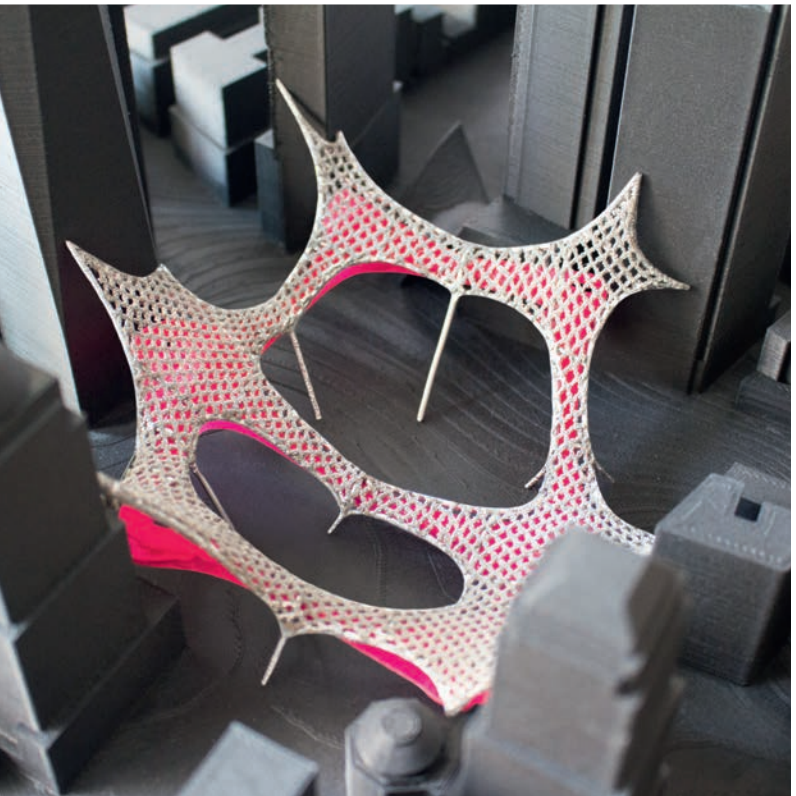
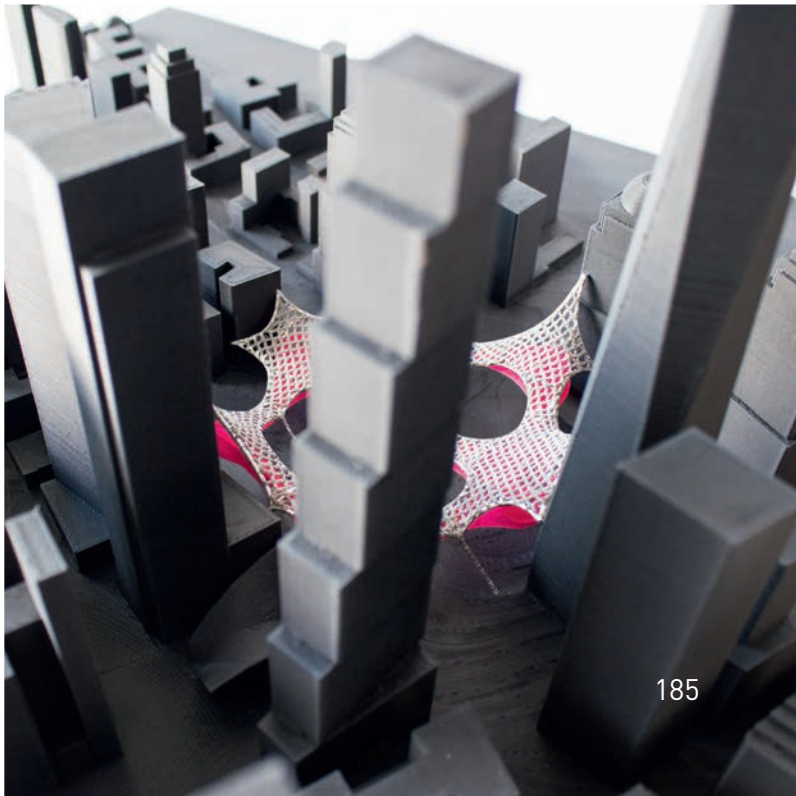
6.5.6. Innenrendering 02





6.6 **Modellfotos**

6.6.1. Modellfotos

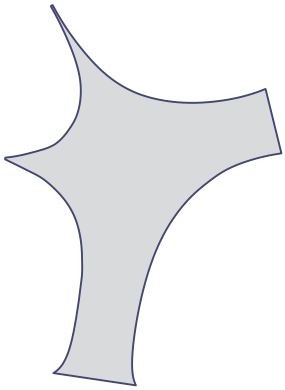




7 Bewertung

7.1 Flächennachweis

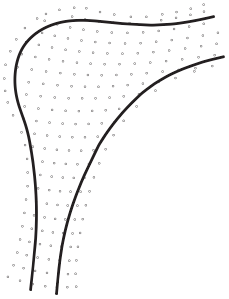
7.2 Schlussfolgerung

7.1 Flächennachweis



Parzelle (FBG)
(=Fläche Seilnetzkonstruktion)

2.850 m2



Konstruktionsfläche (KF)
(=Zugstäbe + Aussenwände)

57 m2

Konstruktionsfläche tragend (KFT)
(=Zugstäbe)

2 m2

Konstruktionsfläche nicht tragend (KFN)
(=Aussenwand)

55 m2

Bruttogrundfläche E1 (BGF)	1.891 m2
Bruttogrundfläche E2 (BGF)	588 m2
Bruttogrundfläche E3 (BGF)	677 m2

Gesamt: 3.101 m2

Verkehrsfläche Horizontal (Vfh):

E1	437 m2
E2	79 m2
E3	51 m2

Nutzfläche [NF]:

E1	1.161 m2
E2	326 m2
E3	443 m2

Verkehrsfläche Vertikal (Vfv)

386 m2

Freifläche (FF)
(=Dachlandschaft)

932 m2

Verkehrsfläche Gesamt (VF): 953 m2

Nutzfläche Gesamt (NF): 1.930 m2

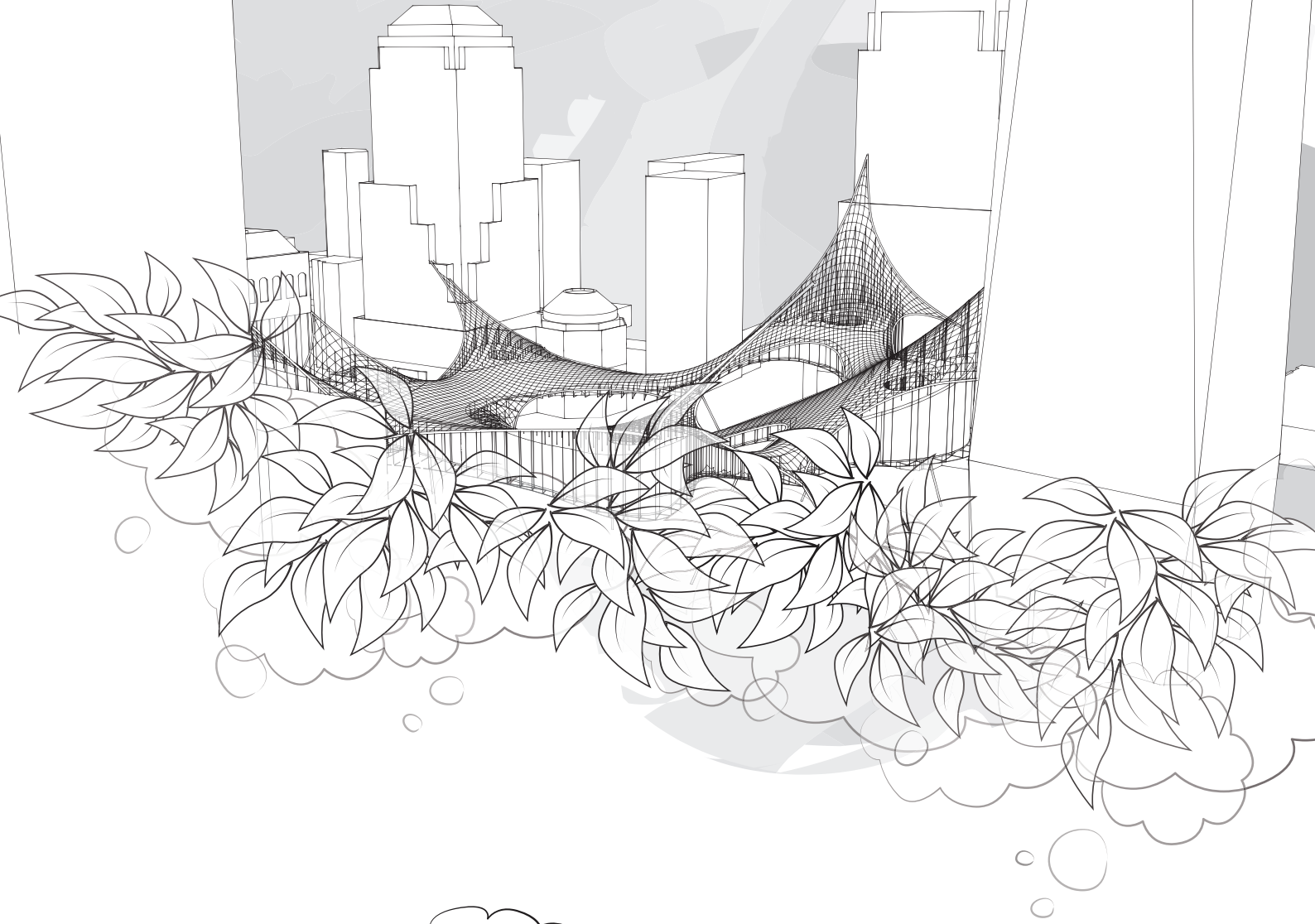
Parzelle (FBG): Bruttogrundfläche = 66% — FBG = 100%

Bruttogrundfläche E1 (BGF) KF = 2% VF = 32% NF = 58% — BGF = 100%

Nutzfläche [NF]: HNF = 91% VFv= 9% — NF = 100%

Verkehrsfläche (VF): VFh = 80% VFv = 20% — VF = 100%

Konstruktionsfläche (KF) kFt = 4% kFn = 96% — KF = 100 %


...Und das ist mein
Projekt geworden

7.2 Schlussfolgerung

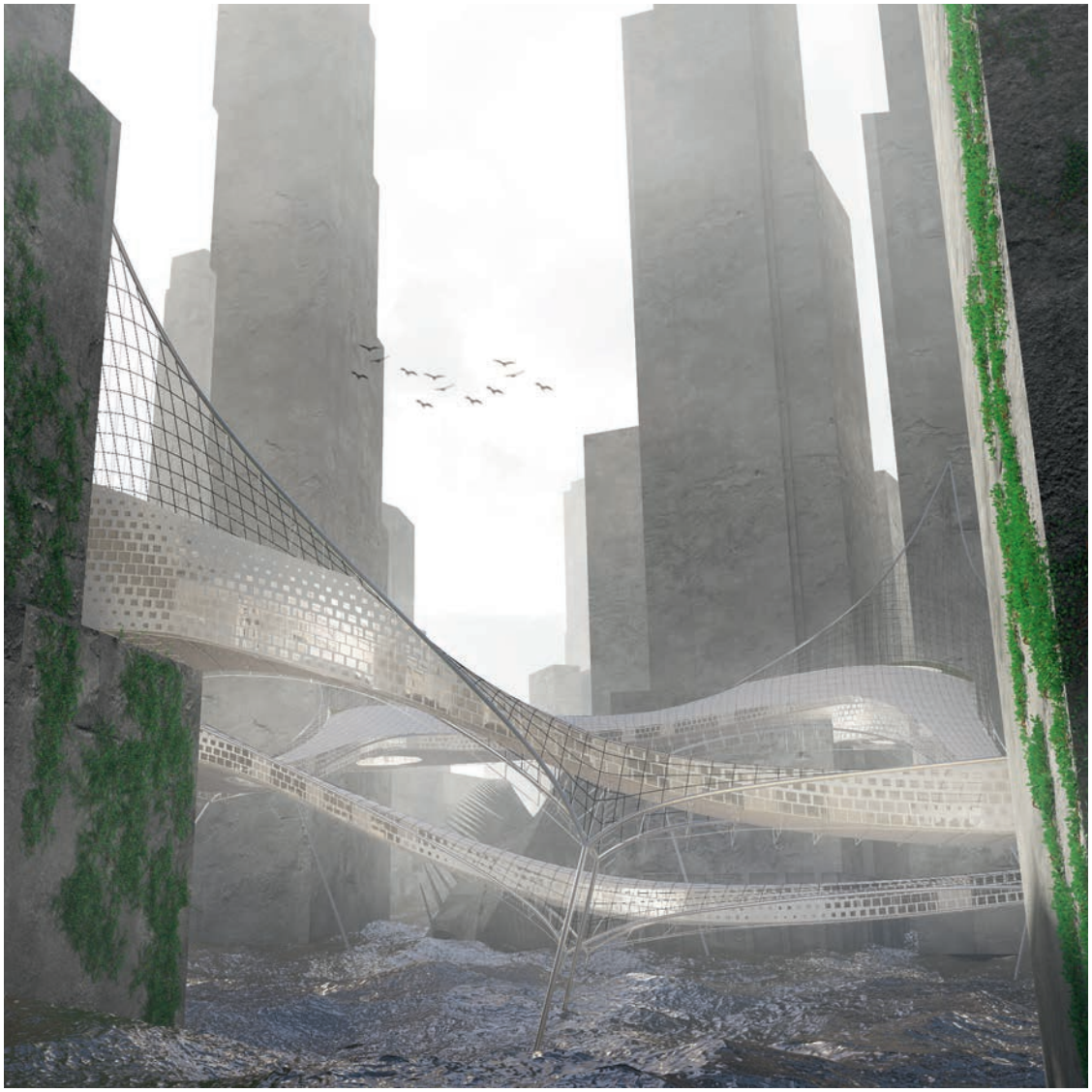
Mein Ziel war es im Zuge dieser Diplomarbeit ein Projekt zu erschaffen, die aus einer Kombination einer experimentellen Seilnetzkonstruktion und die daraus resultierenden räumlichen Gefüge entsteht, unter Beachtung von Aspekten wie großzügige Grünräume und Freibereiche, adaptierbare Flächen, sowie die Verbindung des Projektes mit der Bestandsbebauung, und dessen Neuinterpretation als Verical Farm, Energieproduzent, Speicher und Tragstruktur.

Während der Ausarbeitung habe ich geschafft viele Fragen zu beantworten, insbesondere das Konzept einer neuen Konstruktion, und dessen räumliche Bespielung, sowie das Konzept einer schwebenden Erlebniswelt der Wissenschaft, die über den alten Wolkenkratzern gespeist wird.

Wegen des großen Ausmaßes der Arbeit und der breit gefächerten Themenstellung blieben aber auch zahlreiche Fragen offen, die ich hoffe, während meiner Laufbahn als Architekt weiter erforschen zu können, und möglicherweise als Inspirationsquelle für weitere Arbeiten zu dienen. Ich halte es auch für möglich das Konzept einmal im kleinen Maßstab zu realisieren und zu testen, sollten es in der Zukunft die finanziellen Möglichkeiten erlauben.

Ich freue mich ebenfalls einen kleinen Beitrag geleistet haben zu können zu den Projekten, die die Aufmerksamkeit auf die möglichen Effekte der Klimaveränderung lenken wollen. Neben der etwas dystopischen Stimmung einer überfluteten Großstadt habe ich als Gegenpol mein Projekt positioniert, mit dem Ziel, neue Möglichkeiten und Zugangsweisen aufzuzeigen und zu erforschen, aber auch um zu inspirieren und Gedanken für weiterführende Experimente anzuregen.

7.2.1. Die erste Konzeptcollage, 2017 Oktober



7.2.2. Das fertige Projekt, 2018 September

8 Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Literaturverzeichnis

2.1. Effekte des Klimawandels

1. US Geological Service, “Glaciers and Icecaps: Storehouses of Freshwater” The USGS Water Science School, 2. 5. 2016, [http://usgs.gov/edu/eathglacier.html]
2. “Collapse of Antarctic Ice Sheet Would Likely Put Washington D. C. Largely under Water” Science Daily, 6. 2. 2009 [http://www.sciencedaily.com/releases/2009/02/090205142132.htm], 2018
3. Potsdam Institute, “Turn Down the Heat”, Seite 32.
4. Met Office, The Impact of a Global temperature Rise of 4°C (7°F) [https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/mohippo/pdf/q/n/four_degrees_temperature_rise_map_inside.pdf]
5. 2100: A Dystopian Utopia – The City After Climate Change, Vanessa Keith/StudioTEKA Design, 2017, Terreform Inc. New York City, ISBN: 978-0-9960041-1-4
6. UN Human Sttlements Programme (Un-Habitat), “The Impacts of Climate Change Upon Urban Areas” Earthscan, London 2011, Seite 85.
7. Urban Environment Unit “Cities and Coastal Areas” United Nations Envionment Programme (UNEP), 2005 [http://unep.org/urban_environment/issues/coastel_zones.asp]
8. International Strategy for Disaster Reduction “World Disaster Reduction Campaign 2010-11” Vereingigte Nationen 2010 [http://www.unisdr.org/files/14030_FAQscampaignpresskit.pdf
9. RJ Nicholls & S Hanson, “Ranking of the World’s Cities Most Exposed to Coastal Flooding Today and in the Future”, OECD Environment Working Paper no. 1., 2007 [https://www.oecd.org/env/cc/39721444.pdf]
10. Met Office, “Impact of Four Degrees”
11. CJ Lim/Studio 8 Architects – Inhabitable Infrastructures, Science fiction or urban future?, Published 2017 by Routledge. ISBN: 978-1-138-11967-3(pbk), Seite 9

2.2. Bauplatz in Manhattan

1. Bedrock Depth and the Formation of the Manhattan Skyline, 1890-1915 - Jason Barr (Rutgers University, Newark), Troy Tassier (Fordham University), Rossen Trendafilov (Fordham University) - Rutgers University, Newark Working Paper #2009-006 October 2009
2. New York Nature, The Nature and Natural History of the New York City Region – History of New York Geology [http://www.newyorknature.net/Geology.html]

4.1. Seilnetze und Membrane

1. Atlas Kunstsoffe + Membrane – Jan Knippers, Jan Cremers, Markus Gabler, Julian Lienhard, Edition DETAIL, 2010, ISBN: 978-3-920034-41-6, Seite 134-149
2. Bauen mit Membranen – KlausMichael Koch, Prestel Verlag 2004, ISBN: 3-7913-3048-9, Seite 68-71
3. Bauen mit Membranen – KlausMichael Koch, Prestel Verlag 2004, ISBN: 3-7913-3048-9, Seite 34-35
4. Atlas Kunstsoffe + Membrane – Jan Knippers, Jan Cremers, Markus Gabler, Julian Lienhard, Edition DETAIL, 2010, ISBN: 978-3-920034-41-6, Seite 218-219
5. Frei Otto – Forschen, Bauen, Inspirieren – Irene Meissner, Eberhard Möller, DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, München, ISBN: 978-3-95553-252-9, Seite 60-61
6. The tiptoe of an airbus, Vivienne Baillie Gerritsen, Protein Spotlight 2002 July, Issue 24
7. Spidermans Geheimnis - Molekulare Eigenschaften von Spinnenseide, Tristan Giesa - Markus J. Buehler, Phys. Unserer Zeit, 2/2013, © 2013 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
8. Structural optimization of 3D-printed synthetic spider webs for high strength - Zhao Qin, Brett G. Compton, Jennifer A. Lewis & Markus J. Buehler, Nature Communications, Published 15 May 2015, 6:7038 | DOI: 10.1038/ncomms8038 [www.nature.com/naturecommunications]

4.2 Formfindungsprozess

1. Bauen mit Membranen – KlausMichael Koch, Prestel Verlag 2004, ISBN: 3-7913-3048-9, Seite 83
2. Bauen mit Seilen und Membranen - Prof. Dr.-Ing. Rosemarie Wagner, Bauwerk, 2012, ISBN: 9783899320732 [https://doi.org/10.1002/stab.200710032]
3. Designing Form-Active Portable Shelters - Parametric Frameworks for Small-Scale Equilibrium Structures, Sarah Jean Roberts, Jänner 2014, Delft University of Technology

5.1 Vertical Farming

1. 2100: A Dystopian Utopia – The City After Climate Change, Vanessa Keith/StudioTEKA Design, 2017, Terreform Inc. New York City, ISBN: 978-0-9960041-1-4
2. Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century - Dickson Despommier, Macmillan USA; Auflage: Reprint (14. November 2011), ISBN-10: 0312610696 ISBN-13: 978-0312610692, Seiten 135-175 (Chapter 5| The Vertical Farm: Advatages)
3. Brian Cody – Form Follows Energy, Using Natural Forces to Maximize Performance | Birkhäuser Basel | ISBN 978-3-99043-202-0 | Seiten 153-162

5.2 Die Schräge in der Architektur

1. OIB-Richtlinie 4, Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit MÄRZ 2015, OIB—330.4-020/15
2. Paul Virilio, Technology and Resistence; The Oblique Principle Since Sainte Bernadette du Banlay, Nevers - Juan Carlos Sanchez Tappan, Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya, August 2015, DOI: 10.13140/RG.2.1.1960.9444
3. Architektur als Grundlagenforschung, 8. 3. 2003, Neue Zürcher Zeitung [https://www.nzz.ch/article8p-jz8-1.223125]
4. DETAIL – Rolex Learning Center in Lausanne, Frank Kaltenbach, 2010 [https://www.detail.de/artikel/rolex-learning-center-in-lausanne-704/]
5. Die Presse - Rolex Learning Center: Landschaft des Lernens, Carola Schneider, 2010 [https://diepresse.com/home/leben/kreativ/612007/Rolex-Learning-Center_Landschaft-des-Lernens]

6.1 Funktionsdiagramme

1. Hortibiz - Transparent solar panels for greenhouses [http://www.hortibiz.com/item/news/transparent-solar-panels-for-greenhouses/]
2. Soliculture [http://www.soliculture.com/lumo-technology/]
3. Wien Energie – Ortwärme aus Biomasse [https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do/channelId/-48223]
4. [http://www.abwasserenergie.at/]
5. Rettungskapsel aus den USA schützt bei Naturkatastrophen - Wolfgang Kempkens, 2015 [https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/maschinenbau/rettungskapsel-usa-schuetzt-naturkatastrophen/]
6. Nullbarriere.de [https://nullbarriere.de/thoms-personenrettungsschlauch.htm]
7. Baunetz Wissen [https://www.baunetzwissen.de/sicherheitstechnik/tipps/news-produkte/rutsche-zur-evakuierung-757190]
8. Elementarbereich-Roth e.K. Kindergarten- u. Schulausstattung, [https://www.roooth.de/fluchtrutsche/] Stand: 19.9.2018

6.4 3D Detail und Materialien

1. Neue Chancen für strukturelle und funktionale Anwendungen - Zellulare Systeme aus und mit Stahl, Konstruktion Juli/August 7/8-2002, StudiengesellschaftStahlanwendung [https://hps.hs-regensburg.de/heh39273/aufsaetze/stahlschaum.pdf], Stand: 13.9.2018

2. Foster + Partners, Lunar Outpost Design - 3D printing regolith as a construction technique for environmental shielding on the moon, 2015 'The Design of a Lunar Outpost' Xavier De Kestelier (Foster + Partners, UK), Enrico Dini (Monolite Ltd., UK), Giovanni Cesaretti (Alta, SpA, Italy), Valentina Colla (SSSC_PERCO, Italy), Laurent Pambaguian (ESA, ESTEC, The Netherlands) [https://www.fosterandpartners.com/media/2634652/lunar_outpost_design_foster_and_partners.pdf], Stand: 13.9.2018
3. A Performative Approach To 3D Printed Architecture - Luca Breseghello, 20.2.2015 [https://issuu.com/lucabreseghello/docs/lb_-_a_performative_approach_toward] Stand: 13.9.2018
4. Branch Technology [https://www.branch.technology] Stand: 13.09.2018
5. Agitec AG [https://www.agitec.ch/page/aerogel/index.php] Stand: 13.9.2018
6. New fire-resistant coating to prevent failure in steel building fires, Nanyang Technological University, 31.10.2017 [https://phys.org/news/2017-10-fire-resistant-coating-failure-steel.html], Stand: 13.9.2018
7. Dolezych GmbH & Co. KG [http://www.donova.info/landing-pages/donova_region_3.php#dyneema] Stand: 13.9.2018
8. Royal DSM N.V [https://www.dsm.com/products/dyneema/en_GB/home.html] 13.9.2018
9. Archdaily, 'In Orbit' Installation / Tomás Saraceno, 27.6.2013, Alison Furuto [https://www.archdaily.com/394622/in-orbit-installation-tomas-saraceno] Stand: 13.9.2018
10. Archiexpo [http://www.archiexpo.de/prod/fabritec-structures/product-151879-1765807.html] Stand: 13.9.2018
11. Resitrix [https://www.resitrix.com/de/abdichtungsbahnen/] Stand: 13.9.2018
12. Ludwig Kunststoffgrosshandel OHG & Ludwig Kunststoffe GmbH [https://kunststoffdichtungsbahnen.de/hp365/EPDM.htm] Stand: 13.9.2018
13. Sattler Global [https://www.sattler-global.com/textile-architektur/etfe-folien-1013.jsp] Stand: 14.9.2018
14. Archdaily [https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas] Stand: 14.9.2018

Tabellenverzeichnis

4.3. Statische Analyse

4.3.1. Zugfestigkeit und E-Modul Stahl, Kohlenstoffaser, Glasfaser, Aramidfaser, Basaltfaser, Polyethylenfaser: Engineering Design mit CFK für den Brückenbau, Prof. Dr.-Ing. Wilm F. Unckenbold, 9. Innovation Day CFK im Bauwesen [https://cfk-valley.com/fileadmin/img/downloads/innovationDay/Prof_Unckenbold.pdf] Stand: 21.9.2018 und [http://www.verope.co/de/technologie/seileigenschaften/] Stand: 21.9.2018

Zugfestigkeit und E-Modul Kohlenstoffnanoröhren: Carbon Nanotubes – ein multifunktionaler Leichtbauwerkstoff für die Adaptronik, Autoren: Hans P. Monner, Stefan Mühle, Peter Wierach, Johannes Riemenschneider, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Strukturmechanik, Braunschweig, Bild 7: Vergleich unterschiedlicher Strukturwerkstoffe. Adaptronic Congress, 01.-03. April 2003

Zugfestigkeit und E-Modul Spinnenseide: Agnarsson I, Kuntner M, Blackledge TA (2010) Bioprospecting Finds the Toughest Biological Material: Extraordinary Silk from a Giant Riverine Orb Spider. PLoS ONE 5(9): e11234. doi:10.1371/journal.pone.0011234

Abbildungsverzeichnis

2.1. Effekte des Klimawandels

2.1.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, 2018, Grundlage: The Guardian “Rate of Arctic summer sea ice loss is 50% higher than predicted“ 11. 8. 2011 [https://www.theguardian.com/environment/2012/aug/11/arctic-sea-ice-vanishing], und: Anazimuthal projection showing the Arctic Ocean and the North Pole. The map also shows the 75th parallel north and 60th parallel north, CIA - CIA World Factbook [https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xq.html]

2.1.2. Before The Flood [https://www.beforetheflood.com/explore/the-crisis/sea-level-rise/]

2.1.3. Before The Flood [https://www.beforetheflood.com/explore/the-crisis/sea-level-rise/]

2.1.4. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, 2018, Grundlage: Climate Central [https://choices.climatecentral.org/]

2.1.5. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, 2018, Grundlage: Climate Central [https://choices.climatecentral.org/]

2.1.6. picture-alliance/dpa/AP-Photo/D. Alangkara

2.1.7. Ausschnitt aus dem Film “two°C - New-York City“ von Ménilmonde [https://vimeo.com/219649214]

2.1.8. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, 2018, Grundlage: 2100: A Dystopian Utopia – The City After Climate Change, Vanessa Keith/StudioTEKA Design, 2017, Terreform Inc. New York City, ISBN: 978-0-9960041-1-4, Seite: 26-27 und Met Office “Four Degree Interactive Map” [https://www.metoffice.gov.uk/climate-guide/climate-change/] impacts/four-degree-rise/map

2.2. Bauplatz in Manhattan

2.2.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, 2018, Grundlage: [https://www.6sqft.com/the-bedrock-myth-the-evolution-of-the-nyc-skyline-was-more-about-dollars-than-rocks/]

2.2.2. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, 2018, Grundlage: [http://observer.com/2012/01/uncanny-valley-the-real-reason-there-are-no-skyscrapers-in-the-middle-of-manhattan/]

2.2.3. Bedrock Depth and the Formation of the Manhattan Skyline, 1890-1915 - Jason Barr (Rutgers University, Newark), Troy Tassier (Fordham University), Rossen Trendafilov (Fordham University) - Rutgers University, Newark Working Paper #2009-006 October 2009, Seite 12

2.2.4. Radical Cartography: [http://www.radicalcartography.net/index.html?manhattan-heights]

2.2.5. Sarah Makes Maps: [http://www.sarahmakesmaps.com/blog/2014/11/nyc-heights]

2.2.6. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, Autodesk Autocad, 2018, Grundlage: Schwarzplan.eu [https://schwarzplan.eu/produkt/lageplan-new-york/], SkyscraperPage.com [https://skyscraperpage.com/diagrams/]

2.2.7. Grafiken und Gebäudedaten: SkyscraperPage.com [https://skyscraperpage.com/diagrams/], Ersteller der Grafiken: (1.) Zhen, (2.) S-t-R, (3.) Alliance, (4.) Koodoo, (5.) F16freak (6.) Steamboy, (7.) Koodoo (8.) Koodoo, (9.) Koops65, (10.) Antares41, (11.) Koodoo, (12.) Steamboy, (13.) F16freak, (14.) Steamboy, (15.) FrankK (16.) Koodoo, (17.) PatrickGriffin, (18.) Alx99, (19.) Steamboy, (20.) CliffTan, (21.) Steamboy, (22.) JamesRaymond, (23.) Alx99, (24.) F16freak, (25.) The Skyscraper Center [http://www.skyscrapercenter.com/building/2-world-trade-center/19928]

2.2.8. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Rhinoceros 5.0, 2018, Hintergrundgrafik: Google Maps

3.1. Ziele der Arbeit

3.1.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, 2018

4.1. Seilnetze und Membrane

4.1.1. Bauen mit Membranen – KlausMichael Koch, Prestel Verlag 2004, ISBN: 3-7913-3048-9, Seite 143

4.1.2. ILEK Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart

4.1.3. Fanni Aliz Florian, Seifenblasenexperimente, 2018

4.1.4. Bild aus der Pubikation, Form Follows Nature, Eine Geschichte der Natur als Modell für Formfindung in Ingenieurbau, Architektur und Kunst, Herausgeber: Rudolf Finsterwalder, erschienen 2011 im Springer-Verlag, Wien ISBN 978-3-7091-0855-0 [https://aut.cc/ausstellungen/form-follows-nature]

4.1.5. Callwey Blog, Gunnar Brand, 19.05.2015. [https://www.callwey.de/blog/frei-schwebend-olympiad-ach/#!/foto-post-8628-1]

4.1.6. Fanni Aliz Florian, Strumpfhosenenexperimente, 2018

4.1.7. Fanni Aliz Florian, Strumpfhosenenexperimente (beide Seiten), 2018

4.1.8. 4.1.8. Structural optimization of 3D-printed synthetic spider webs for high strength - Zhao Qin, Brett G. Compton, Jennifer A. Lewis & Markus J. Buehler, Nature Communications, Published 15 May 2015, 6:7038 | DOI: 10.1038/ncomms8038 [www.nature.com/naturecommunications]

4.1.9. Spidermans Geheimnis - Molekulare Eigenschaften von Spinnenseide, Tristan Giesa - Markus J. Buehler, Phys. Unserer Zeit, 2/2013, © 2013 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

4.1.10. Oxford Silk Group, Structural Analysis of a Garden Spider's Orb Web using non-linear DYNA3D [https://www.youtube.com/watch?v=p_iQp2XR4Dk]

4.1.11. Welche Spinne ist das?, Kosmos Basic (Kosmos-Naturführer Basics), Martin Baehr, 2009

4.1.12. Fanni Aliz Florian, Spinnennetze, Wien, 2018

4.1.13. Fanni Aliz Florian, Spinnenetze auf schwarzem Karton, 2017

4.1.14. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Processing, 2017

4.1.15. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Processing, 2017

4.2. Formfindungsprozess

4.2.1. Bauen mit Membranen – KlausMichael Koch, Prestel Verlag 2004, ISBN: 3-7913-3048-9, Seite 83

4.2.2. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

4.2.3. Messmodell zur Ermittlung der Seilkräfte im Netz, Deutscher Pavillon in Montreal, 1967 (mit Rolf Gutbrod, Fritz Leonhardt), Foto: Atelier Frei Otto Warmbronn [https://www.detail.de/artikel/forschen-entwickeln-wagen-pritzker-preis-fuer-frei-otto-13459/]

4.2.4. Bauen mit Seilen und Membranen - Prof. Dr.-Ing. Rosemarie Wagner, Bauwerk, 2012, ISBN: 9783899320732 [https://doi.org/10.1002/stab.200710032], Seite 273

4.2.5. Bauen mit Seilen und Membranen - Prof. Dr.-Ing. Rosemarie Wagner, Bauwerk, 2012, ISBN: 9783899320732 [https://doi.org/10.1002/stab.200710032], Seite 281

4.2.6. Fanni Aliz Florian, Modellfoto, 2018

4.2.7. Fanni Aliz Florian, Modellfoto, 2018

4.2.8. Fanni Aliz Florian, Modellfoto, 2018

4.2.9. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Photoshop, 2018

4.2.10. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Photoshop, 2018

4.2.11. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Photoshop, 2018

4.2.12. Ankerpunkte, Grafik fehlt!!!

4.2.13. Fanni Aliz Florian, Grafiken auf Seiten 64-67, erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Adobe Illustrator, 2018

4.2.14. Fanni Aliz Florian, Grafiken auf Seiten 68-71, erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Adobe Illustrator, 2018

4.2.15. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Adobe Illustrator, 2018

4.2.16. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

4.2.17. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Adobe Illustrator, 2018

4.2.18. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Adobe Illustrator, 2018

4.2.19. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Adobe Illustrator, 2018

4.3. Statische Analyse

4.3.1. 4.3.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Karamba, Adobe Illustrator, 2018

4.3.2. 4.3.2. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Karamba, Adobe Illustrator, 2018

4.3.3. 4.3.3. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Karamba, Adobe Illustrator, 2018

4.3.4. 4.3.4. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Grasshopper, Kangaroo, Adobe Illustrator, 2018

5.1. Vertical Farming

5.1.1. Fanni Aliz Florian Grundlage, Daten: 2100: A Dystopian Utopia – The City After Climate Change, Vanessa Keith/StudioTEKA Design, 2017, Terreform Inc. New York City, ISBN: 978-0-9960041-1-4, Seite: 26-27

5.1.2. Future Growing LLC [https://futuregrowing.wordpress.com/]

5.1.3. NASA/KSC | Farming for the future [https://www.nasa.gov/vision/earth/livingthings/biofarming.html]

5.1.4. Brian Cody – Form Follows Energy, Using Natural Forces to Maximize Performance | Birkhäuser Basel | ISBN 978-3-99043-202-0 | Seiten 153-162

5.1.5. Brian Cody – Form Follows Energy, Using Natural Forces to Maximize Performance | Birkhäuser Basel | ISBN 978-3-99043-202-0 | Seiten 153-162

5.1.6. 5.1.6 Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, 2018, Grundlage Aeroponik: Genesis Technologies [http://www.genesisindia.net.in/aero.html], Hydroponik Grundlage: Origin Hydroponics [https://originhydroponics.com/hydroponics-guide/]

5.1.7. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, Autodesk Autocad, 2018, Grundlage: schwarzplan.eu

5.1.8. BIG | Bjarke Ingels Group [http://big.dk/press/2wtc_257] [http://cdn.big.dk/projects/2wtc/additional_files/150605_2_WTC_Press_Drawings_Drawing_by_BIG_-_Bjarke_Ingels_Group.pdf]

5.1.9. 5.1.9 Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, Rinoceros 5.0, 2018, Grundlage Grundriss Two World Trade Center: BIG | Bjarke Ingels Group [http://big.dk/press/2wtc_257] [http://cdn.big.dk/projects/2wtc/additional_files/150605_2_WTC_Press_Drawings_Drawing_by_BIG_-_Bjarke_Ingels_Group.pdf], und Grundlage Aeroponik Grundriss: PARUS [http://parus.co.kr/item.php?it_id=1445446729&ca_id=plantfactory]

5.2. Die Schräge in der Architektur

5.2.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, 2018, Grundlage: OIB-Richtlinie 4, Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit MÄRZ 2015, OIB—330.4-020/15

5.2.2. Zeichnung: Claude Parent [https://i.pinimg.com/originals/8a/a7/da/8aa7da86f5beddef1bcdaea5fa871cfc.jpg]

5.2.3. Iwan Baan, 2010 [https://iwan.com/portfolio/sanaa-epfl-rolex-learning-centre-lausanne/]

5.2.4. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.1. Funktionsdiagramme

6.1.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Illustrator, 2018

6.1.2. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.1.3. Rettungsschlauch auf dem Jagdschloss Granitz, Jagdschloss Granitz: Der Rettungsschlauch, Foto: Tangram Planwerkstatt GmbH

6.1.4. Rettungskapsel aus den USA schützt bei Naturkatastrophen - Wolfgang Kempkens, 2015 [https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/maschinenbau/rettungskapsel-usa-schuetzt-naturkatastrophen/]

6.1.5. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.1.6. [https://www.ruhrnachrichten.de/Staedte/Tunnelrutsche-ist-Rettungsweg-und-Spielgeraet-Plus-1228508.html]

6.1.7. The Turett Collaborative, East Village Penthouse [https://www.houzz.de/photo/989694-east-village-penthouse-modern-wohnzimmer-new-york] Stand: 19.9.2018

6.1.8. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.1.9. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.2. Konstruktion

6.2.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.2.2. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.2.3. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.2.4. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3. Architekturentwurf

6.3.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.2. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.3. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.4. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.5. 6.3.5 Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3.6. 6.3.6 Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3.7. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3.8. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.9. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3.10. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3.11. 6.3.11 Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3.12. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.13. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3.14. 6.3.14 Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.15. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, Adobe Illustrator, 2018

6.3.16. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.17. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.18. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.3.19. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.4. 3D Detail und Materialien

6.4.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.4.2. Foster + Partners, Lunar Outpost Design - 3D printing regolith as a construction technique for environmental shielding on the moon, 2015 'The Design of a Lunar Outpost' Xavier De Kestelier (Foster + Partners, UK), Enrico Dini (Monolite Ltd., UK), Giovanni Cesaretti (Alta, SpA, Italy), Valentina Colla (SSSC_PERCO, Italy), Laurent Pambaguian (ESA, ESTEC, The Netherlands) [https://www.fosterandpartners.com/media/2634652/lunar_outpost_design_foster_and_partners.pdf], Stand: 13.9.2018

6.4.3. Branch Technology [https://www.branch.technology] Stand: 13.09.2018

6.4.4. Thermtest Thermophysical Instruments [https://thermtest.com/applications/aerogel-thermal-conductivity-hfm] Stand: 13.9.2018

6.4.5. Agitec Aerogel Vlies [https://www.agitec.ch/page/produkte/Aerogeldaemmstoffe/01-AEROGEL-Vlies.php] Stand: 13.9.2018

6.4.6. 6.2.6 New fire-resistant coating to prevent failure in steel building fires, Nanyang Technological University, 31.10.2017 [https://phys.org/news/2017-10-fire-resistant-coating-failure-steel.html], Stand: 13.9.2018

6.4.7. [http://www.multimarin.com/inc_content/page_prd_tramp.php] Stand: 13.9.2018

6.4.8. Studio Tomás Saraceno, 2013 [https://studiotomassaraceno.org/in-orbit/] Stand: 13.9.2018

6.4.9. ArchiExpo [http://www.archiexpo.de/prod/fabritec-structures/product-151879-1765807.html] Stand: 13.9.2018

6.4.10. Fabric Architect [http://www.fabricarchitect.com/etfe-structures.html] Stand: 13.9.2018

6.4.11. Resitrix [https://www.resitrix.com/de/abdichtungsbahnen/] Stand: 13.9.2018

6.4.12. EPDM Dachbahn für Detailausbildungen - bba ba beratung architektur, 9.5.2016 [https://www.bba-online.de/fachartikel/gebaeudehuelle/epdm-dachbahn-fuer-detailausbildungen/#slider-intro-1] Stand: 13.9.2018

6.4.13. Sattler Group [https://www.sattler-global.com/textile-architektur/etfe-folien-1013.jsp] Stand: 14.9.2018

6.4.14. 6.2.14 Sattler Group [https://www.sattler-global.com/textile-architektur/etfe-folien-1013.jsp] Stand: 14.9.2018

6.4.15. 6.2.15 Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Illustrator, Photoshop, 2018

6.5. Visualisierungen

6.5.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Photoshop, 2018

6.5.2. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Photoshop, 2018

6.5.3. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Photoshop, 2018

6.5.4. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Photoshop, 2018

6.5.5. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Photoshop, 2018

6.5.6. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Photoshop, 2018, Austellungsobjekte: Tomás Saraceno, "Biosphere"

6.6. Modellfotos

6.6.1. Fanni Aliz Florian, Modellfotos, 2018 (Seite 184 und 185)

7.2. Schlussfolgerung

7.2.1. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Adobe Photoshop, 2017

7.2.2. Fanni Aliz Florian, Grafik erstellt mit Rhinoceros 5.0, 3dsMax, Adobe Photoshop, 2018

Kapiteldeckbilder (Seiten 10, 14, 26, 40, 54, 78, 88, 96, 110, 120, 126, 158, 168, 182, 190):

Fanni Aliz Florian, Grafiken erstellt mit Adobe Illustrator, 2018

Lebenslauf

Fanni Aliz Florian

geboren am 27.02.1989 in Ungarn

Ausbildung

- 1997-2007 - Mittelschule
  Tömörkény István Gimnázium in Szeged, Ungarn
- 2008-2018 - Universität
  Techniche Universität Wien
  Studienrichtung Architektur

Arbeitserfahrung

- 2015-2018
  efstudio ZT GmbH - Architekturplanung
- 2016-2018
  Ente&Co Werbeagentur - Grafik und Webdesign
- 2014-
  freischaffend in Bereich 3D Modeling, Grafik und Visualisierung

?