

LIFE SAVER

Eine architektonische Lösung für den Klimawandel





Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



MASTER-/DIPLOMARBEIT

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen
Grads Diplom-Ingenieur unter der Leitung von

Manfred Berthold

Prof Arch DI Dr

unter Mitbetreuung von

Christoph Müller

Univ Lektor DI Dr

E253 - Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien,
Fakultät für Architektur und Raumplanung

Wien, am 18.12.2023

LIFE SAVER

Eine architektonische Lösung für den Klimawandel

LIFE SAVER

An architectural solution for climate change

Joachim Corvo Aurel

Matr. Nr. 09673816

Kontakt: aurel.joachim@outlook.com



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

ABSTRACT

DE

Dass sich unser Klima verändert, ist kein Geheimnis. Renommierte Wissenschaftler*innen wie Harald Lesch klären seit Jahren über den Klimawandel auf: Der Meeresspiegel steigt, Regionen um den Äquator werden unbewohnbar aufgrund der hohen Temperaturen, Jahrhundertstürme werden häufiger, Trinkwasser wird Mangelware und viele weitere Konsequenzen entstehen aufgrund des menschengemachten Anstiegs der weltweiten Temperaturen. Da der Klimawandel weiter voranschreitet, sind immer mehr küstennahe Regionen von dem ansteigenden Meeresspiegel betroffen. Eine zentrale Auswirkung dabei ist, dass die bewohnbare und vom Menschen nutzbare Landfläche schrumpft. Regionen wie Bangladesch, Florida, die Niederlande oder die Malediven veranschaulichen schon heute deutlich die Notwendigkeit von innovativen Ideen bezüglich der künftigen Gestaltung von Wohnraum im Einklang mit den Folgen des Klimawandels.

Dieser Notwendigkeit wird in dieser Diplomarbeit Aufmerksamkeit geschenkt: Die bewohnbare Landfläche sinkt, aber gleichzeitig steigt die Fläche auf dem Wasser. Dieser Zuwachs an Fläche auf dem Wasser an Küstenbuchten mit geringer Wellenaktivität bietet durchaus auch Potentiale, die im Rahmen dieser Diplomarbeit mit einem konkreten Entwurf aufgegriffen werden. Dieser Entwurf umfasst in diesem Zusammenhang ein auf dem Wasser schwimmendes, leicht transportierbares, nachhaltiges und ressourcenschonendes Objekt, welches nicht nur die Steigerung von Lebensqualität durch einzigartige Ausblicke auf die Natur und an Flexibilität, sondern auch den Mangel an Wohnraum aufgreift. Insgesamt kombiniert der Entwurf Elemente des Holzbaus mit Stahlbeton, ein modulares Prinzip, ein hohes Ausmaß an Begrünung und eine an die Gegebenheiten angepasste Formfindung miteinander.

EN

It is no secret that our climate is changing. Renowned scientists like Harald Lesch have been explaining climate change for years: Sea levels are rising, regions around the equator are becoming uninhabitable due to high temperatures, storms of the century are becoming more frequent, drinking water is becoming scarce and many other consequences are arising due to the man-made rise in global temperatures. As climate change continues, more and more coastal regions are affected by rising sea levels. A key impact of this is that the habitable land area that can be used by humans is shrinking. Regions such as Bangladesh, Florida, the Netherlands or the Maldives already clearly illustrate the need for innovative ideas regarding the future design of living space in harmony with the consequences of climate change.

This necessity is given attention in this thesis: The habitable land area is decreasing, but at the same time the area on water is increasing. This increase in surface area on the water in coastal bays with low wave activity certainly also offers potentials that are taken up in the context of this diploma thesis with a concrete design. In this context, this design includes an object that floats on the water, is easily transportable, sustainable and resource-saving, which not only increases the quality of life through unique views of nature and flexibility, but also addresses the lack of living space. Overall, the design combines elements of timber construction with reinforced concrete, a modular principle, a high degree of greening and form-finding adapted to the conditions.



Die abgebildete gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The following original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Abb.1. Rendering A (von J. C. Aurel)



Die Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. This approved final version of this thesis is available in print at the TU Wien Bibliothek.



Abb.2. Rendering B (von J. C. Aurel)

INHALTSVERZEICHNIS

--- Einführung ---		
1	Einführung & Ziel der Arbeit	10
---Situationsanalyse ---		
2	Das Problem Klimawandel	13
3	Wasser als Baugrund?	18
4	Schwimmende Häuser – das gibt es schon	20
--- Methode und Arbeitsprogramm ---		
5	Anforderungen an den Entwurf Rahmenbedingungen	30
5.1	Verortung und Positionierung	30
5.1.1	Regionen	30
5.1.2	Verankerung	31
5.2	Wasserfest?	32
5.3	Klimatische Rahmenbedingungen	33
5.3.1	Dämmung	33
5.3.2	Solar	33
--- Entwurf ---		
6	Design Prozess	34
6.1	Formfindung	34
6.2	Materialität	35
7	Konstruktive Umsetzung	36
8	Entwurfs-Resultat	38
8.1	Konzept	39
8.2	Ansicht	55
9	Schnitte, Details und Konstruktion	57
10	Grundrisse und Varianten	60
11	Flächenaufstellungen	66
12	Begrünung	68
13	„Life Saver“ in einer städtebaulichen Perspektive	70
13.1	Beispiele für Staffelungen	70
13.2	Urbanes Leben auf dem Wasser Algorithmisch gedacht	70
14	Zusammenfassende Bewertung	80
15	Schlussfolgerung und Ausblick	90
--- Anhang ---		
16	Verzeichnisse	95
16.1	Abbildungsverzeichnis	95
16.2	Literaturverzeichnis	100
16.3	Sonstige Quellen	101

1. EINFÜHRUNG & ZIEL DER ARBEIT

Zweifellos ist der Klimawandel eine der größten Herausforderungen unserer Zeit (Geller & Glücklich, 2014; Sahling, 2022; Süßbauer, 2016), weswegen auch im Kontext von Architektur davor nicht die Augen verschlossen werden können (Boucsein, 2021; Reicher & Söfker-Rieniets, 2022; Roters, Gräf, & Wollmann, 2020). Zahlreiche renommierte Wissenschaftler*innen (Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V., 2019) warnen seit Jahrzehnten von den dramatischen Auswirkungen des Klimawandels (Kronberger, 2022). Unter anderem wird dabei gewarnt vor extremer Hitze und Dürre in äquatorialen Regionen (Ivankovic, Hafellner, & Kautsch, 2019), schwindenden Süßwasserressourcen (Margolis & Choouoni, 2015), intensiveren und gehäuft auftretenden Stürmen (Himmelsbach, 2022), Hochwässern (Blöschl & Österreichischer Wasser- und, 2009) sowie dem Anstieg des Meeresspiegels (Lesch & Kamphausen, 2018). Diese dramatischen Auswirkungen bedrohen unser bisheriges gesellschaftliches Leben und zwingen uns, über das Gewohnte hinauszudenken und innovative Ideen zu konzipieren – auch hinsichtlich unseres Wohnraums (Berger & Worlitschek, 2019; Boucsein, 2021; Buchert, 2022).

Einige der Warnungen der Wissenschaftler*innen (vgl. Lesch & Kamphausen, 2018; Rosenow, 2023) sind bereits zur Realität geworden. Besonders in Küstenregionen können bereits jetzt die Folgen des Klimawandels hautnah erlebt werden, da dort Centimeter um Centimeter die bewohnbare Landfläche durch den Anstieg des Meeresspiegels verschwindet (Böhme et al., 2019). Immer mehr Menschen zwingt diese Tatsache dazu, ihre dort aufgebaute Lebensgrundlage zu verlassen. Doch wo sollen alle diese Menschen langfristig ihr Zuhause aufbauen, wenn bedacht wird, dass einige der größten Städte weltweit an bedrohten Küsten liegen und folglich eine gigantische Zahl an Menschen betroffen sind (vgl. Gravert & Wiechmann, 2022)? Regionen wie die Malediven, kleine Inselstaaten im Pazifik oder Bangladesch verdeutlichen die Dringlichkeit, umzudenken, da es dort bereits zu ersten Fluchten ins Landesinnere kommt (vgl. Watson et al., 2015). Andere Länder wie die Niederlande, die ebenfalls intensiv durch das Meerwasser bedroht sind,

entwickeln bereits Strategien, ihren Lebensraum mit Hilfe von Deichen und ausgeklügelten Wasserbauwerken zu schützen (vgl. Gewässerkunde, 2022). Doch diese Strategien erscheinen haben nur begrenzte Möglichkeiten gezeigt, sodass sie langfristig nicht die einzige Lösung sein können. Viel mehr braucht es ein radikales Umdenken hinsichtlich der Frage, wie und wo die Menschen künftig leben wollen (vgl. Berger & Worlitschek, 2019). In dieser Diplomarbeit soll deshalb Architektur einmal anders gedacht werden und damit ein erster Ansatz zum Umgang mit den klimatischen Veränderungen thematisiert werden; wenngleich natürlich an sehr vielen Fronten gegen die gravierenden Folgen des Klimawandels gekämpft werden muss (vgl. Himmelsbach, 2022).

Entsprechend ist das Ziel dieser Diplomarbeit, ein Konzept für die Gestaltung künftiger Lebensräume in Einklang mit den veränderten Umweltbedingungen (vgl. Geller & Glücklich, 2014) zu entwerfen, dass aus den negativen Konsequenzen wie dem Anstieg des Meeresspiegels positive Komponenten als Potential herauszieht. Inmitten der zuvor skizzierten Herausforderungen bietet die vergrößerte Wasserfläche auch Chancen (vgl. Mees, 2021). Aufgrund der geringen Wellenaktivität in Küstenregionen bietet es sich im Zeitalter des Klimawandels an, diese wachsenden, ruhigeren Gewässer als neuen Lebensraum für den Menschen zu entdecken. Genau an diesem Punkt setzt die vorliegende Diplomarbeit an und unterbreitet einen Entwurf für ein nachhaltiges, ressourceneffizientes (Feldhoff & Schneider, 2022), schwimmendes und leicht transportierbares Bauwerk. Dieser Entwurf greift konstruktiv die Thematik des zunehmenden Wohnraum Mangels auf und bietet gleichzeitig über die Verknüpfung mit modularen Prinzipien ein hohes Maß an Flexibilität sowie einzigartige Verbindungen von Wohnraum und Natur an (vgl. Reicher & Tietz, 2022).

Der im Folgenden vorgestellte Entwurf vereint in einem hybriden Ansatz Elemente des Holzbaues mit Strahlbeton, um eine nachhaltige und effiziente Konstruktion zu gewährleisten (vgl. Henckel, Kuczkowski, Lau, Pahl-Weber, & Stellmacher, 2010). Ein besonderes Augenmerk wird auf großzügige Begrünung

(Geller & Glücklich, 2014) und Nachhaltigkeit (Heinrichs, 2014) gelegt, um den ökologischen Fußabdruck des Bauwerks zu minimieren, ein sehr hohes Ausmaß an Lebensqualität (vgl. Deutsches Zentralinstitut für soziale Fragen/DZI, 2019; Troger, Magistrat der Stadt Wien, & Universität Wien, 2020) sowie eine harmonische Integration in die natürliche Umgebung des Wassers zu ermöglichen (vgl. Braum, Schröder, Braum, & Schröder, 2010). Die schwimmende Struktur des Bauwerks erlaubt unkomplizierte Standortwechsel und offeriert Bewohnenden einzigartige Ausblicke auf die umgebende Natur. In dieser Arbeit wird die Gestaltung widerstandsfähiger Lebensräume erkundet und in diesem Zusammenhang werden die Grenzen traditioneller Architektur durch den durchdachten Einsatz von Materialien, Gestaltungsprinzipien und Konstruktionstechniken hinterfragt. Mit dem Ziel, Wohnen im Einklang mit der sich verändernden Architektur zu entwerfen, wird mit dem Entwurf aufgrund der schwimmenden Struktur eine widerstandsfähige Lösung für Küstengebiete unterbreitet, die auch dem steigenden Meeresspiele, Sturmfluten und anderen klimabedingten Herausforderungen standhält und sich gleichzeitig an die Bedürfnisse der Bewohnerin anpassen kann.

Im Folgenden wird zunächst auf das dieser Arbeit zugrundeliegende Problem der Auswirkungen des Klimawandels für die Architektur thematisiert. Anschließend wird hinterfragt, inwiefern sich Wasser als bewohnbare Fläche eignet. Dies wird komplettiert durch eine Zusammenfassung bereits gebauter, innovativer Ideen für Wohnraum auf dem Wasser. Aufbauend auf diesem Hintergrundwissen wird der Entwurf dieser Arbeit vorgestellt. In diesem Kontext wird als erstes auf die Anforderungen an den Entwurf eingegangen. Dann wird der Design Prozess beschrieben und die konstruktive Umsetzung erläutert. Im Anschluss daran folgen die grafische Darstellung des Entwurfs mit Schnitten, Ansichten und Axonometrien. Des Weiteren werden die gewählten modularen Prinzipien vorgestellt und die Grundrisse mit Varianten dargestellt. Im weiteren Verlauf werden die geplante Begrünung sowie die konkrete Abbildung von Details des Entwurfs veranschaulicht. Schließlich wird auf mögliche städtebauliche Aspekte (vgl. Boucsein, 2021; Frey & Koch, 2011; Süßbauer, 2016) mit der Thematisierung von Wasserwelten als Lebensraum eingegangen, in welchem Zusammenhang Renderings zur Untermuerung angeführt werden. Die Arbeit schließt mit einer zusammenfassenden Darstellung des Entwurfs sowie mit einem Fazit inklusive Ausblick.

SITUATIONSANALYSE

2. DAS PROBLEM | KLIMAWANDEL

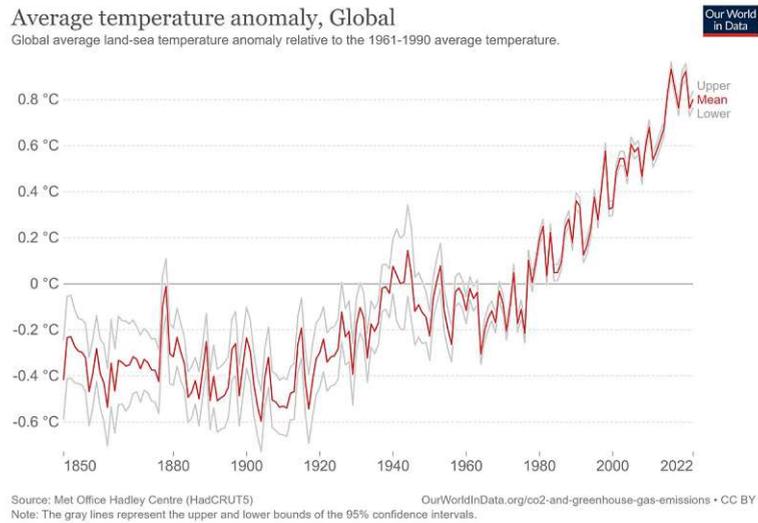
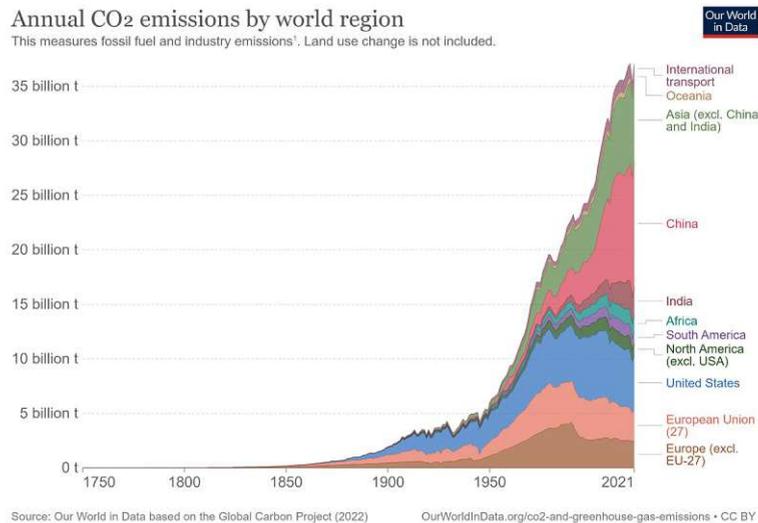


Abb.5. Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen



¹ **Fossil emissions:** Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Abb.7. Anstieg der CO₂ Emissionen nach Regionen unterteilt

Fakt ist (vgl. Lesch & Kamphausen, 2018; Merzdorf & Bates, 2021): Das arktische Eis ist extrem dünn¹, auf Grönland wurden so warme Temperaturen gemessen wie noch nie zuvor², an den kältesten Stellen Grönlands regnet es³, Gletscher (z.B. im Himalaja) verschwinden, Flüsse in Südamerika vertrocknen, weil es Monate lang nicht regnet und in Sibirien, Alaska, Südamerika sowie Afrika brennt es. All das sind Anzeichen des Klimawandels und fest steht, die weltweiten Temperaturen steigen an (Ritchie, Roser, & Rosado, 2020). Seit den 1970er Jahren wissen wir sehr genau, was der Treibhauseffekt ist – wenn der Anteil der Treibhausgase in der Atmosphäre steigt (Ritchie et al., 2020), dann steigt die Temperatur auf der Erde und es wird wärmer (Lesch & Kamphausen, 2018).

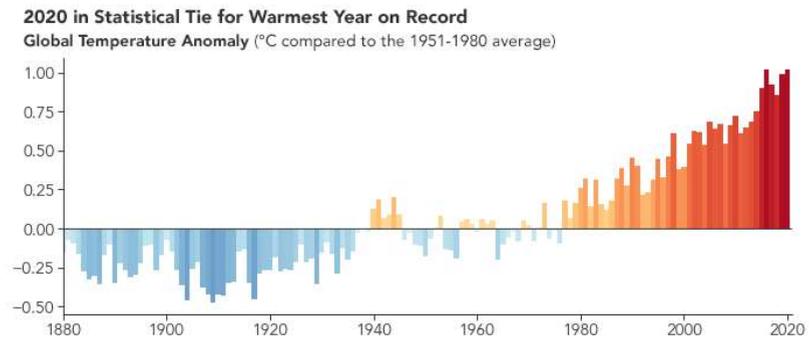


Abb.4. Grafik zu den weltweiten Temperaturabweichungen (1880-2020)

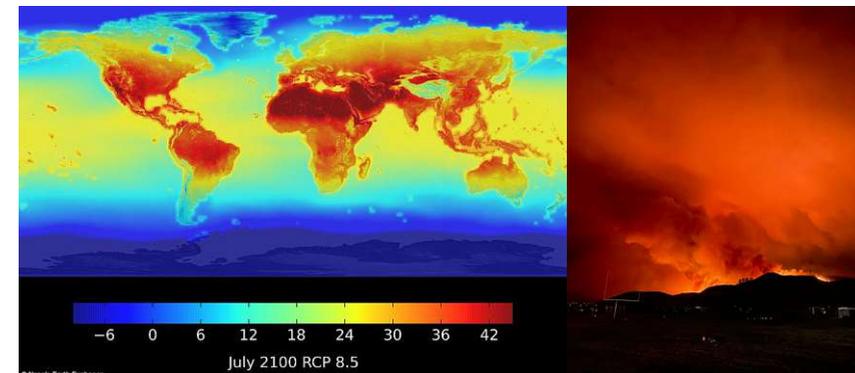


Abb.6. Prognose der weltweiten Temperaturen 2100

Abb.3. Großbrand

Wir wissen, der Klimawandel ist real, Menschen sind die Ursache, er ist gefährlich und wir können beziehungsweise müssen auf allen Ebenen etwas dagegen tun – diesbezüglich besteht Einigkeit in der Wissenschaft (Deutsches Klima-Konsortium (DKK), 2022). Durch den Eintrag und das Verbrennen von Kohle, Öl und Gas (Mulvey & Shulman, 2015) – wozu auch die Bauindustrie einen erheblichen Beitrag leistet – wurde der Klimawandels ins Rollen gebracht (Lesch & Kamphausen, 2018). Wir müssen jetzt handeln, denn die Menschheit ist zu einem astronomisch und geologisch wirksamen Faktor geworden, der stark die natürlichen Kreisläufe beeinflusst (Lesch & Kamphausen, 2018).

Wenn wir nichts tun, sondern weiter machen wie bisher und auch wie gewohnt bauen, werden immer dramatischere Konsequenzen des Klimawandels aufkommen (Lesch & Kamphausen, 2018): Der Permafrost in Sibirien und Kanada wird weiter auftauen, sodass dort Methan (20fach stärkeres Treibhausgas als Kohlendioxid) aufsteigen wird; das Eis in der Arktis wird weiter schmelzen (aus weißem Eis wird dunkles Wasser); die Meere werden wärmer und damit saurer; die atmosphärischen Strömungen werden zunehmend instabiler werden; durch den Temperaturanstieg wird mehr Luftfeuchtigkeit entstehen; Extremwetterereignisse werden häufiger auftreten, Dürren kommen und Süßwassermangel kommt auf. Schließlich werden die Menschen auf der Suche nach Trinkwasser und der Flucht vom ansteigenden Meeresspiegel in andere Regionen flüchten, denn feststeht, die Naturgesetze sind nicht verhandelbar (Lesch & Kamphausen, 2018).

Das für diese Arbeit zentrale Naturgesetz bezieht sich auf das Wasser, welches bei steigender Temperatur an Volumen zunimmt, sodass der Meeresspiegel steigt (Lesch & Kamphausen, 2018). Der Meeresspiegel steigt aber zusätzlich auch um das Wasser der schmelzenden Gletscher an (zum Beispiel der Grönländischen Gletscher oder der Antarktischen Eismassen), weswegen weltweit die dunklen Flächen und damit auch die Absorptionsfähigkeit der Erde von Sonneneinstrahlung zunehmen, weil die Erde an Reflexionsfähigkeit verliert (Starobin, 2017). Der Anstieg des Meeresspiegels durch Gletscherschmelzen und Ausdehnung aufgrund höherer Temperaturen ist das zentrale Problem von dem in dieser Arbeit ausgegangen wird und welches katastrophal, aber gleichzeitig die erste fundamental spürbare Konsequenz des Klimawandels für die Menschheit ist (Lesch & Kamphausen, 2018). Es ist katastrophal, weil sehr viele Menschen weltweit an Küsten leben und durch den Anstieg des Meeresspiegels gleichzeitig Stürme beziehungsweise Sturmfluten immer häufiger auftreten (Lesch & Kamphausen, 2018). Die folgenden Karten (Abb. 8-14) zeigen die Welt, wie sie ist, nur mit dem Unterschied, dass das gesamte Eis auf dem Festland geschmolzen ist, wodurch neue Küstenlinien entstehen.



Abb.8. Meeresspiegelanstieg in Nordamerika



Abb.9. Meeresspiegelanstieg in Südamerika



Abb.10. Meeresspiegelanstieg in Afrika



Abb.11. Meeresspiegelanstieg in Europa



Abb.12. Meeresspiegelanstieg in Asien



Abb.13. Meeresspiegelanstieg in Australien



Abb.14. Meeresspiegelanstieg in Antarktis

Mehr als die Hälfte der jungen Menschen sind heutzutage sehr besorgt wegen der Auswirkungen des Klimawandels (Kerbl, 2022). Besonders junge Menschen berichten über Angst, Wut, Trauer, Verzweiflung und Scham, was zu einer negativen Grundhaltung gegenüber dem Leben führt und sich beispielweise bereits darin zeigt, dass rund ein Dritte der jungen Menschen keine Kinder mehr bekommen wollen wegen des Klimawandels (Kerbl, 2022). Auf den Philippinen ist die negative Einschätzungen der Auswirkungen des Klimawandels von jungen Menschen am größten, weil dort bereits reale Naturkatastrophen wie Sturmereignisse und Überflutungen gegeben sind (Kerbl, 2022). Junge Menschen verlieren in mehreren Hinsichten die positiven Perspektiven aufs Leben: Ihnen ist klar, dass es nicht mehr der Regelfall sein wird, sich ein eigenes Haus mit Garten leisten zu können, weswegen auch wir Architekt*innen gefragt sind, Architektur für alle Menschen zu antizipieren (Fricke, 2020).

Wenngleich hinter der Verwendung von fossilen Brennstoffen gigantische Industrien stehen (Mulvey & Shulman, 2015), sollten Architekt*innen bewusst ihre Architektur so konzipieren, dass sie klimaeffizient und nachhaltig ist. Um den jungen Generationen wieder einen Hauch von Lebenslust und positive Zukunftsperspektiven zu eröffnen, sollten wir in der Architektur innovative Beispiele zeigen, wie im Einklang mit den sich verändernden Umweltbedingungen dennoch ein gesundes, annehmbares Leben mit hoher Lebensqualität gelebt werden kann. Wenn wir uns jetzt weigern, umzudenken, dann wird es nicht nur schlechter, sondern schneller schlechter werden – wie müssen jetzt aufhören (auch hinsichtlich Architektur) in “Business as usual” zu denken, da sonst schwere Konflikte um Wohnraum (besonders an den Küsten) und um Trinkwasser sowie Migrationsströme auf uns zukommen (Lesch & Kamphausen, 2018).

3. WASSER ALS BAUGRUND?

Die Idee vom Leben auf dem Wasser ist angesichts dessen, dass bereits einige Menschen mit Hausbooten auf dem Wasser leben, nicht sonderlich innovativ (vgl. Lawson, 2020). Vor dem Hintergrund von Bevölkerungsdruck, rascher Urbanisierung, Bedarf nach Wohnraum, Anpassung an Überschwemmungen und den Anstieg des Meeresspiegels kommt dennoch die Frage auf, warum nicht das Wasser als Baugrund noch nicht längst großflächig erschlossen wurde – schließlich erscheint das Wasser als Baufläche ein idealer Zugang zu sein (Penning-Rowse, 2020). Zentral gelegene Wasserflächen wie Buchten, verwaiste Hafengebiete oder ungenutzte Wasserstraßen eignen sich sehr gut, um einen Nischenmarkt für Wohnpioniere erschließbar zu machen (Bartsch, 2013). Generell unterbreiten küstennahe Wasserflächen vor allem großen Städten mit Platzmangel neue Perspektiven (Bartsch, 2013). In Städten wie Rotterdam und Hamburg wird sich bereits seit Jahren intensiv mit dem Bauen auf dem Wasser auseinandergesetzt (Bartsch, 2013) und es gibt noch zahlreiche weitere Städte, die einen Bedarf an Siedlungen auf dem Wasser haben. Auf jeden Fall werden schwimmende Häuser, die energieeffizient konzipiert sind, immer beliebter in einigen europäischen Ländern wie Deutschland (Advantage Business Media, 2015). Das Bauen auf dem Wasser animiert dazu, nicht nur die Baufläche neu zu denken, sondern auch gleichzeitig zu hinterfragen, wie ein schwimmendes Gebäude sein eigenes Wasser, seine eigene Wärme und seinen eigenen Strom erzeugen kann – Etwas, woran Wissenschaftler*innen bereits arbeiten (Taylor & Francis, 2015). Dahingehend ist festzuhalten, dass Optionen, bei denen jedes einzelne Gebäude über eine eigene Energiegewinnungsanlage und Trinkwasseraufbereitungsanlage verfügt, eine sehr große Unabhängigkeit für die Bewohner*innen entsteht; gleichzeitig besteht bei diesen Optionen eine wesentlich größere Kostenbelastung. Kosteneffektiver wäre der Zugang für Wohnsiedlungen in einer bestimmten Größe jeweils gemeinsame Module für Trinkwasseraufbereitung und Energiegewinnung zu haben – dabei würde ein größerer Maßstab entstehen und folglich sinken die Kosten.

Hinsichtlich Konstruktion und Materialität bringt der architektonische Ansatz des Bauens auf dem Wasser neue Materialanforderungen und Möglichkeiten mit sich, wenngleich bislang Stahlbeton aus Gründen der Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Kosteneffizienz am meisten für schwimmende Häuser eingesetzt wird (Penning-Rowse, 2020). Es gibt unterschiedlichste Varianten, wie das Gebäude „zum Schwimmen“ gebracht werden kann - um einige zu nennen: A) Wasserdichte Betonwände gefüllt mit Polystyrolschaum; B) Schaumstoffplattformen, die mit einer Betonschicht überzogen sind; C) mit Epoxidharzen geschützte Stahlrumpfe kombiniert mit Zedernholz (präventiv gegen Fäulnis); D) Stahlskelett mit einer Holzverkleideten, durchlässigen Beplankung oder E) weitere Methoden, bei denen Stahl- und Glasfaserbetonkästen, Verbundwerkstoffe, Kunststoffe, behandelter Bambus oder Porenbeton verwendet werden (Penning-Rowse, 2020). Selbstverständlich richtet sich die Wahl der Gebäudestruktur nach den Kosten, der Haltbarkeit, der Sicherheit, aber auch nach der Innovation und Ästhetik (Penning-Rowse, 2020). Evident wird, dass es bei der Materialverwendung und den bevorzugten Bauweisen einen großen Entfaltungsspielraum gibt (Penning-Rowse, 2020).

Bei schwimmenden Häusern ist die Infrastruktur ein wichtiger Aspekt, welcher gründlich durchdacht werden muss. In diesem Zusammenhang müssen Aspekte wie die Energieversorgung, die Wasserversorgung, die Kommunikationstechnologie zur öffentlichen Vernetzung, die Abfallentsorgung, die Logistik und Transport und der Überflutungsschutz umfassend ausgearbeitet werden. Wenn es um schwimmende Häuser geht muss auch die Frage geklärt werden, wie die Architektur verankert wird, damit sie an einem Standort bleiben kann, aber optimaler Weise leicht ihren Standort auch wechseln kann. Dahingehend wird eine Verankerungsstruktur benötigt, welche beispielsweise aus Stahlbeton bestehen und im Meeresboden verankert sein oder an Pfählen befestigt sein kann. Weitere Optionen der Verankerung sind beispielweise Seil- oder Kettenverbindungen, Ankerbojen oder auch dynamische Verankerungen

an angrenzende Landmassen. Sinnvoll ist es zudem, eine flexible Verbindung zwischen der Verankerungsstruktur und dem schwimmenden Gebäude zu integrieren, damit das Gebäude sich mit den Wellen bewegen kann. Prinzipiell sollten dabei auch Dämpfungssysteme wie zum Beispiel Stoßdämpfer oder Hydraulikzylinder eine Rolle spielen, damit die Bewegung der Häuser reduziert wird.

Des Weiteren gilt es zu thematisieren, wie schwimmende Häuser städtebaulich zusammengeschlossen werden können. Diesbezüglich gibt es die Optionen von schwimmenden Wohnsiedlungen, die auf einer Plattform zusammengefasst sind; einzelne Häuser durch Brücken und Ähnlichem zu vernetzen oder auch öffentliche Verkehrsmittel zur Vernetzung der einzelnen Häuser zu verwenden. Grundsätzlich kann dabei eine vom Festland unabhängige Infrastruktur geschaffen werden, allerdings wäre die mit höheren Investitionen verbunden, als es bei einer Anbindung ans Festland der Fall wäre. Bisher stellt das größte Hindernis bezüglich dem Bauen auf dem Wasser der Anschluss an die (städtische) Infrastruktur dar (Bartsch, 2013). Bisherige Projekte auf dem Wasser sind jedoch bisher mit einem hohen Kostenaufwand und langwierigen Genehmigungsverfahren verbunden (Bartsch, 2013).

Spannend ist auch die Überlegung, Hydrokulturen mit schwimmenden Wohnsiedlungen zu kombinieren über beispielweise schwimmende Gärten, vertikale Gärten, Gemeinschaftsgärten, Dachgärten oder Gewächshäuser. Das würde positive Aspekte mit sich bringen wie die Verbesserung der Luftqualität, Nachhaltigkeit, Unterstützung des Ökosystems und Klimaschutz.

Vorteile von schwimmenden Häusern sind die Flutresilienz, hohe Mobilität, die hohe Flexibilität, die Nachhaltigkeit (wenn ressourcenschonende, nachhaltige

Baumaterialien eingesetzt werden) und einen Anstieg an Lebensqualität durch Naturverbundenheit. Das Potential von Siedlungen auf dem Wasser zeigt sich auch hinsichtlich der Erholung und Erneuerung des Landschaftsbildes und hinsichtlich der Aufbesserung von bestehenden städtischen Wohnungsbeständen (Penning-Rowell, 2020). Es gibt bei Häusern auf dem Wasser zudem auch gute Perspektiven bezüglich den Schutz vor Hochwasser, Überschwemmungen und Hurrikanen (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. (ASHRAE), 2017). Diese Vorteile greifen auch Stadtplaner*innen zunehmend auf, wenn sie beginnen, das Wasser intensiver in die Stadtplanung einzubeziehen und Wasserkonzepte entwickeln (Haass, 2010). Auch Architekt*innen machen sich Gedanken darüber, wie Bauen im Klimawandel aussehen kann, obwohl bisher nur wenige Gedanken zu tatsächlich realisierter Architektur wurde (Pfammatter, 2012).

Natürlich sind schwimmende Häuser keine Lösung für alle Probleme, aber sie sind eine Option, um zu mindestens einigen Herausforderungen des Klimawandels anzugehen. Fest steht aber, dass besonders Großstädte an Küsten wie Amsterdam, Miami, Tokio, Jakarta und Mumbai einen großen Bedarf an Standorten auf den Wasser haben (Bartsch, 2013). Regionen wie der Balkan, die Iberische Halbinsel, Mitteleuropa, Skandinavien und die Britischen Inseln könnten die ersten sein, welche vermehrt auf Wohnen auf dem Wasser setzen, weil sie durch den Klimawandel den größten Druck erfahren. Letztendlich erscheint das Verlagern des Lebensmittelpunktes auf das Wasser durchaus eine realistische Perspektive angesichts des Klimawandels zu sein (Matthews, 2014). Entsprechend ist es nicht verwunderlich, dass das Wasser zunehmend in den letzten Jahren in den Fokus von Stadtplaner*innen und Architekt*innen rückt (Baker, 2015).

4. SCHWIMMENDE HÄUSER | DAS GIBT ES SCHON

Im Folgenden wird auf unterschiedliche Bauwerke auf dem Wasser eingegangen, um einen Überblick zu vermitteln, wie bereits auf dem Wasser gebaut wurde.



Abb.15. Foto 1 | Floating Houses in Amsterdam



Abb.16. Foto 2 | Floating Houses in Amsterdam



Abb.17. Foto 3 | Floating Houses in Amsterdam



Abb.18. Foto 4 | Floating Houses in Amsterdam



Abb.19. Rendering Soul Floating Islands



Abb.22. Foto 3 | Soul Floating Islands



Abb.20. Foto 1 | Soul Floating Islands



Abb.21. Foto 2 | Soul Floating Islands



Abb.23. Foto 1 | Hausboot auf dem Eilbekkanal



Abb.24. Foto 2 | Hausboot auf dem Eilbekkanal



Abb.25. Foto 3 | Hausboot auf dem Eilbekkanal



Abb.26. Foto 4 | Hausboot auf dem Eilbekkanal



Abb.27. Foto 1 | IBA-Dock im Sprehafen



Abb.28. Foto 2 | IBA-Dock im Sprehafen



Abb.29. Foto 3 | IBA-Dock im Sprehafen



Abb.30. Foto 4 | IBA-Dock im Sprehafen



Abb.31. Foto 1 | Guertin Boatport in Ontario



Abb.32. Foto 2 | Guertin Boatport in Ontario

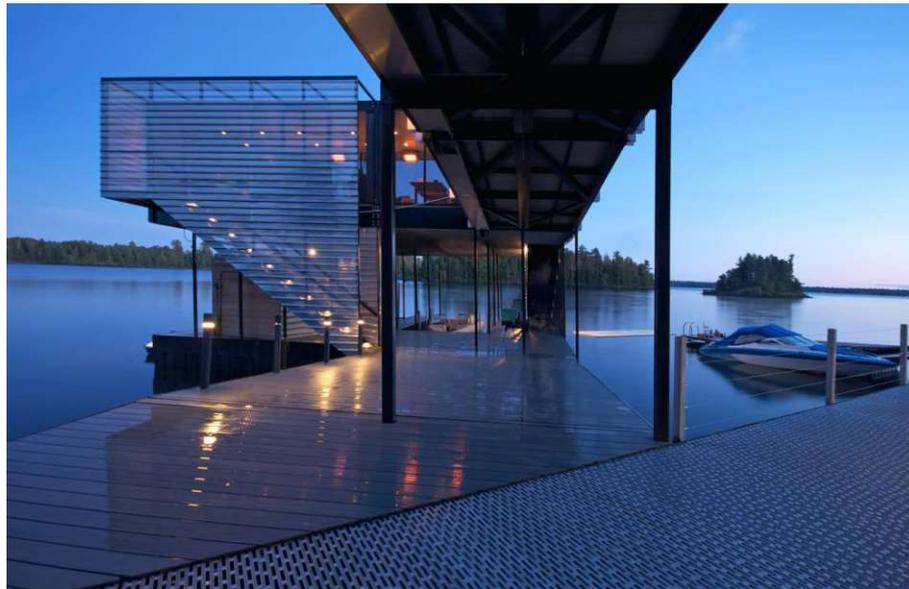


Abb.33. Foto 3 | Guertin Boatport in Ontario



Abb.34. Foto 4 | Guertin Boatport in Ontario



Abb.35. Foto 1 | Floating Pavillion im Rotterdamer Rheinhafen



Abb.36. Foto 2 | Floating Pavillion im Rotterdamer Rheinhafen



Abb.37. Foto 3 | Floating Pavillion im Rotterdamer Rheinhafen



Abb.38. Foto 4 | Floating Pavillion im Rotterdamer Rheinhafen



Abb.39. Foto 1 | Aalborg Havnebad



Abb.41. Foto 2 | Aalborg Havnebad

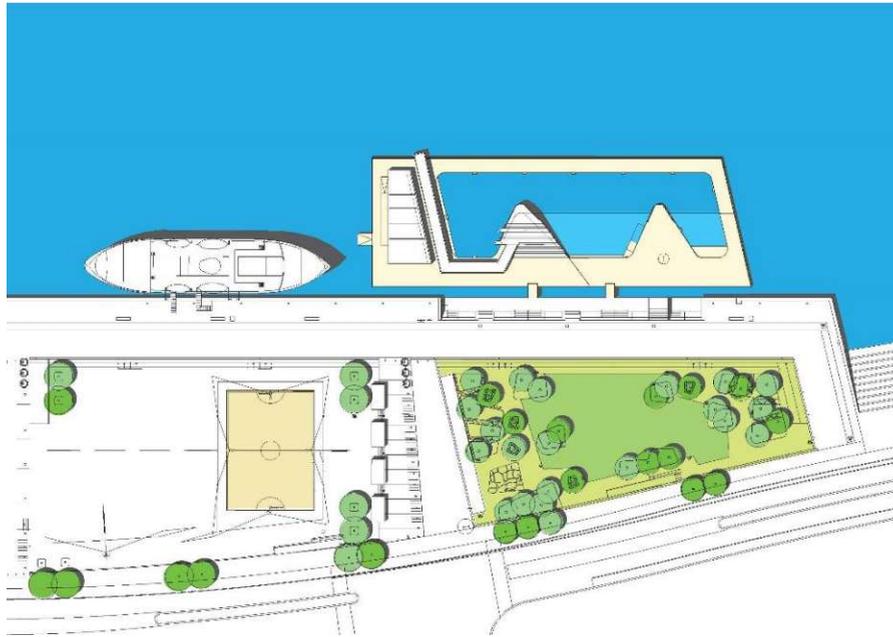


Abb.40. Plan | Aalborg Havnebad



Abb.42. Foto 4 | Aalborg Havnebad



Abb.43. Foto 1 | Floating Office Rotterdam



Abb.44. Foto 2 | Floating Office Rotterdam



Abb.45. Foto 3 | Floating Office Rotterdam



Abb.46. Foto 4 | Floating Office Rotterdam



Abb.47. Foto 5 | Floating Office Rotterdam



Abb.48. Foto 6 | Floating Office Rotterdam



Abb.49. Foto 7 | Floating Office Rotterdam



Abb.50. Foto 8 | Floating Office Rotterdam

METHODE & ARBEITSPROGRAMM

5. ANFORDERUNGEN AN DEN ENTWURF | RAHMENBEDINGUNGEN

Nachdem die bisherigen Kapitel einen Überblick über die Arbeiten von Anderen zum Thema schwimmende Häuser und Klimawandel gegeben haben, wird darauf aufbauend nun in den folgenden Kapiteln auf meinen Entwurf „Life Saver“ detailliert eingegangen. Dafür werden zunächst die Rahmenbedingungen rund um den Entwurf festgehalten. Anschließend wird in Kapitel 6 auf den Design Prozess eingegangen, in welchem Zusammenhang auch Formfindungsprozesse und Materialität thematisiert werden. In Kapitel 7 geht es um die konstruktive Umsetzung meines Entwurfs. Im darauffolgenden Kapitel wird der Entwurf detailliert graphisch veranschaulicht. In Kapitel 9 folgen die dazugehörigen 3D-Schnitte, bevor in Kapitel 10 Grundrisse und Varianten sowie Flächenaufstellungen davon präsentiert werden. Auf dieser Grundlage folgen schließlich noch Überlegungen zu den möglichen Begründungen meines Entwurfs sowie als Ausblick die Skizzierung einer mit einem Algorithmus untersetzten Idee zur Stadtentwicklung mit meinem Entwurf auf dem Wasser. Dahingehend ist jedoch festzuhalten, dass der Schwerpunkt meiner Arbeit auf dem Entwurf und nicht auf einem städtebaulichen Konzept liegt, sodass das Ziel bei der Skizzierung möglicher Stafflungen meines Entwurfs ist, einen Ideen-Spielraum zu eröffnen und zu veranschaulichen, wie vielfältig mein Entwurf einsetzbar ist. Abschließend folgt dann noch ein Fazit mit Ausblick und die zusammenfassende Darstellung meines Entwurfs in Form von Renderings. Bevor ich nun zu meinem konkreten Entwurf komme, sind jedoch zunächst die Anforderungen festzuhalten, welche maßgeblich für seine Form von Bedeutung sind.

5.1 VERORTUNG UND POSITIONIERUNG

Eine wichtige Frage bezüglich der Rahmenbedingungen beziehungsweise Anforderungen an den Entwurf ist, wo die Architektur hinterher stehen soll. Das ist bei einem Entwurf, der auf dem Wasser verortet wird, nicht leicht zu beantworten – strenggenommen, gibt es nämlich viele Antworten. Das liegt daran, dass das Bauen auf dem Wasser eine extrem hohe Flexibilität hinsichtlich des gewünschten Standortes für das architektonische Objekt bietet. Wie beim Floating Office Rotterdam (siehe Kapitel 4) ersichtlich, können schwimmende Häuser von Schleppern gezogen werden und haben somit eine hohe Mobilität.

Folglich gibt es auch bei meinem Entwurf kein Grundstück in dem Sinne, sondern die freie Wasserfläche bildet die Basis meines Entwurfs und grundsätzlich gilt, dort wo Wasser ist, kann auch mein Entwurf stehen. Das heißt, das von mir vorgeschlagene Konzept bezieht sich bewusst auf keinen festen Standort. Vielmehr handelt es sich dabei um ein Referenzmodell, das auf unterschiedliche Regionen angewendet werden kann. Dabei ist natürlich zu beachten, dass es sich bei den Gewässern um ruhige Gewässer mit geringen Wellen handeln muss. Im weiten, offenen Ozean wird mein Entwurf somit nicht stehen, weil der Wellengang dafür zu stark ist und die Nähe zum Festland sehr viele weitere Vorteile wie beispielweise die Anbindung an die ländliche Infrastruktur erlaubt. Grundsätzlich heißt das jedoch auch, dass mein Entwurf überall dort positioniert werden kann, wo es ruhige Gewässer und eine bestimmte Mindesttiefe (ungefähr 8m5) gibt – egal ob in Süß- oder Salzwasser oder auf welchem Kontinent.

5.1.1 Regionen

Hinsichtlich der Wahl von konkreten Regionen, wo mein Entwurf positioniert werden könnte, bietet es sich an, zu hinterfragen, wo die Auswirkungen des Anstiegs des Meeresspiegels als erstes beziehungsweise am stärksten zu spüren sein werden. In den niedrigen und den mittleren Breiten werden die Auswirkungen des steigenden Meeresspiegels am stärksten wahrnehmbar sein (Ehrenberg-Silies, 2020). Besonders gefährdete, stark bevölkerte Großstädte sind unter anderem Miami (USA), Hai Phòng (Vietnam), Rangun (Myanmar), Kolkata und Mumbai (Indien), Bangkok (Thailand), Ho-Chi-Minh-Stadt und Dhaka (Bangladesch) sowie Guangzhou und Shanghai (China) (Ehrenberg-Silies, 2020). Um die Flexibilität hinsichtlich der Mobilität zu betonen, wähle ich bewusst keinen konkreten Standort aus, an dem ich exemplarisch meinen Entwurf plane. Vielmehr gehe ich von einer Positionierung in Regionen ungefähr zwischen dem 35. und 50. Breitengrad aus, was in weiterer Folge auch Konsequenzen für die Dämmung hat. Das führt aber auch dazu, dass ich keinen Baugrund nenne, außer wellenberuhigte Gewässer in der Küstennähe mit einer gemäßigten Klimazone, bei der keine extremen Temperaturschwankungen zu erwarten sind.

5.1.2 Verankerung

Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt wurde, muss bei schwimmenden Häusern die Form der Verankerung – das heißt, das System, das das Gebäude auf einer Position fixiert – ebenfalls entworfen werden. An und für sich würden sich dahingehend Pfahlverankerung, Ankerbojen, Bodenankersysteme oder Betonblock-Verankerungen anbieten. Die ersten drei Optionen sind allerdings für meinen Entwurf nicht sonderlich geeignet: Die Pfahlverankerung benötigt Pfähle, die im Meeresboden verankert sind und auf denen das Gebäude dann steht (wie beispielweise in Venedig zu sehen). Wird ein Gebäude allerdings auf Pfählen gebaut, dann reduziert sich dadurch deutlich die flexible Komponente der Mobilität, welche ich aber fördern möchte. Ankerbojen benötigen zur Verankerung von schwimmenden Häusern große Dimensionen und sind damit in der Regel nicht sonderlich ästhetisch. Bodenankersysteme verlangen Ankerplatten oder Ankerpfähle, die im Meeresboden montiert wurden, sodass das Gebäude über Ketten und Seile daran befestigt werden kann. Dies setzt voraus, dass im Boden diese Ankerplatten eingesetzt werden und ist folglich der Mobilität abträglich und zusätzlich für die Flora und Fauna im Meeresboden schädlich.

Für meinen Entwurf erscheint mir die Option der Betonblock-Verankerung am geeignetsten zu sein, weil sie nachhaltig ist, mein architektonisches Objekt stabil hält und insbesondere in flachen Gewässern sowie in Regionen mit weichem Boden gut eingesetzt werden kann. Konkret funktioniert die Betonblock-Verankerung so, dass mehrere Betonblöcke (Anzahl ist abhängig von der Größe des Objekts) als Verankerungsgewichte verwendet werden. Über Stahlseile beziehungsweise Ketten sind die schweren Betonblöcke mit dem schwimmenden Gebäude verbunden (siehe Abbildung 51).

Die Stahlseile, welche kontinuierlich im Wasser sind, sind anfällig für Korrosion, weswegen korrosionsbeständiger Stahl verwendet wird und zusätzliche Beschichtungen kombiniert mit regelmäßiger Wartung und Reinigung angedacht werden. Für den Fall, dass Unwetter auftreten verfügt jedes schwimmende Objekt noch über ein Notfall-Ankersystem in Form von einem Schleppanker. Dieser wird allerdings nur verwendet, wenn die Stürme angekündigt sind oder das Objekt sich gerade in einer Transportphase befindet.



Abb.51. Schematische Darstellung einer Beton-Block-Verankerung

5.2 WASSERFEST?

Wie soeben bereits hinsichtlich der im Kontext des Verankerungssystems geplanten Stahlseile erwähnt, muss in der Planungsphase berücksichtigt werden, wie sich die gewählten Materialien im Kontakt mit Wasser verhalten. Aus Sicherheits- und Funktionalitätsgründen muss mein Entwurf in mehrfacher Hinsicht wasserfest sein. Das Gebäude ist Wellen, Strömungen und Gezeiten ausgesetzt, weswegen Maßnahmen zur Verhinderung von Wasserintrusion angewendet werden müssen. Die Außenhülle sowie die Wände, der Boden und das Dach sollten ebenfalls vor eindringendem Wasser geschützt sein. Dazu gehört eine sorgfältige Installation und Abdichtung von Wänden, Boden und Dach durch den Einsatz von wasserdichten Dichtungen und anderen Abdichtungstechniken. Außerdem sollten wasserfeste, säurebeständige und hochwertige Materialien für die Außenhülle verwendet werden und beispielweise spezielle wasserfeste Beschichtungen zum Einsatz kommen. Des Weiteren muss der Schwimmkörper wasserdicht sein, weswegen Materialien wie Beton, V4-Stahl (da Salz V2-Stahl angreifen kann), Holz und Kunststoff zum Einsatz kommen. Der Schwimmkörper muss ebenfalls gründlich abgedichtet werden und die bei der Konstruktion ist sorgfältig vorzugehen. Auch Fenster und Türen müssen vor eindringendem Wasser geschützt werden, indem beispielsweise hochwertige, wasserdichte Fenster und Türen mit speziellen Dichtungen verwendet werden. Dahingehend ist auch ein gründliches Verschließen der Fenster und Türen erforderlich, um sicherzustellen, dass sie ordnungsgemäß funktionieren. Darüber hinaus werden bei dem Gebäude effiziente Entwässerungssysteme installiert (zum Beispiel Pumpen oder Drainagesysteme), sodass eingedrungenes Wasser und Regenwasser schnell abfließen können. Letztlich sind auch Rohrleitungen, Abwasserleitungen, Wasserleitungen und elektrische Leitungen durch eine sorgfältige Installation und Abdichtung zu schützen. Generell ist eine regelmäßige Überprüfung der Systeme und Wartung empfehlenswert.

5.3 KLIMATISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

Je nachdem welche Region ist für den Standort meines Entwurfs auswähle, muss natürlich bedacht werden, welche klimatischen Rahmenbedingungen es gibt. Hierbei kann dann eine Ausführung des Entwurfs relativ frei entlang von wenigen Breitengraden situiert werden, aber zu große Sprünge bei den Breitengraden hinsichtlich der Standortwahl werden problematisch aufgrund der eventuell notwendigen Dämmung. Regionen am Äquator benötigen keine Ausfertigungen meines Entwurfs mit Dämmung, aber je weiter sich vom Äquator entfernt wird, müssen die niedrigeren Temperaturen berücksichtigt werden.

5.3.1 Dämmung

In Abhängigkeit von der geographischen Lage und den örtlichen klimatischen Bedingungen variieren die Anforderungen an eine Dämmung des Gebäudes. Hinsichtlich der Dämmung sind die Nutzung und die Komfortanforderungen, die Gewässertemperaturen, die regionalen Bauvorschriften und die klimatischen Bedingungen zu berücksichtigen. In meinem Entwurf gehe ich exemplarisch davon aus, dass das Gebäude als dauerhafter Wohnsitz genutzt wird, aber in der gemäßigten bis subtropischen Klimazone liegt und damit ist keine zusätzliche Dämmung zu den natürlichen Dämmeigenschaften der geplanten verwendeten Materialien notwendig. Abgesehen von dem Stahlbeton für den Schwimmkörper wird das Gebäude aus Holz gebaut und hat eine Fassade mit vielen großen Fenstern und sowohl das Fensterglas, als auch das Holz verfügen über Dämmeigenschaften. Natürlich könnte das Gebäude auch in kälteren Regionen positioniert werden, aber dann sind zusätzliche Dämmschichten zu integrieren.

5.3.2 Solar

Da Architektur ein wichtiger Forschungsbereich bezüglich der Eindämmung des Klimawandels ist, sollen auch in meinem Entwurf erneuerbare Energien in die Gebäudehülle integriert werden (Sánchez-Pantoja, Vidal, & Pastor, 2018). Da die Wasseroberfläche das einfallende Sonnenlicht reflektiert, ist eine verstärkte Intensität der Sonneneinstrahlung auf dem Wasser gegeben und es kann zu Streuungseffekten kommen, bei denen Sonnenlicht in verschiedene Richtungen gestreut wird – wenngleich es dabei natürlich geographische Unterschiede gibt. Entsprechend bietet es sich bei einem Gebäude an, dass auf dem Wasser schwimmt, die Sonneneinstrahlung für die Energiegewinnung effektiv zu nutzen. Da bei der Energiegewinnung mittels Photovoltaikanlagen aber die ästhetische Komponente nicht zu vernachlässigen ist (Sánchez-Pantoja et al., 2018), werden diese großflächig auf der Dachfläche montiert (wo ohnehin die meiste Sonneneinstrahlung aufgenommen werden kann). Prinzipiell hat der Einsatz von Photovoltaikanlagen den riesigen Vorteil, dass das Gebäude sich selbst mit der notwendigen Energie versorgen kann und in dieser Hinsicht autark ist (Weller, Hemmerle, Jakubetz, & Unnewehr, 2012). Abbildung 52 vermittelt exemplarisch einen Eindruck davon, wie die Dachfläche mit Photovoltaikanlagen ausgestattet wird (Weller et al., 2012).



Abb.52. Beispiel einer Photovoltaikanlage

6. DESIGN PROZESS

Nachdem zuvor die Anforderungen an den Entwurf ermittelt wurden, kann auf dieser Basis an dieser Stelle die Konzeptentwicklung thematisiert werden. Im Zuge der Entwicklung eines Konzepts habe ich verschiedene Ideen skizziert und einfache Modelle gebaut, wobei ich auf verschiedene Überlegungen und Lösungsansätze hinsichtlich der Formfindung eingegangen bin. Im Kontext der Konzeptentwicklung haben Proportionen, Raumorganisation, Gestaltungselemente, Designprinzipien und Materialien ebenfalls eine Rolle gespielt. Im Folgenden wird detaillierter auf den Prozess der Formfindung und auf die Materialwahl eingegangen.

6.1 FORMFINDUNG

Zunächst habe ich hinsichtlich der Formfindung mit unterschiedlichen Formen und Geometrien experimentiert, um die gewünschte Form für das Gebäude zu finden. Dahingehend habe ich mit computergestützten Entwurfswerkzeugen gearbeitet, um verschiedene Formen und ihre Auswirkungen auf die Funktionalität und die Ästhetik des Gebäudes zu visualisieren. Zentral sind dabei die Bewertung und anschließende Auswahl von geeigneten Formen. Zur Bewertung wurden Kriterien der Nachhaltigkeit, technischen Umsetzung, Funktionalität, Kosten und Ästhetik herangezogen. Schließlich habe ich eine Form ausgewählt und sie dann weiter verfeinert beziehungsweise Details entwickelt. Bei der Verfeinerung wurden noch einmal rückschließend die Anordnungen an das Gebäude einbezogen und Details Materialien, Farben, Texturen und weitere gestalterische Elemente thematisiert. Schließlich wurde die endgültige Form auf ihre Eignung kontrolliert, sodass sie auch den gewünschten ästhetischen, funktionalen und technischen Anforderungen entspricht. In diesem Zusammenhang wurden auch Überlegungen hinsichtlich Energieeffizienz und Tragfähigkeit aufgegriffen.

Hinsichtlich der aus dem Kontext entstehenden Anforderungen an Funktionalität und meinen Ansprüchen an Ästhetik hat sich die Form des Kreises für mein Gebäude durchgesetzt. Dies hat mehrere Gründe: Ein Gebäude in Kreisform weicht von traditionellen rechteckigen Formen ab und könnte damit als unkonventionell gelten. Bei runden Gebäuden sind keine Ecklösungen zu entwickeln und durch das kleinste A/V-Verhältnis ist verhältnismäßig ein geringer Energiebedarf pro m³ beheiztem Raum gegeben. Gleichzeitig ermöglicht die Kreisform aber auch bezüglich der Grundrisse eine effiziente Raumorganisation und hat damit eine hohe Funktionalität. Die Wohnqualität profitiert in einem runden Gebäude darüber hinaus von dem 360° Rundblick. Zudem kommt ein symbolischer Wert der Kreisform, da sie Zusammengehörigkeit und Gemeinschaft fördert und folglich eine Verbesserung der sozialen Interaktion stattfinden kann. Die Form erlaubt darüber hinaus die Bildung eines Hofes in der Mitte des Kreises. Aus ästhetischer Perspektive ist die geometrische Form des Kreises harmonisch und ausgewogen, weswegen sie visuell elegant und attraktiv ist. Die Symmetrie ist zudem für das Bauen auf dem Wasser der Schlüssel, damit das Gebäude im Gleichgewicht ist. Des Weiteren hat ein kreisförmiges Gebäude weniger Angriffsfläche für das umgebende Wasser und ist aerodynamisch. Außerdem hat das kreisförmige Gebäude aufgrund weniger Ecken, die Wärmebrücken bilden können, eine bessere Energieeffizienz. Der Kreis lässt in einem hohen Ausmaß natürliche Belichtung des Innenraums zu, wodurch die Innenräume von einer besseren Tageslichtnutzung profitieren und gleichzeitig Kosten für künstliche Beleuchtung reduziert werden. Aufgrund der zentralen Innenhofanordnung hat das kreisförmige Gebäude eine bessere Luftzirkulation, da natürliche Luftströme über die Form gefördert werden. Folglich führt die Form zu einer besseren Belüftung und Luftqualität in den Innenräumen. Zusammengefasst wurde die Auswahl der Form des Gebäudes sorgfältig durchdacht, um sicherzustellen, dass sie den spezifischen Anforderungen dieses Projekts auch entspricht.

6.2 MATERIALITÄT

Hinsichtlich der Auswahl der Materialien für die Konstruktion des Gebäudes gibt es einiges zu beachten. Zunächst sind die Projektanforderungen wie zum Beispiel Verwendungszweck des Gebäudes, Größe, Standorte, Kosten, Tragfähigkeit, Energieeffizienz, Brandschutz, Wasserresistenz und gewünschte Ästhetik festzuhalten. Nach einer umfassenden Recherche habe ich anschließend die verschiedenen Materialoptionen bewertet und Materialauswahlkriterien bestimmt. Zu diesen Kriterien gehören Wasserfestigkeit, Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Nachhaltigkeit, Wärmedämmung, Schalldämmung, Brandschutz sowie grundsätzliche wirtschaftliche, ökonomische, ästhetische und bauphysikalische Aspekte. Hinsichtlich der Anforderungen an das Projekt habe ich die Materialoptionen verglichen und hinsichtlich der Kriterien bewertet. Schließlich habe ich geeignete Materialien ausgewählt und diese in den Entwurf integriert. Insgesamt ist zu betonen, dass auch bei der Materialauswahl eine gesellschaftliche Verantwortung (Trischler & Böhling, 2021) besteht und entsprechend sehr durchdacht gezielte Materialien zu wählen, deren Einsatz mit möglichst wenigen klimaschädlichen Aspekten verbunden ist.

Mein Entwurf beinhaltet einen hybriden Zugang. Dieser besteht aus einem Fundament beziehungsweise Schwimmkörper aus Stahlbeton. Auf diesem Schwimmkörper aus Stahlbeton steht eine Holzkonstruktion mit Stahlelementen, die die Verbindungen in der Holzkonstruktion bilden. Für den Schwimmkörper wurde Stahlbeton ausgewählt, da Beton auch in Zukunft unter Einbezug der Komponente des Klimawandels der meistverwendete Baustoff bleiben wird (Viet Tue, 2022). Dennoch gibt es bei der Herstellung von Beton durchaus Optionen, den Prozess klimafreundlicher zu gestalten, wie in dem folgenden Zitat ersichtlich wird: „Um diesem Ziel nahe zu kommen, wurde bereits sehr viel gemacht, und es entstanden auch exzellente Ideen, wie z. B. Reduzierung des Klinkeranteils bei der Zementherstellung, Verwendung von Textil als Ersatz für gewöhnliche Bewehrung, die Entwicklung des Grenzzustands der Klimaverträglichkeit neben den beiden bekannten Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, die adaptive Modulbauweise mit

Fließfertigung oder die Herstellung von Bauteilen mit einer dem Kraftfluss angepassten Geometrie etc. Mit solchen Ideen kann der Betonbau revolutioniert werden“ (Viet Tue, 2022, p. 861). Mit derartigen Überlegungen kann Beton ohne Bedenken auch im Kontext des Klimawandels eingesetzt werden. Für den Schwimmkörper gibt es einige Aspekte, die für den Einsatz von Beton plädieren: Generell ist Beton im Wasser sehr wartungswarm und hat gleichzeitig eine hohe Stabilität. Die Nachhaltigkeit steigt bei der Verwendung von Beton im Vergleich zu anderen Materialien, da dieser wiederverwendbar und langlebig ist. Ein weiterer großer Vorteil von Beton ist bezüglich der Thermodynamik ersichtlich, da Rohre für Wärmeübertrager in den Beton eingearbeitet werden können, wodurch Wärmeaustauschprozesse zwischen zwei Medien stattfinden, sodass das schwimmende Fundament ein neutraler Boden mit einer konstanten Temperatur ist, gleich welche Temperatur das Wasser hat.

Die Konstruktion des Gebäudes auf dem Schwimmkörper besteht aus Holz. Hierbei kommt primär Brettschichtholz (zum Beispiel für Balken) oder Brettsperrholz (zum Beispiel für die Decken oder andere Scheiben) zum Einsatz. Generell habe ich mich bei der Art des Holzes für Lärche entschieden. Lärche ist ein Nadelholz, das eine sehr gute natürliche Resistenz gegen Wasser, Insektenbefall und Fäulnis aufweist. Zudem ist Lärchenholz verfügbarer und kostengünstiger als Eiche. Wenngleich Eiche häufiger für Brettschichtholz eingesetzt wird, kann auch aus Lärche Brettschichtholz hergestellt werden. Die Voraussetzung dafür ist, dass hochwertiges und zertifiziertes Lärchenholz dafür verwendet wird. Insgesamt hat Lärchenholz eine hohe Haltbarkeit und kann gut im Außenbereich wie bei Fassaden und Terrassen eingesetzt werden. Aufgrund dieser Eigenschaften ist Lärchenholz besonders für die Verwendung im Kontext eines schwimmenden Gebäudes geeignet. Darüber hinaus ist auch der Einsatz von Holz nachhaltig (Kinne, 2020). Neben der Konstruktion aus Lärchenholz wird auch das Dach in Lärchenholz geplant. Das Dach ist an der Außenseite mit Photovoltaikanlage verkleidet. Die Fassade umfasst großzügige Fensterflächen, für die Fenster mit Metallrahmen und hoher Dämmeigenschaft verwendet werden.

7. KONSTRUKTIVE UMSETZUNG

Die Konstruktion des Gebäudes ist ein zentraler Teil des Entwurfs, weil ohne eine gründliche Planung der Konstruktion das Gebäude nicht stabil ist. Die Abbildungen 53 bis 61 zeigen Referenzen für konstruktive Lösungen hinsichtlich eines runden Grundrisses von anderen Architekt*innen. Diese Referenzen haben mir dabei geholfen, für meinen Entwurf einen geeigneten konstruktiven Zugang zu finden. Entsprechend habe ich mich über konstruktive Testversuche zunächst mit einem Holzstützenraster an meine letztendliche konstruktive Lösung in Form eines Holzmodulbaus angenähert. Meine konstruktive Lösung hat dabei den großen Vorteil, dass jedes Holzmodul bereits vorgefertigt werden kann und damit kostengünstiges Bauen und eine vereinfachte Montage möglich ist.

Im Detail heißt das für die Konstruktion meines Entwurfs: Wie im vorherigen Kapitel bereits festgehalten wurde, besteht das Fundament aus Stahlbeton und die restliche Konstruktion aus Holz. Es ist wichtig, dass der Entwurf ein robustes, schwimmendes Fundament beinhaltet. In diesem Fall wird für den Auftrieb des Gebäudes das physikalische Phänomen des archimedischen Auftriebs verwendet: Das Fundament aus Stahlbeton wird in der Form einer Schale konzipiert. Dieses Fundament verdrängt eingetaucht ins Wasser die Menge an Wasser entsprechend seines Volumens. Auf das eingetauchte, im Querschnitt schalenförmige Fundament wirkt Auftriebskraft in dem Ausmaß des Gewichts des verdrängten Wassers ein. Die Auftriebskraft resultiert aus dem zunehmenden Druck in der Wassertiefe, sodass die unteren Teile des Fundaments (tiefer im Wasser) eine größere Krafteinwirkung erfahren, als die oberen Teile und folglich entsteht eine nach oben gerichtete Kraft. Grundlegend ist dabei die korrekte Bestimmung der Gewichte, da ein ausbalanciertes Gleichgewicht benötigt wird. Wenn die Auftriebskraft größer ist als die Kraft, welche durch das Gewicht des Gebäudes entsteht, dann schwimmt das Gebäude auf dem Wasser.

Der Übergang vom Fundament zu den restlichen konstruktiven Elementen des Gebäudes besteht aus Stahlelementen, auf die vorgefertigte Holzmodule montiert werden. Das heißt, abgesehen vom Fundament besteht die Konstruktion aus einem Holzmodulbau, welcher über Stahlverbindungen mit dem Fundament verbunden ist. Die Deckenplatten und Wandscheiben des vorgefertigten Holzmoduls sind aus Brettschichtholz und werden mit Stahlverbindungen verbunden. Jedes Holzmodul ist bereits für sich alleine ausgesteift, sodass eine Aneinanderreihung dieser Holzmodule folgerichtig ebenfalls die notwendige Aussteifung gewährleisten.

Beispiele für konstruktive Lösungen bei kreisförmigen Gebäuden (Referenzen)

Himitsujanai Kichi / Itsuki Matsumoto + Ehime Architecture and Design Office



Abb.53. Konstruktionsbeispiel A, Foto 1



Abb.54. Konstruktionsbeispiel A, Foto 2



Abb.55. Konstruktionsbeispiel A, Foto 3

Restaurant & Grocery Store in Monteiro Lobato / Metamoorfose Studio



Abb.56. Konstruktionsbeispiel B, Foto 1



Abb.57. Konstruktionsbeispiel B, Foto 2



Abb.58. Konstruktionsbeispiel B, Foto 3

Sayama Lakeside Cemetery Community Hall / Hiroshi Nakamura & NAP



Abb.59. Konstruktionsbeispiel C, Foto 1



Abb.60. Konstruktionsbeispiel C, Foto 2



Abb.61. Konstruktionsbeispiel C, Foto 3

8. ENTWURFS-RESULTAT

Auf den folgenden Seiten wird der finale Entwurf präsentiert. In diesem Zusammenhang werden graphische Visualisierungen des Entwurfs in Form von Ansichten, Axonometrien und Schnitten abgebildet. Der finale Entwurf vereint die in den Kapitel 5 bis 7 festgehaltenen Überlegungen und verkörpert meinen Lösungsansatz, wie in der Architektur mit dem Problem des ansteigenden Meeresspiegels umgegangen werden kann.

8.1 KONZEPT



Abb.62. Perspektivische Konzeptdarstellung (von J.C. Aurel)

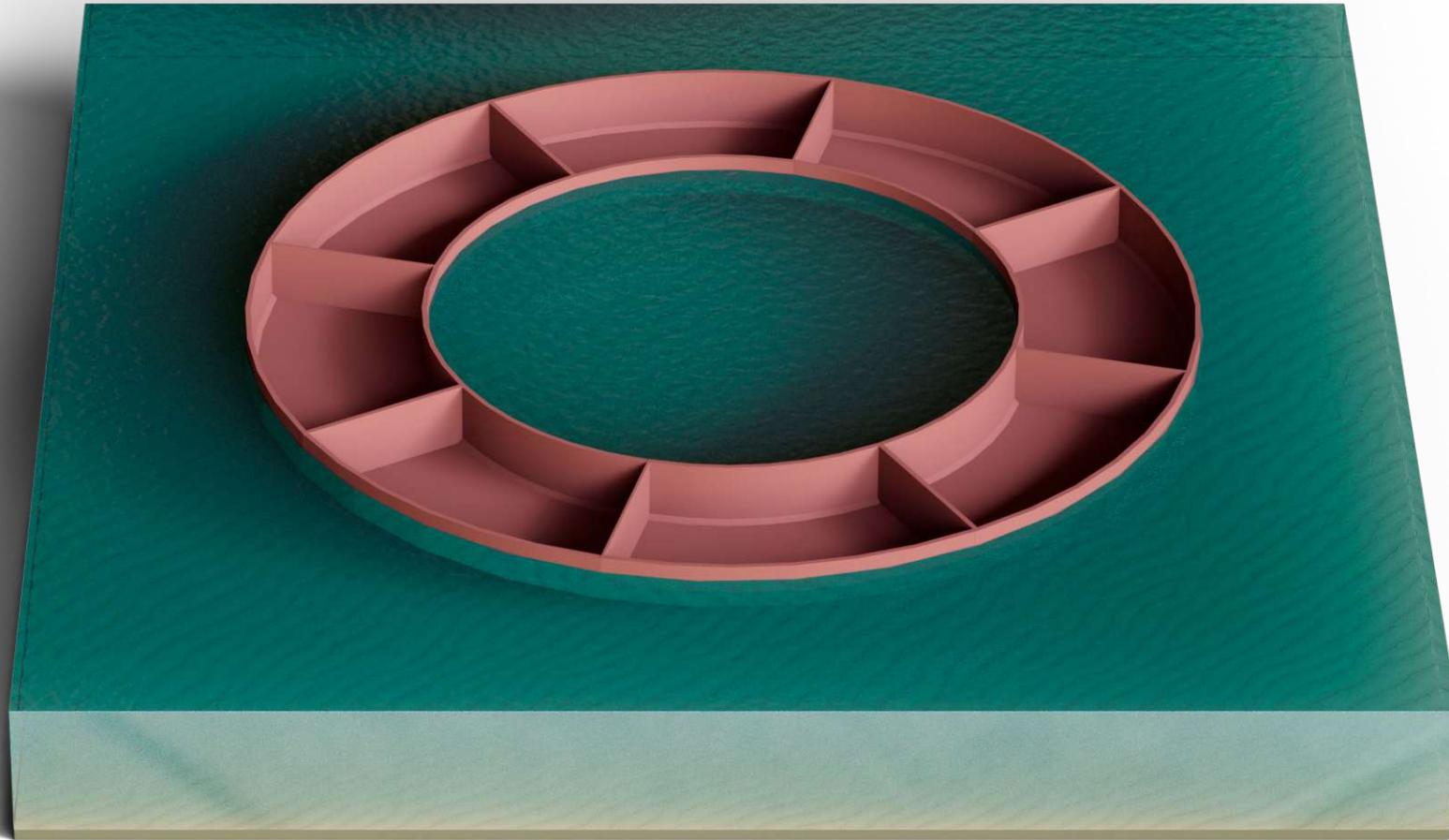


Abb.63. Konzeptuelle Darstellung des Schwimmkörpers (von J.C. Aurel)

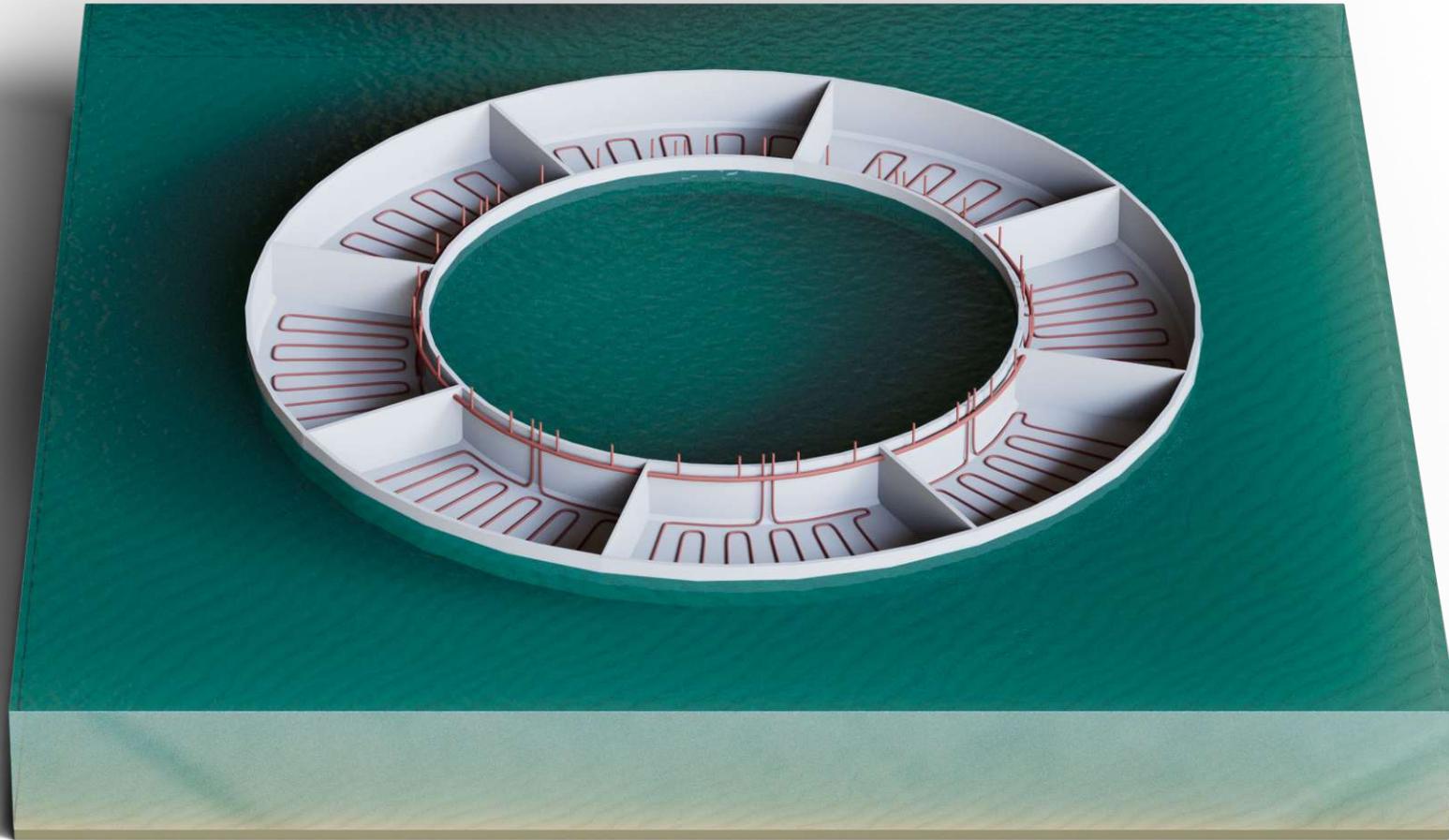


Abb.64. Konzeptuelle Darstellung des Schwimmkörpers mit Zu- und Ableitungssystemen, sowie Wärmepumpe (von J.C. Aurel)

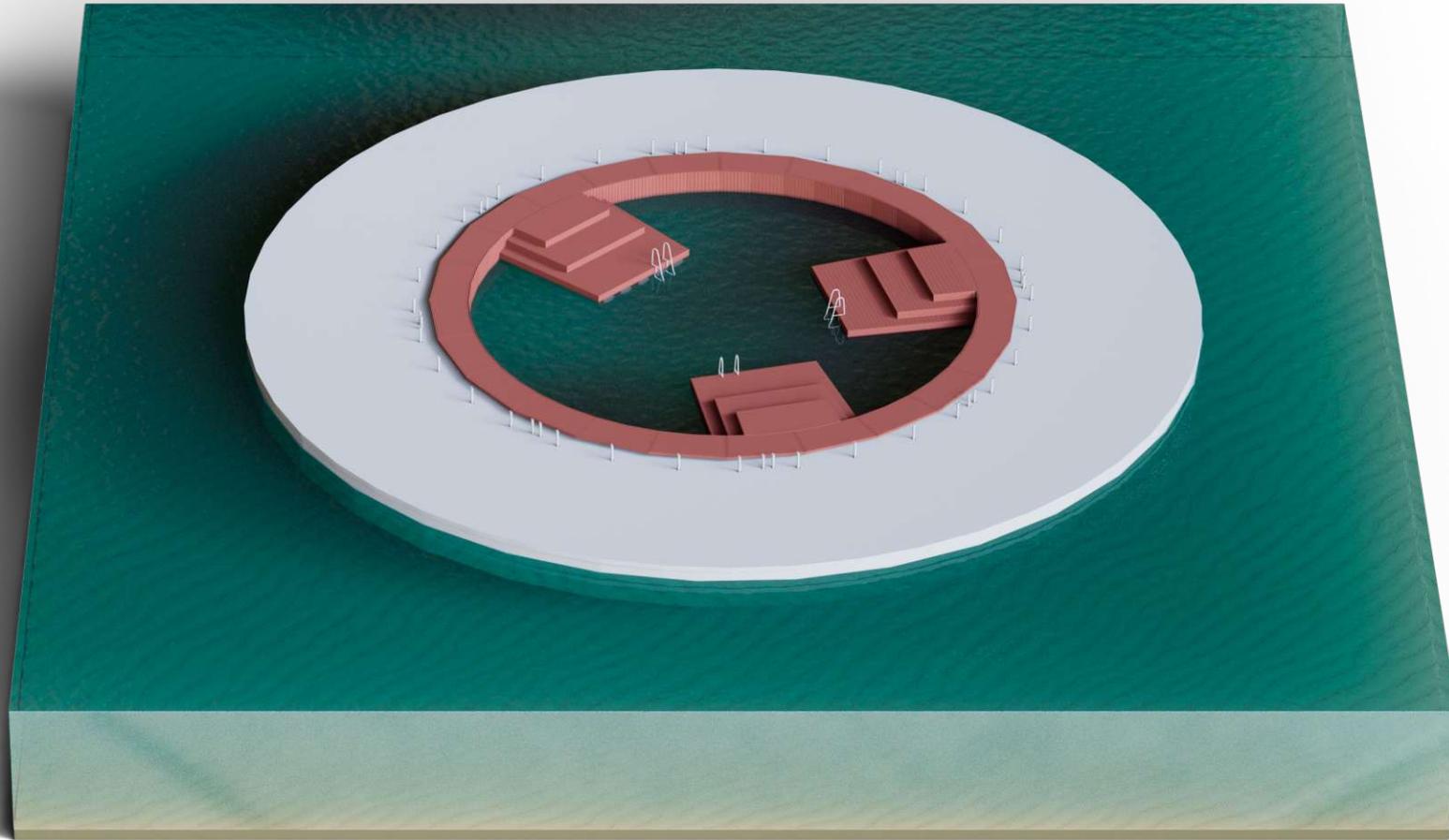


Abb.65. Konzeptuelle Darstellung der innenliegenden, ringförmigen Hapterschließung (von J. C. Aurel)

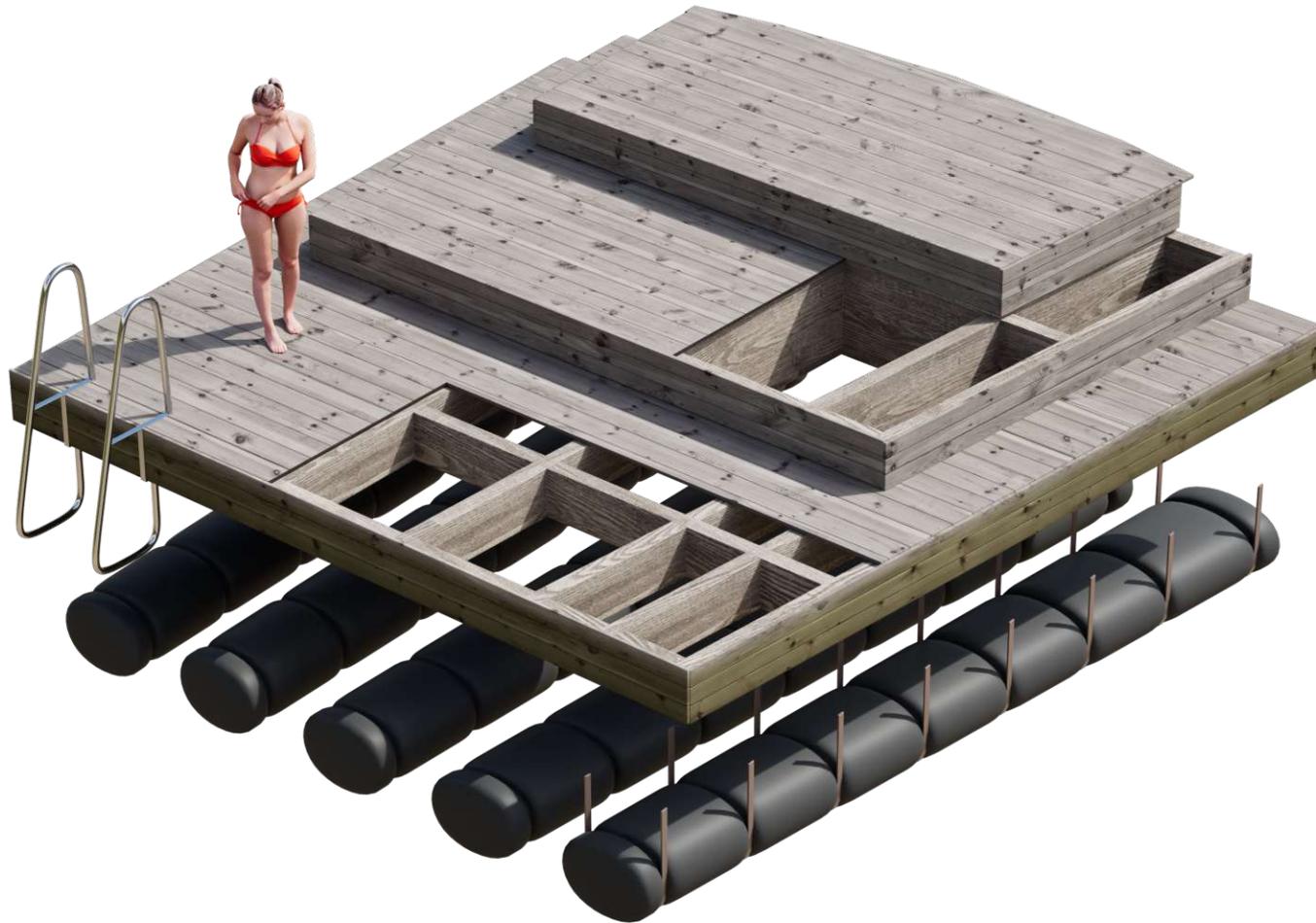


Abb.66. Detaillierte Darstellung der multifunktionalen Sonneninsel (von J.C. Aurel)

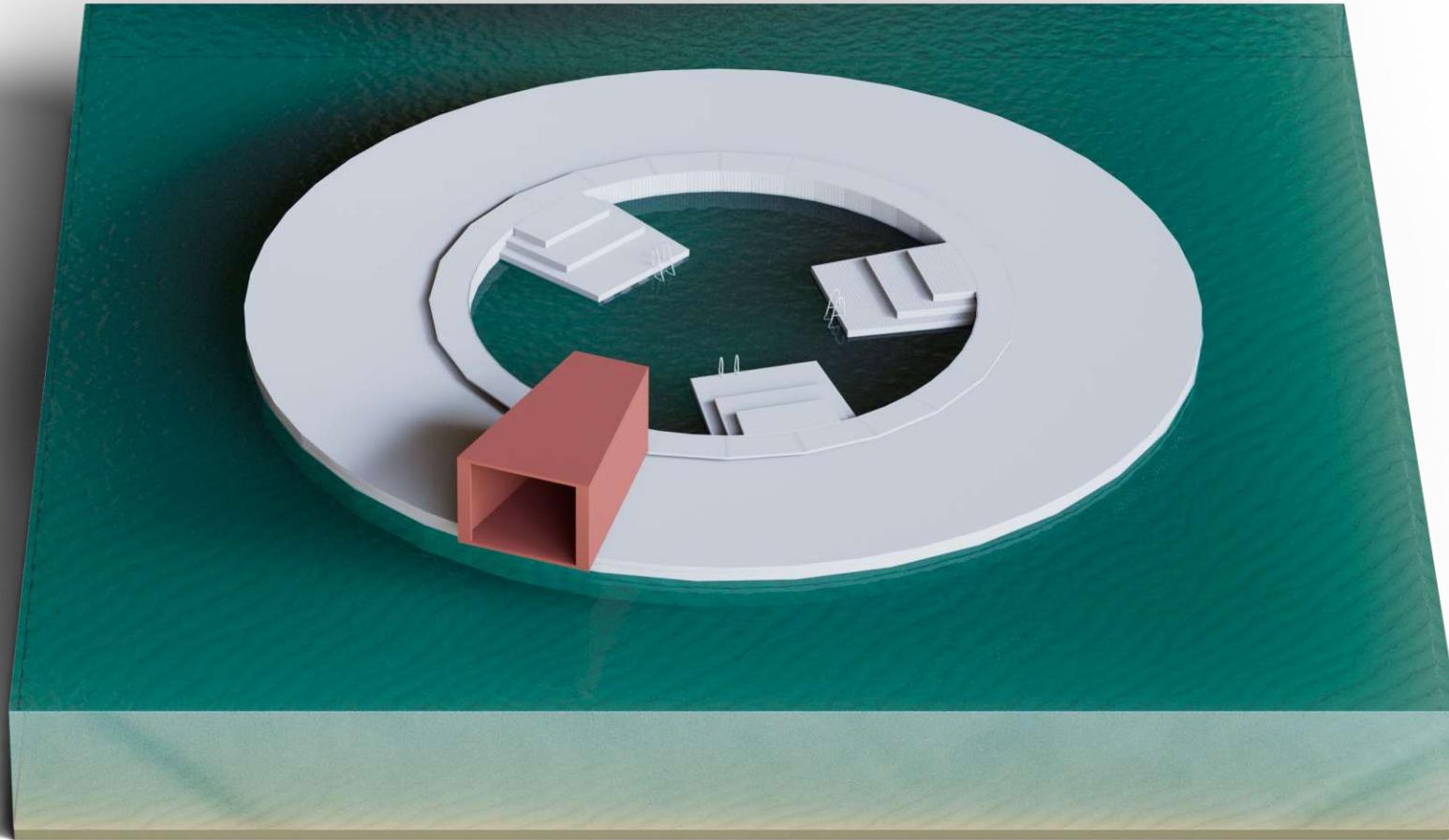


Abb.67. Konzeptuelle Darstellung des Basismoduls (von J.C. Aurel)



Abb.68. Basismodul (von J.C. Aurel)

Das Konzept beinhaltet modulare Prinzipien. Der Entwurf ist im Kontext von der Idee zu verstehen, dass unabhängige Module miteinander kombiniert werden können und dadurch ein größeres Ganzes bilden. Grundsätzlich gibt es im Rahmen des Entwurfes fünf verschiedene Arten von Modulen: (1) Das erste Modul ist das Basismodul, welches auf dem ringförmigen Stahlbeton-Schwimmkörper befestigt ist, gestaffelt wird (siehe Abbildung 68) und höchst flexible Grundrisse vorweist, wodurch sich diverse Nutzungsmöglichkeiten ergeben (zum Beispiel einzelne Wohnungen, Kindergärten, Schulen, Schäfte, Büros etc.). (2) Das zweite Modul ist das Gartenmodul (siehe Abbildung 71), welches zwischen den Basismodulen eingesetzt werden kann. (3) Das dritte Modul ist die multifunktionale Sonneninsel (siehe Abbildung 66), welche beliebig als Verweil-Oase eingesetzt und den Anforderungen und Wünschen entsprechend in Form und Größe modifiziert werden kann und sogar Potential für Begrünung bietet. (4) Das vierte Modul ist das Terrassen-Modul (siehe Abbildung 73), welches mit einer Pergola versehen ist, an die einzelnen Basismodule angeschlossen wird und den Wünschen entsprechend in der Dimension variieren kann. (5) Das letzte Modul ist das Erschließungs-Modul, welches die einzelnen schwimmenden Gebäude miteinander verbindet, unterschiedliche Breiten und Längen vorweisen kann und ebenfalls multifunktional einsetzbar ist. Dieses fünfte Modul basiert auf einem bestehen Produkt⁶ aus einem flachen, leicht zu transportierenden, schwimmenden Fundament, bei dem Schutt in Gitterkäfige gefüllt wird. Konkret werden die Käfige aus recyceltem, verstärktem Kunststoff mit wiederverwerteten, lokal verfügbaren Schwimmstoffen gefüllt, die das Gewicht der leichten Struktur darüber tragen können⁶ (siehe Abbildung 75). Besonders vorteilhaft an dem Aufbau der Verbindungsmodul ist, dass die Fundamente gleichzeitig Lebensraum für Krustentiere und Fische bieten sowie Ankerpunkt für Algen sind, wodurch das lokale Ökosystem gestärkt wird.

Da jedes Mal von dem gleichen Modul ausgegangen wird, kann jedes einzelne Modul in der Massenproduktion gefertigt werden, was die Kosten deutlich senkt. Grundsätzlich ermöglicht die Kombination dieser fünf Module eine gute Kosteneffizienz, einen hohen Grad an Flexibilität, Nachhaltigkeit, Anpassungsfähigkeit und Zeitersparnis bei den Bauzeiten.

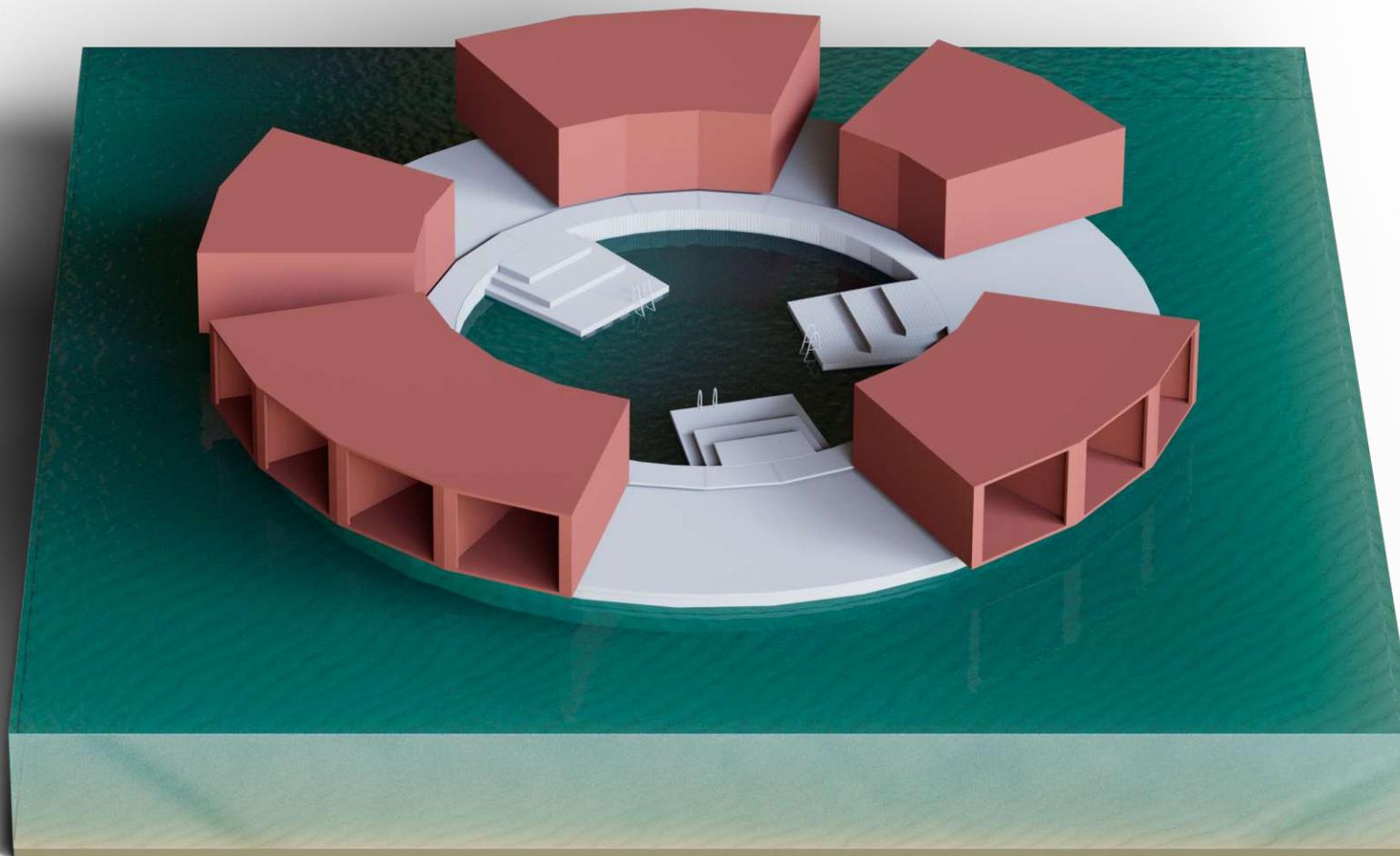


Abb.69. Konzeptuelle Darstellung der gestaffelten Basismodule (von J.C. Aurel)

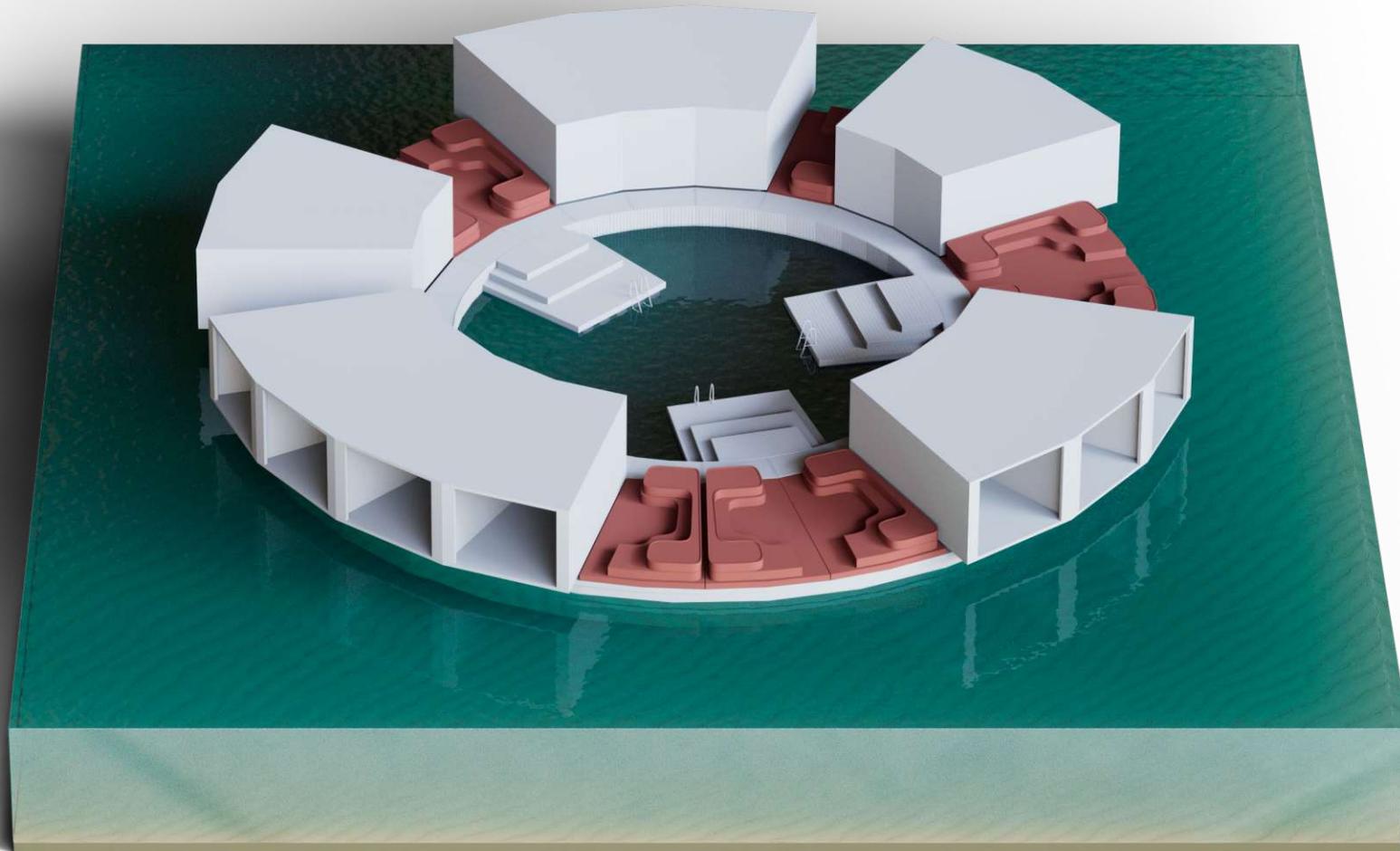


Abb.70. Konzeptuelle Darstellung der Gartenmodule (von J.C. Aurel)



Abb.71. Gartenmodul (von J.C. Aurel)

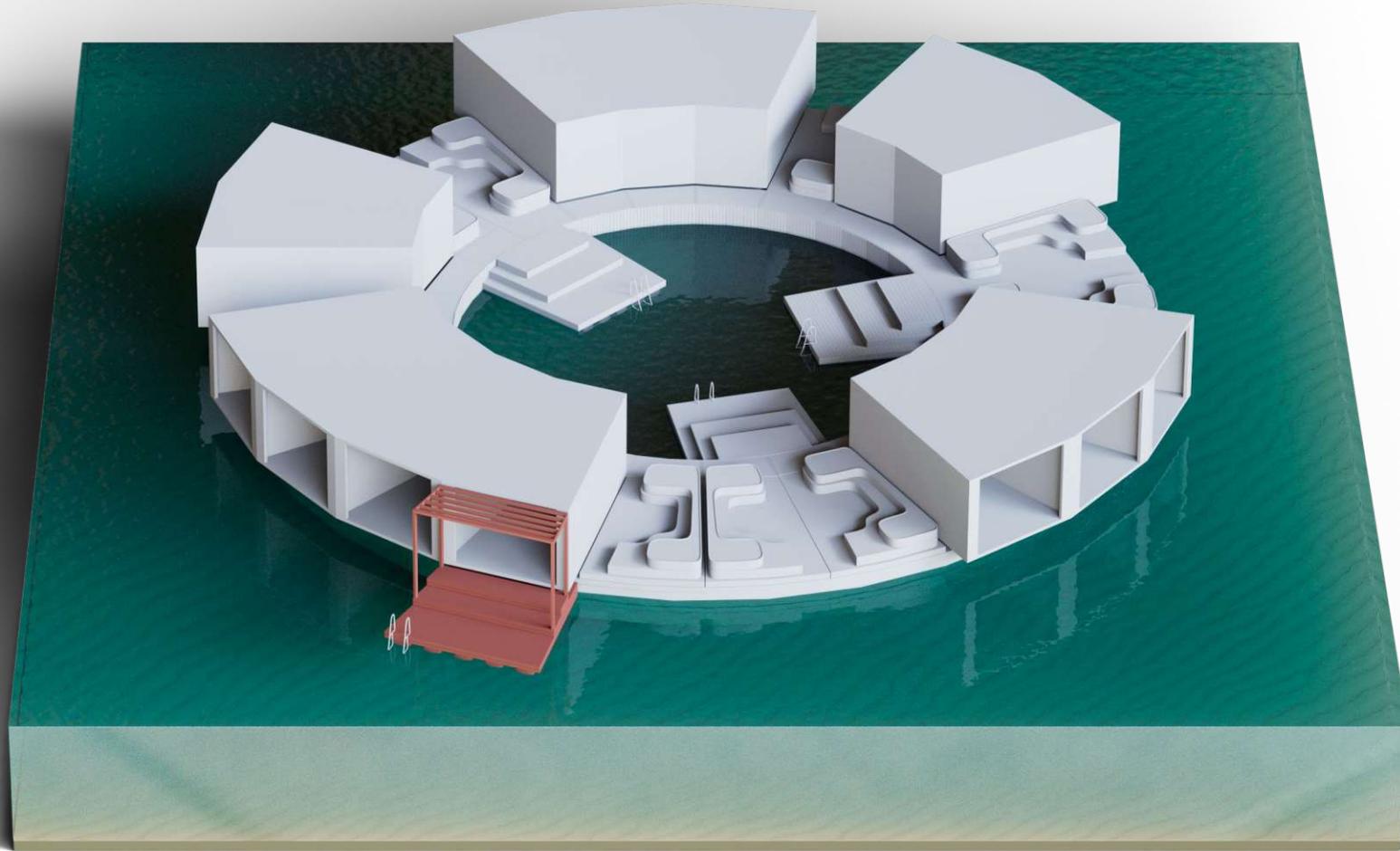


Abb.72. Konzeptuelle Darstellung des Terrassen-Moduls (von J.C. Aurel)

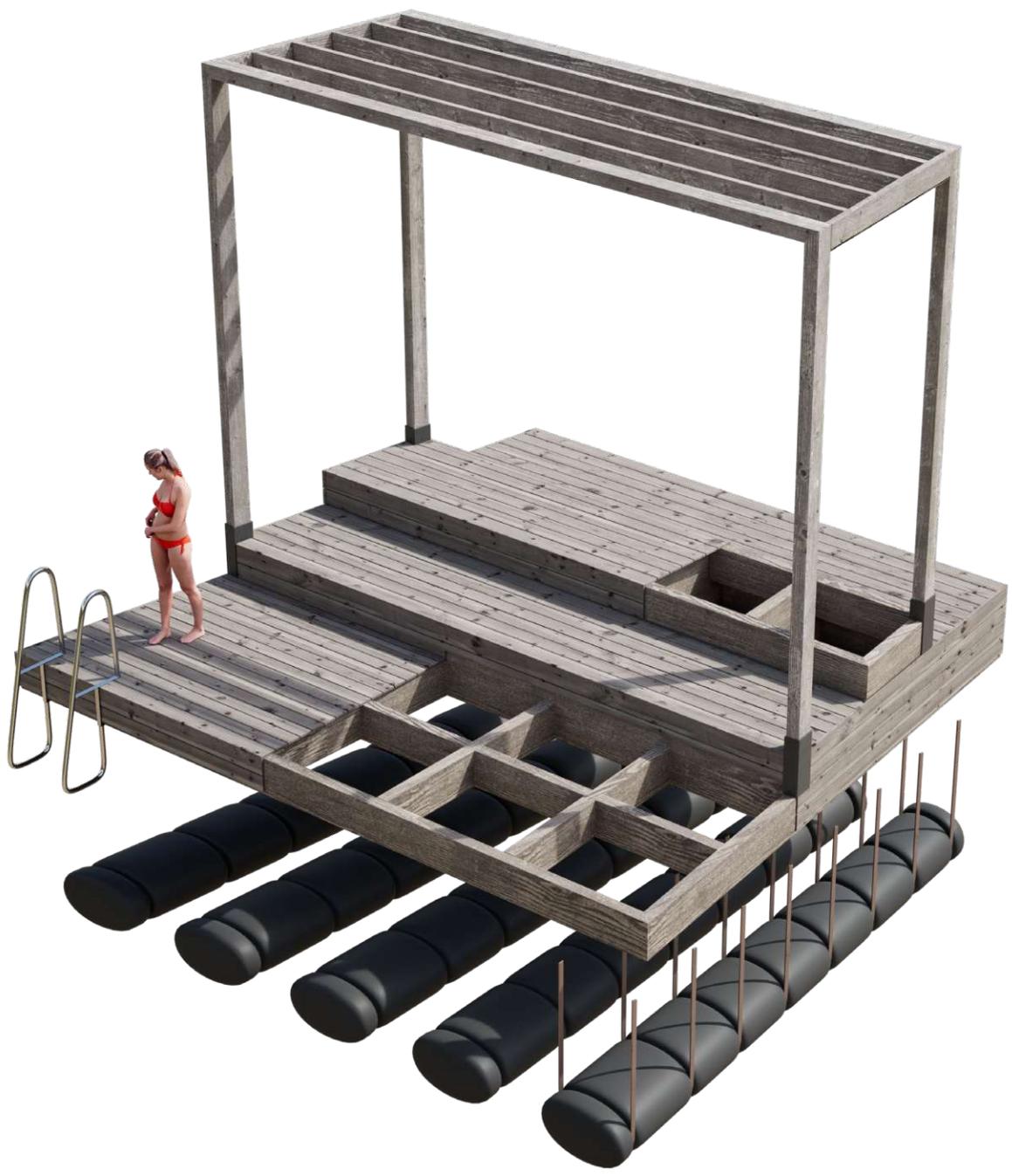


Abb.73. Terrassen-Modul (von J.C. Aurel)

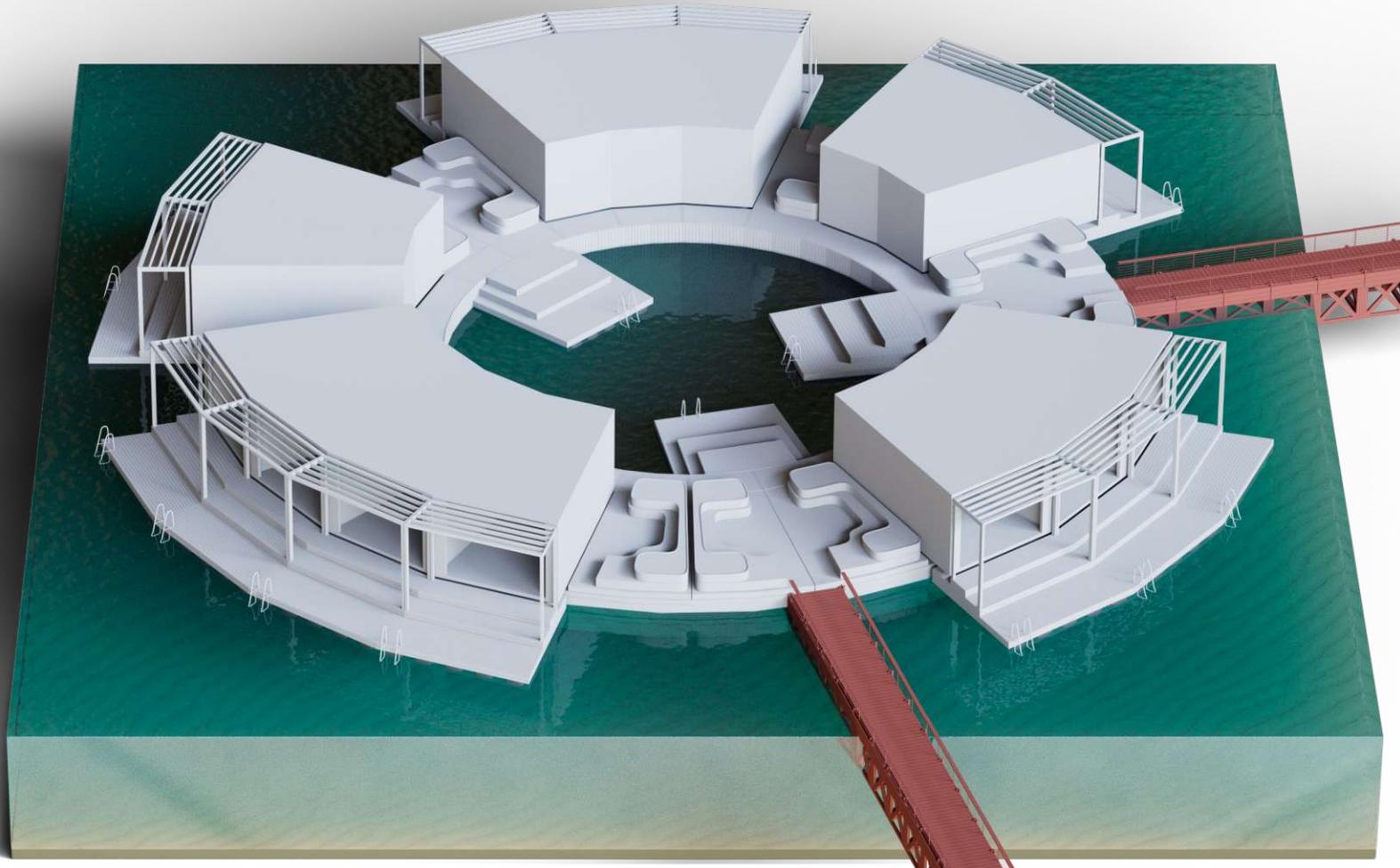
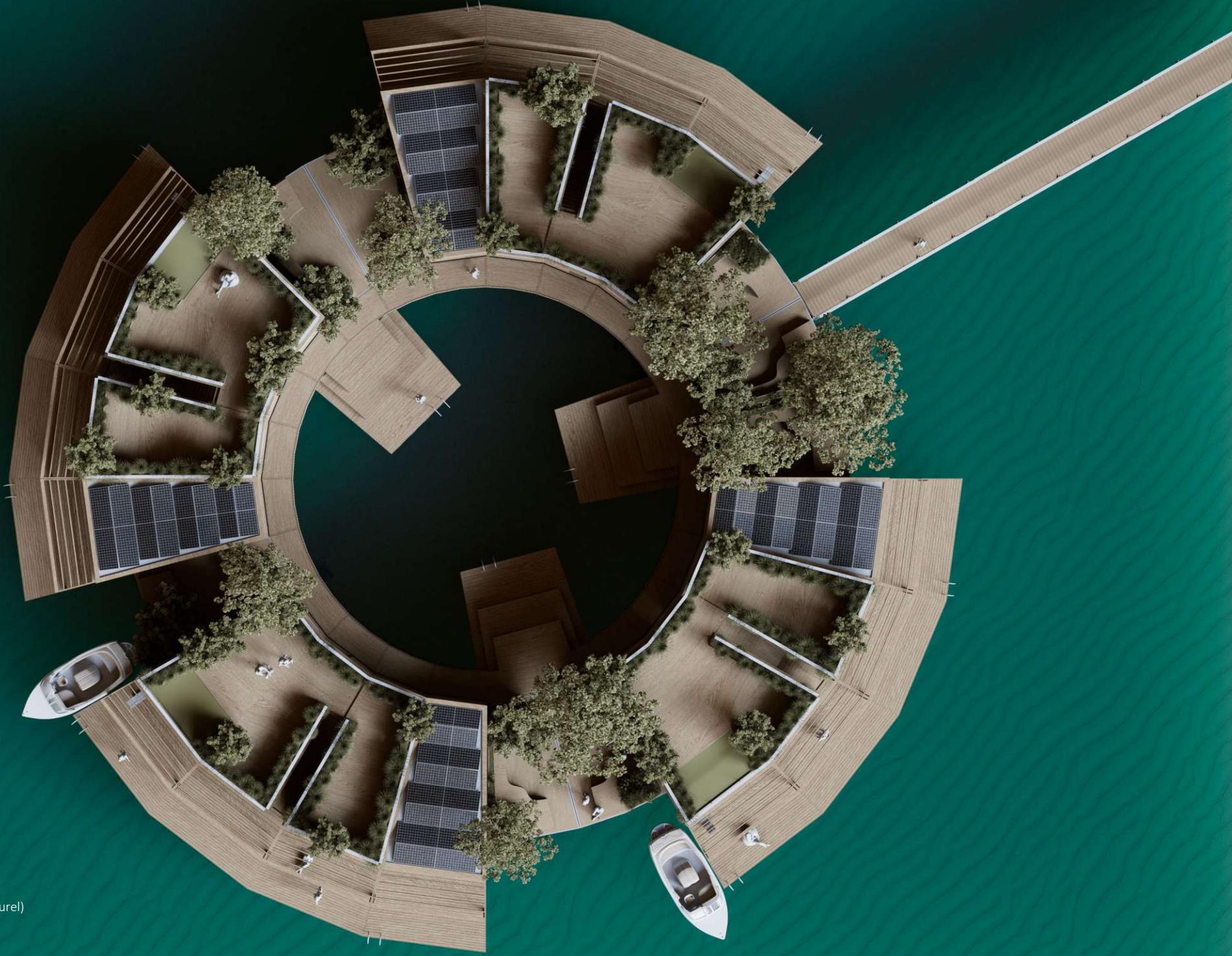


Abb.74. Konzeptuelle Darstellung des Erschließungs-Moduls (von J.C. Aurel)



Abb.75. Erschließungs-Modul (von J. C. Aurel)

Abb.76. Draufsicht (von J.C. Aurel)



8.2 ANSICHT



Abb.77. Ansicht (von J.C. Aurel)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abb.78. Nahaufnahme (von J.C. Aurel)

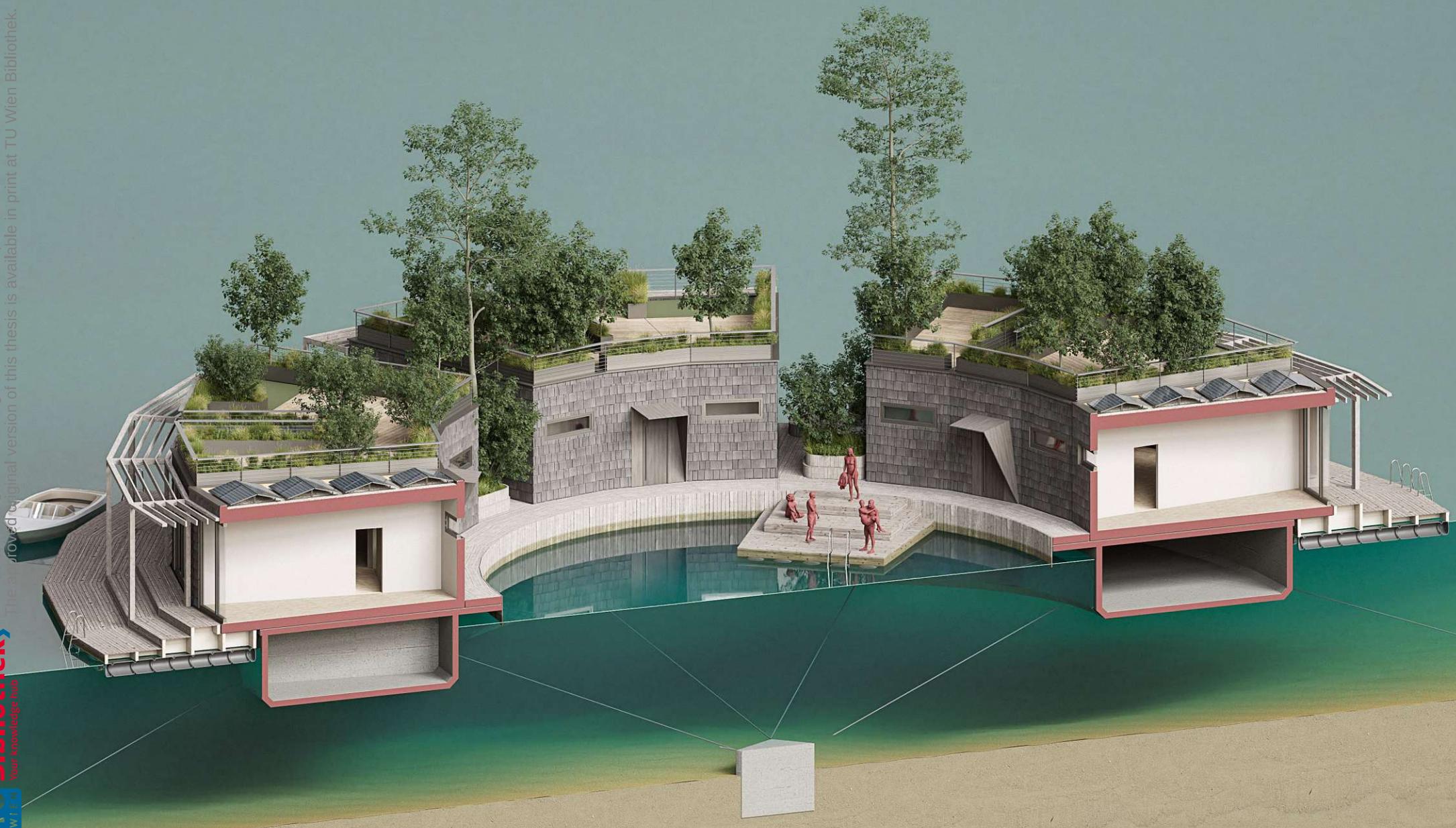


9. SCHNITTE, DETAILS & KONSTRUKTION

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Abb. 79. 3D-Schnitt (von J.C. Aurel)





Detail B:

Kies 80mm
Abdichtung Bitumenbahn zweilagig
Wärmedämmung Mineralwolle 100mm
Dampfsperre
Brettspertholz fünflagig 140mm
teilweise im Gefälle

Detail A:

Parkett Eiche 12mm
Betonestrich 40mm
Brettspertholz fünflagig 140mm
Wärmedämmung Mineralwolle 80mm

Detail C:

Holzschindeldeckung 20mm
Lattung horizontal 20/100mm
Lattung senkrecht 20/50mm
Windpapier diffusionsoffen
Wärmedämmung Mineralwolle 80mm
Dampfsperre
Brettspertholz fünflagig 140mm
Gibskarton gestrichen 12,5mm

Abb.80. 3D-Detail-Fassadenschnitt (von J.C. Aurel)

10. GRUNDRISSE & VARIANTEN



Abb.81. Grundriss-Variante A (60m²) und Grundriss-Variante B (90m²)- Erdgeschoss (von J.C. Aurel)

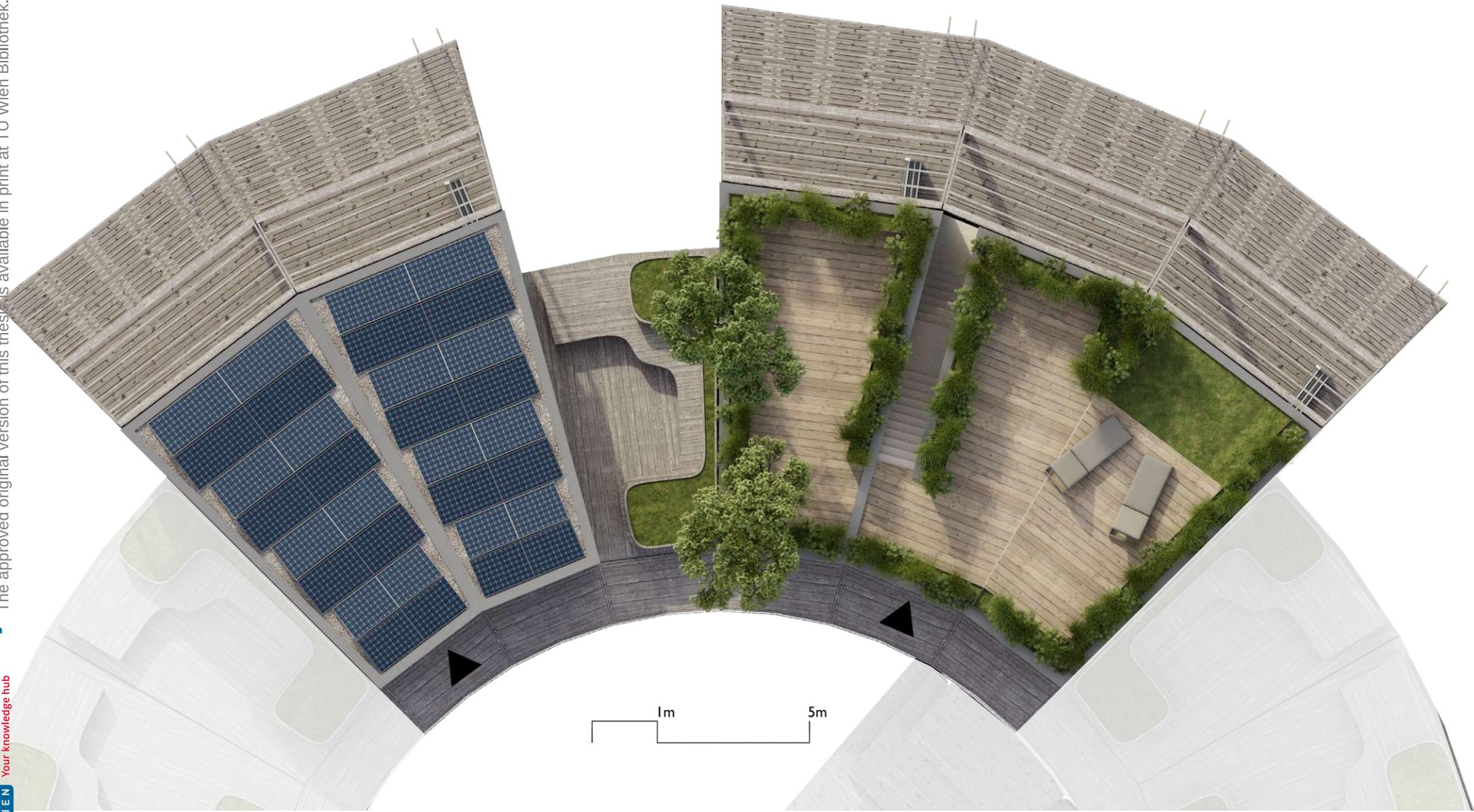


Abb.82. Grundriss-Variante A (60m²) und Grundriss-Variante B (90m²) - Solar-Dach/ Dachterrasse (von J.C. Aurel)

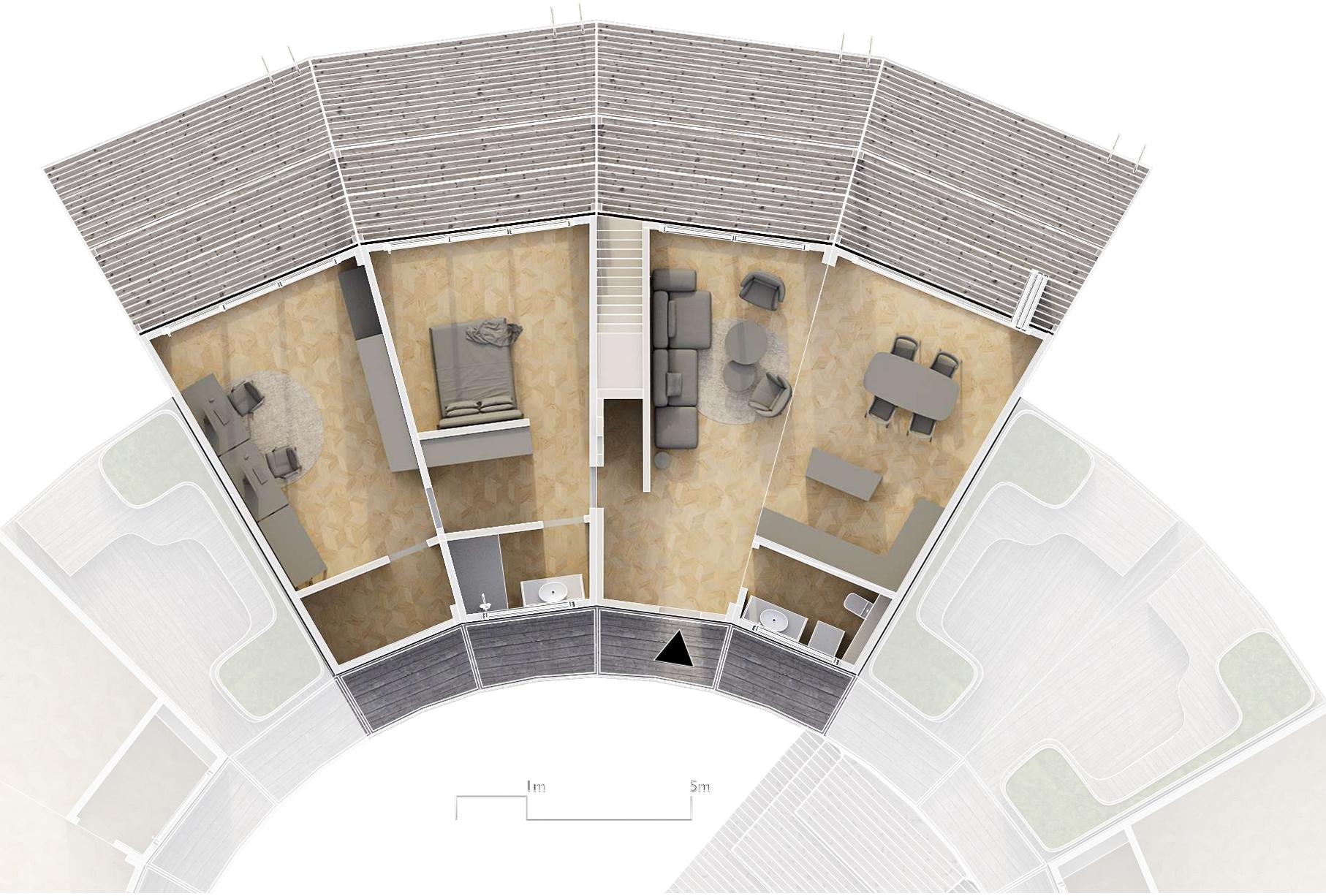


Abb.83. Grundriss-Variante C (120m²)- Erdgeschoss (von J.C. Aurel)

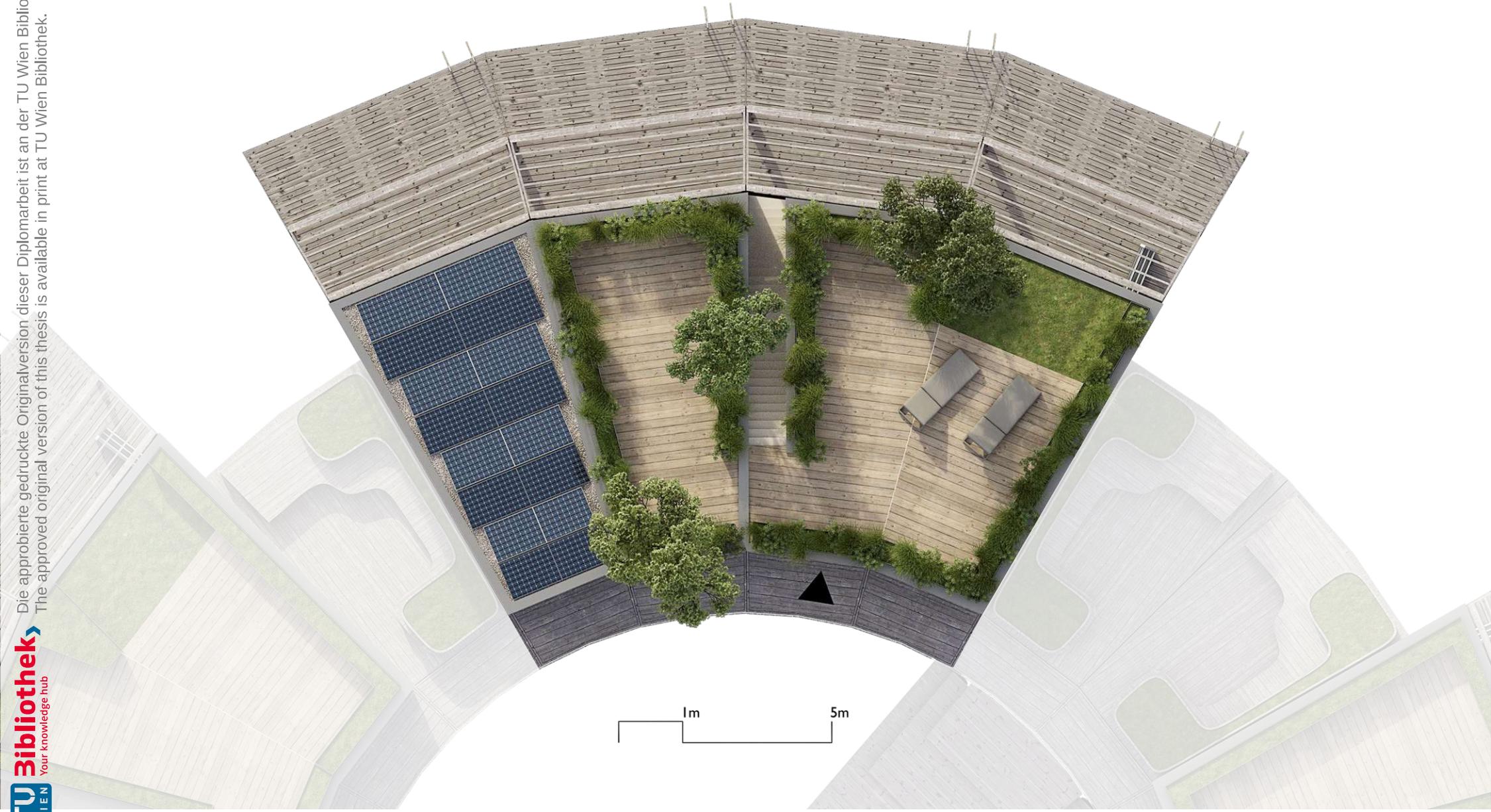


Abb.84. Grundriss-Variante C (120m²)- Dachterrasse (von J.C. Aurel)



Abb.85. Grundriss-Variante D- Office (180m²)- Erdgeschoss (von J.C. Aurel)

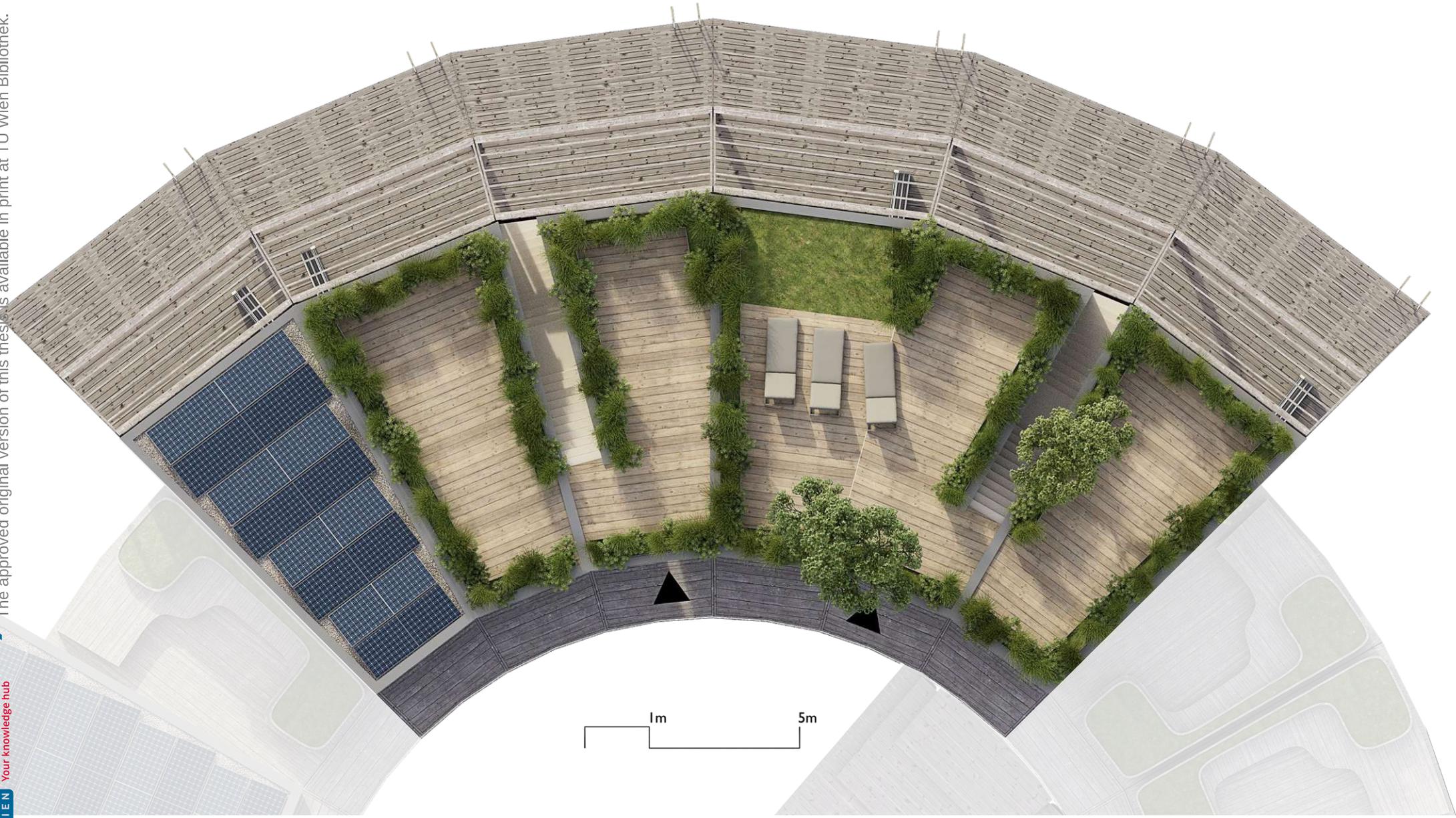
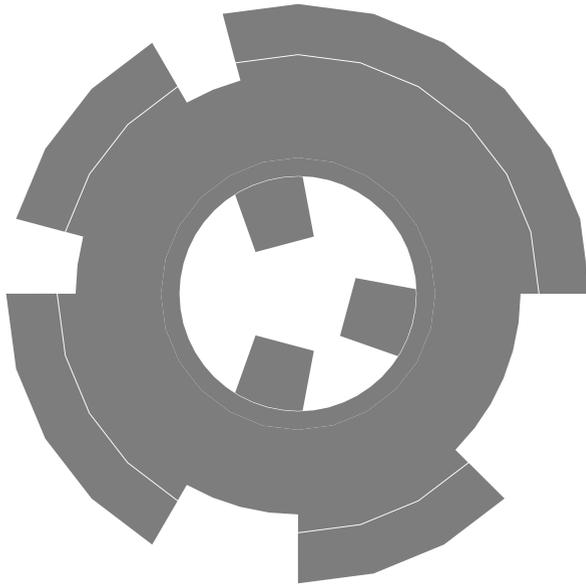


Abb.86. Grundriss-Variante D- Office (180m²)- Dachterrasse (von J.C. Aurel)

11. FLÄCHENAUFSTELLUNGEN

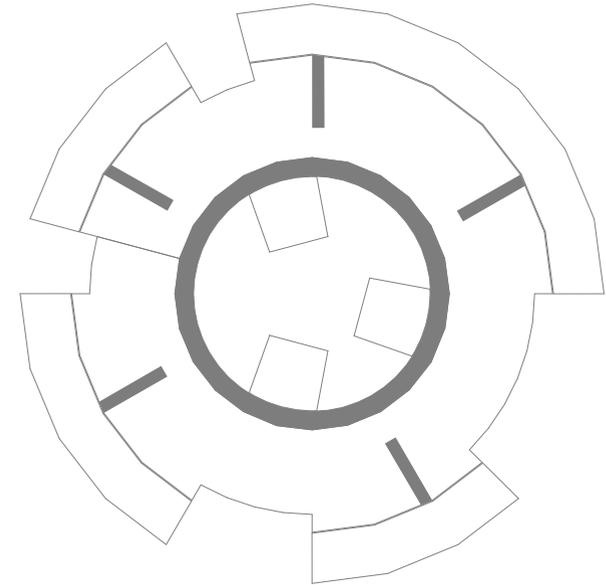
EG



BGF
Brutto Grundfläche
1311,99 m²

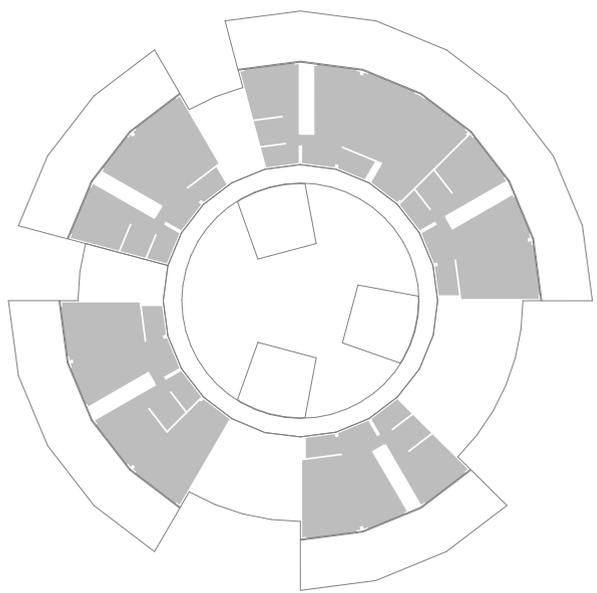


Freifläche
656,27 m²
50%

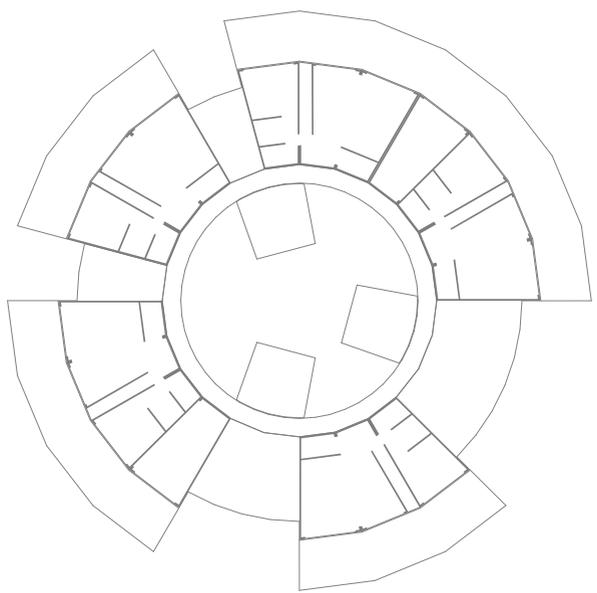


VF
Verkehrsfläche
123,5 m²
9%

Abb.87. Flächennachweis (von J.C. Aurel)



NF
Nutzfläche
493,46 m²
38%



KF
Konstruktionsfläche
38,76 m²
3%

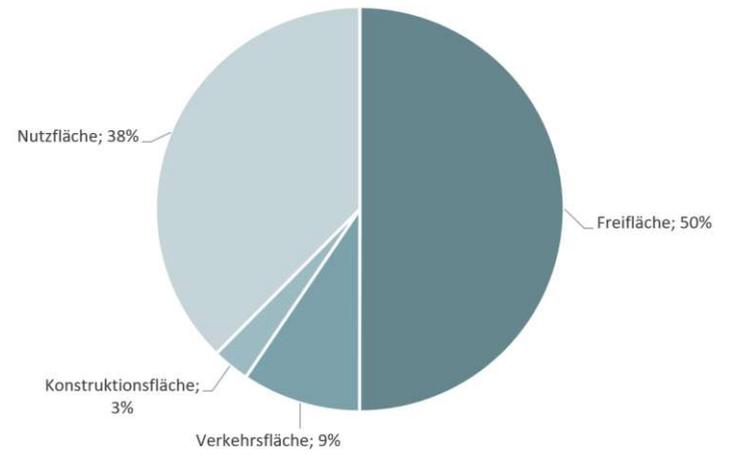


Abb.88. Flächennachweis (von J.C. Aurel)

12. BEGRÜNUNG

Die Begrünung des architektonischen Entwurfs hat eine grundlegende ökologische, ökonomische und soziale Bedeutung und ist damit in vielerlei Hinsicht sehr sinnvoll (Wieshofer, 2015). Insgesamt hat sich hinsichtlich des Wohnklimas als auch des Klimawandels gezeigt, dass die korrekt geplante Begrünung rund um das Gebäude viele Vorteile beinhaltet (Pfoser, 2015). Als Architekt helfen mir Erkenntnisse der Botanik die geeigneten Pflanzen in Abhängigkeit der jeweiligen Region, der Dimensionen und der zur Verfügung stehenden Ressourcen für meinen Entwurf auszuwählen. Besonders das Wohnklima und die Luftqualität steigen durch eine großzügige Integration von Pflanzen in den Entwurf, weswegen die Begrünung des schwimmenden Gebäudes bei mir eine wichtige Rolle spielt. Zum einen sind rund um die äußere Fassade des kreisförmigen Gebäudes Tröge eingeplant, wo verschiedene, dem Klima entsprechende Pflanzen eingepflanzt werden. Zudem haben die Bewohner*innen des Gebäudes einen Blick ins Grüne, wenn sie in ihren „Innenhof“ sehen, da dort begrünte Insel-Module platziert werden können. Das heißt, gleich bei welchem Fenster die Bewohner*innen hinaussehen, sehen sie Pflanzen, was ein angenehmes Wohngefühl

ermöglicht. Um sicherzustellen, dass die Pflanzen in den Trögen und auf dem schwimmenden Fundament des begrünten Insel-Modules gut gedeihen, müssen die Pflanzenarten sehr gründlich hinsichtlich ihrer Eignung ausgewählt werden. Dabei gilt es grundsätzlich die Standortbedingungen einzukalkulieren (Liesecke et al, 1989), zu denen beispielweise die Nähe zum Meereswasser gehört, welches salzig ist. In diesem Zusammenhang muss auch geklärt werden, welche Lichtverhältnisse gegeben sind, wie viel Platz die jeweilige Pflanze für ihre Wurzeln benötigt und welchen Wasser- und Nährstoffbedarf die gewünschte Pflanze hat (Pfoser et al, 2013). Zu klären ist zudem, wie das gewünschte Gesamtbild aussieht und wie sich das Erscheinungsbild auch im Laufe der Zeit verändern kann (Hopkins, Goodwin, 2011; Kraus et al, 2019). Grundsätzlich hängt die Art der gewählten Pflanzen stark von der Region ab, wo das schwimmende Gebäude hinterher platziert sein soll. Pflanzen, die sich in Regionen der subtropischen bis gemäßigten Klimazone an Küsten wohlfühlen sind zum Beispiel Salzwiespflanzen, Seegras, Sukkulenten, Meerlavendel oder Blaugrüne Segge (vgl. Kraus et al, 2019). Im Rahmen meines Entwurfs verende

ich daher die folgenden Pflanzen für die Begrünung: Strandhafer, Queller, Strandflieder, Seegras, Mittagsblume, Fetthenne, Meerlavendel und blaugrüne Segge. Darüber hinaus werden auch Bäume eingesetzt, die den sehr anspruchsvollen Anforderungen wie Wind, Salzwasser, Wasserbewegungen und begrenztem Platz für den Wurzelwachstum gerecht werden können. Dahingegen eignet sich die Küsten-Kiefer (hat eine hohe Windtoleranz, wächst in Küstenregionen und ist resistent gegen Kälte und Salzwasser), Holzapfel (ein in den Küstengebieten Europas heimischer Laubbaum, der eine gewisse Salztoleranz hat und im Frühjahr über eine ansehnliche Blütenpracht verfügt) oder Sal-Weiden (sind salztolerante Arten der Weide, die in Küstengebieten wachsen und anspruchslos sind). Insgesamt ist zu betonen, dass sich die Art der Pflanzen für die Begrünung danach richtet, wo das schwimmende Gebäude letztlich verortet sein soll und wenn es zu größeren Standortwechseln des Gebäudes kommt, müssen gegebenenfalls die Pflanzen an die dortigen klimatischen Bedingungen angepasst werden. In diesem Zusammenhang ist auch erwähnenswert, dass das Gebäude Unterwasser ein Habitat für Tiere bilden und damit Artenvielfalt fördern kann.

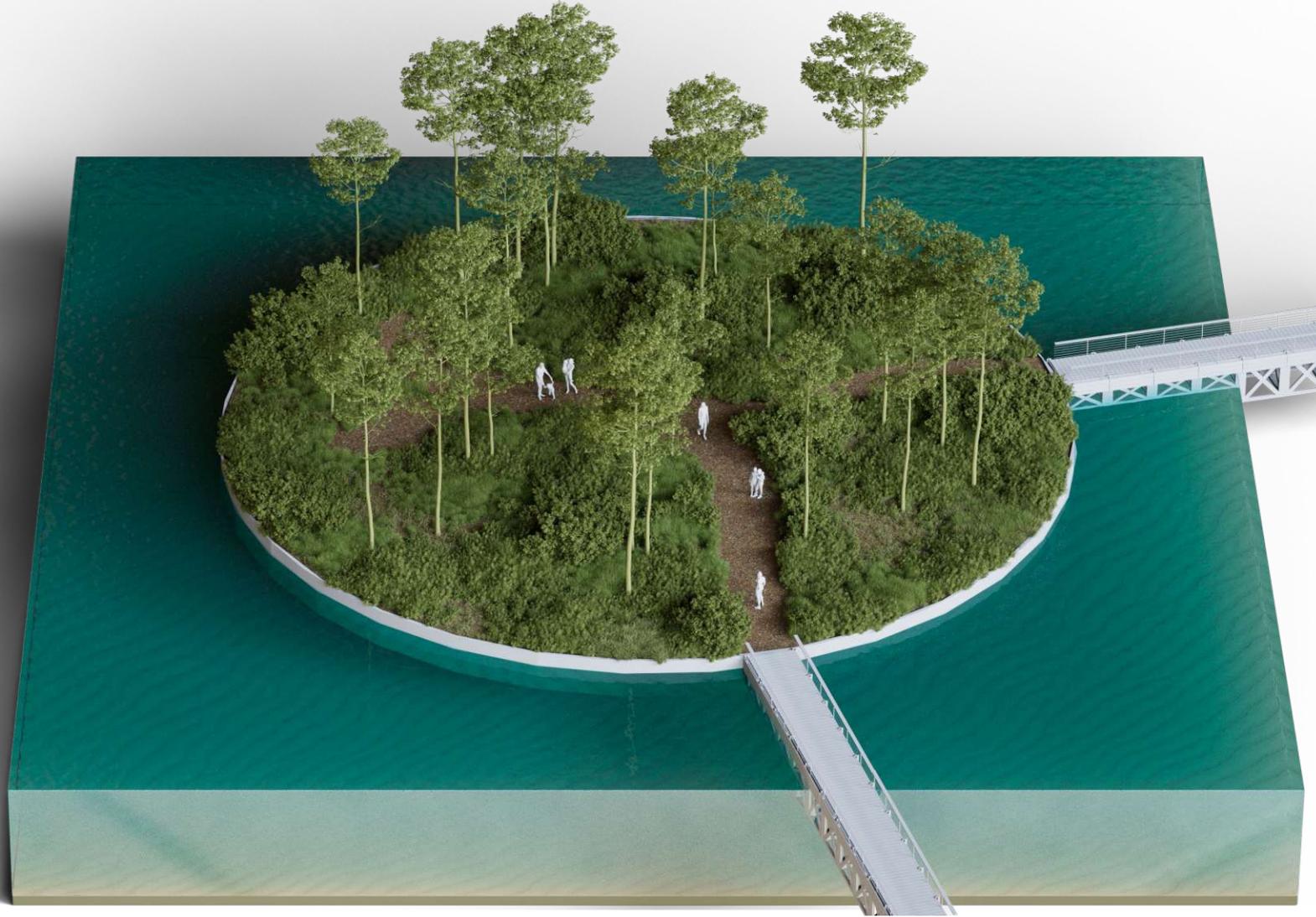


Abb.89. Schmatische Darstellung einer Umsetzungsmöglichkeit für Grün-Inseln (von J.C. Aurel)

13. ‚LIFE SAVER‘ IN EINER STÄDTEBAULICHEN PERSPEKTIVE

Grundsätzlich kann der Entwurf sowohl als ein alleine an einer Küste verortetes schwimmendes Gebäude gedacht werden, als auch im Kontext von Siedlungen. Langfristig kann angedacht werden, mittels der Module (siehe Kapitel 8) ganze Siedlungen bis hin zu Städten auf dem Wasser zu bauen. Wengleich die Planung einer ganzen Stadt auf dem Wasser den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, sollen dennoch im Folgenden ein paar Überlegungen diesbezüglich festgehalten werden.

13.1 BEISPIELE FÜR STAFFELUNGEN

Wenn es um die Staffelung der fünf eingeführten Module (siehe Kapitel 8) geht, ist zunächst festzuhalten, dass es Bereiche gibt, wo geschwommen wird, wo Fußgänger*innen, wo Radwege und wo (motorisierte) Boote bis hin zu Schiffen unterwegs sind. Diese Zonen sind alle voneinander getrennt, um die gegenseitige Sicherheit zu gewährleisten. Ein sich dahingehend anbietendes Beispiel der Staffelung wäre, dem Prinzip der Staffelung von Trauben an einer Rebe zu folgen – es gibt einen dicken Stamm, von dem immer kleinere Äste weggehen, bis am Ende die einzelne Traube hängt. Von jeder Traube führen Wege zum Stamm, der als Allegorie für die Hauptverkehrswege mit Booten und Schiffen zu verstehen ist. Die einzelnen Trauben stehen für Gebäude-Module und der Vorteil dabei ist, dass die unterschiedlichen Bereiche von Hauptverkehrsadern bis hin zu verkehrsberuhigten Wohnbereichen voneinander klar abgegrenzt sind, aber dennoch die Mobilität gewährleistet ist.

An dieser Stelle wäre es natürlich interessant, noch weitere städtebauliche Möglichkeiten der Anordnung der einzelnen Module zu bedenken, die über die soeben skizzierte Trauben-Staffelung hinausgehen. Grundsätzlich bietet die „Baufläche“ des Wassers umfassende Freiheiten für das Wachstum von Städten, und um diesem Freiheits-Potenzial näher zu kommen, bietet sich der Einbezug eines Algorithmus an. Einen solchen Algorithmus habe ich erstellt, der es erlaubt, das gegebene Freiheits-Potenzial auszuschöpfen (Siehe S. 72-75).

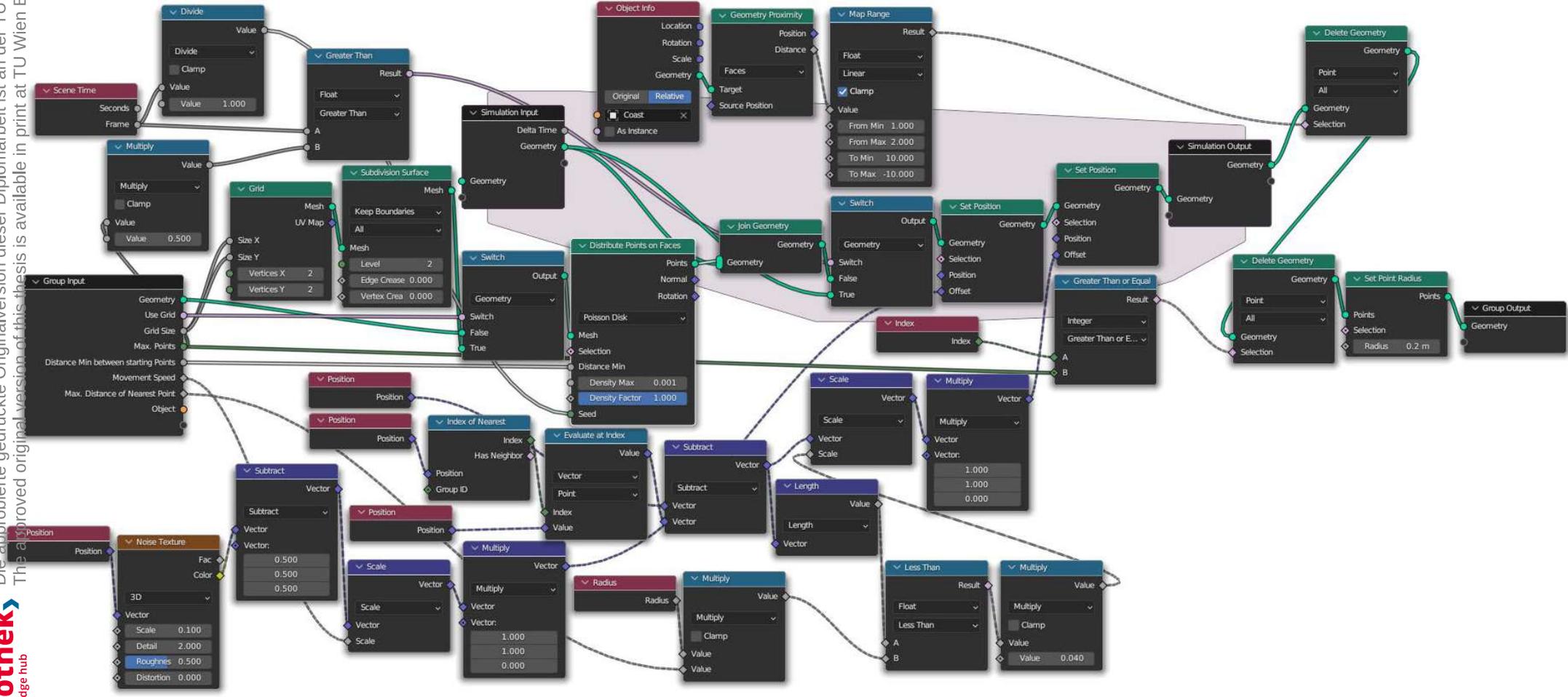
13.2 URBANES LEBEN AUF DEM WASSER ALGORITHMISCH GEDACHT

Besonders spannend bei der Entwicklung von Städten auf dem Wasser ist, dass sie auf einmal neu geplant werden können und nicht an einen Bestand anknüpfen müssen (Reicher & Söfker-Rieniets, 2022). Das ermöglicht den Stadtplaner*innen einen einzigartigen Freiraum und öffnet die Türen für innovative Ideen. Bei bestehenden Städten ist es durchaus komplexer, sie an den Klimawandel anzupassen. Wenn jedoch neue Städte auf dem Wasser gebaut werden, können diese Anpassungen direkt in die Strategien der Stadtplanung einfließen, und nachhaltigere, klimaschützende sowie widerstandsfähige Städte können entstehen (Süßbauer, 2016). Natürlich müsste das urbane Zusammenleben auf dem Wasser anders gedacht werden als das traditionelle städtische Zusammenleben auf dem Land. Fragen hinsichtlich der Infrastruktur müssten von Grund auf neu thematisiert werden.

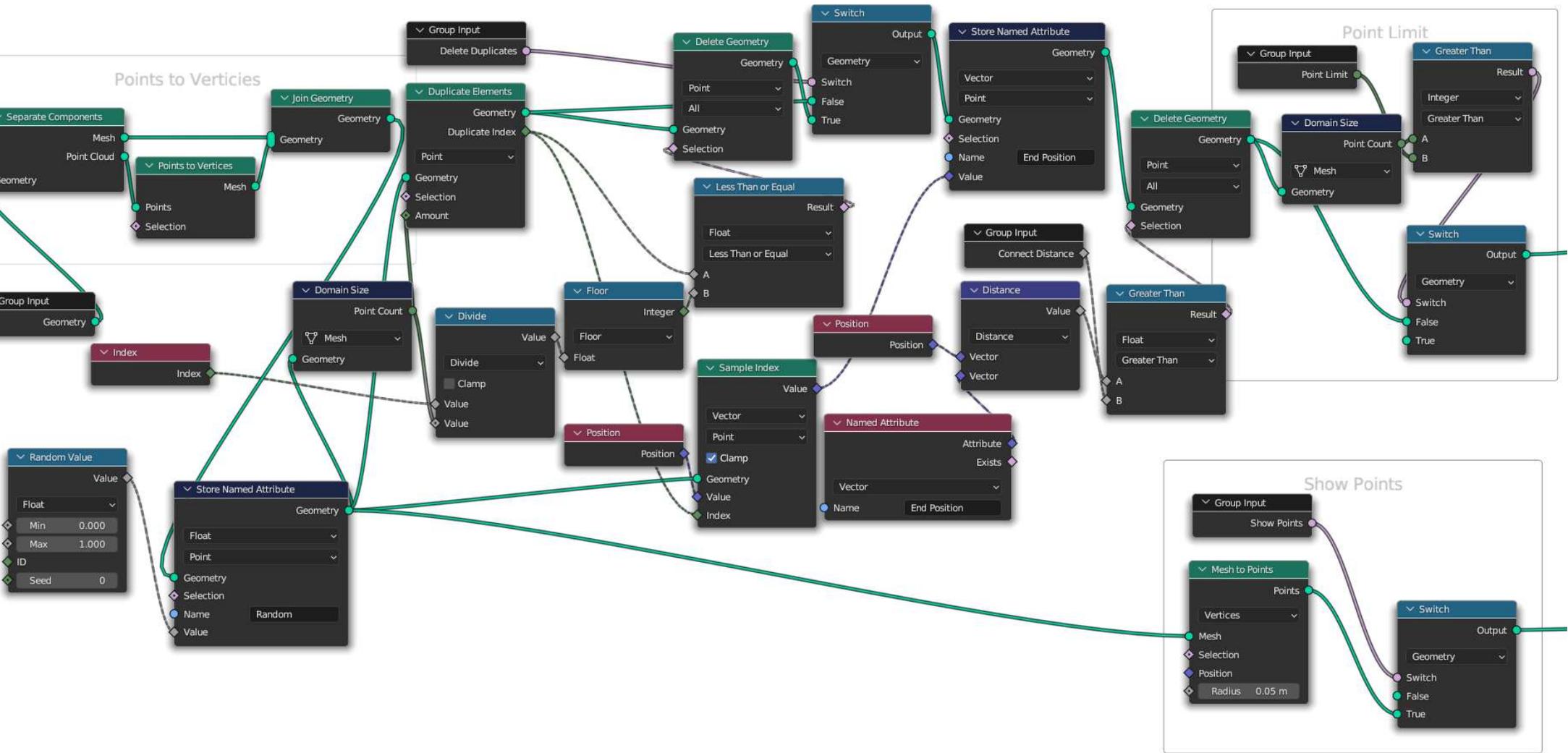
Auf jeden Fall würde es sich anbieten, auf dem Wasser Formen von Bezirken zu bilden, in denen das urbane Zusammenleben in sich geschlossen funktioniert. Von diesen Bezirken würden dann mehrere zusammen geschaltet werden und insgesamt eine Stadt auf dem Wasser ergeben. Der Vorteil des Prinzips der Bezirke wäre, dass die Bewohner*innen das Notwendige für das alltägliche Leben in unmittelbarer Nähe hätten und damit keine großen Distanzen täglich zurückgelegt werden müssten. Zudem würde durch die gemeinsame Nutzung bestimmter Ressourcen die Nachhaltigkeit steigen. Auf jeden Fall bietet das Wasser ausreichend Fläche, um innovatives, nachhaltiges, urbanes Zusammenleben zu ermöglichen.

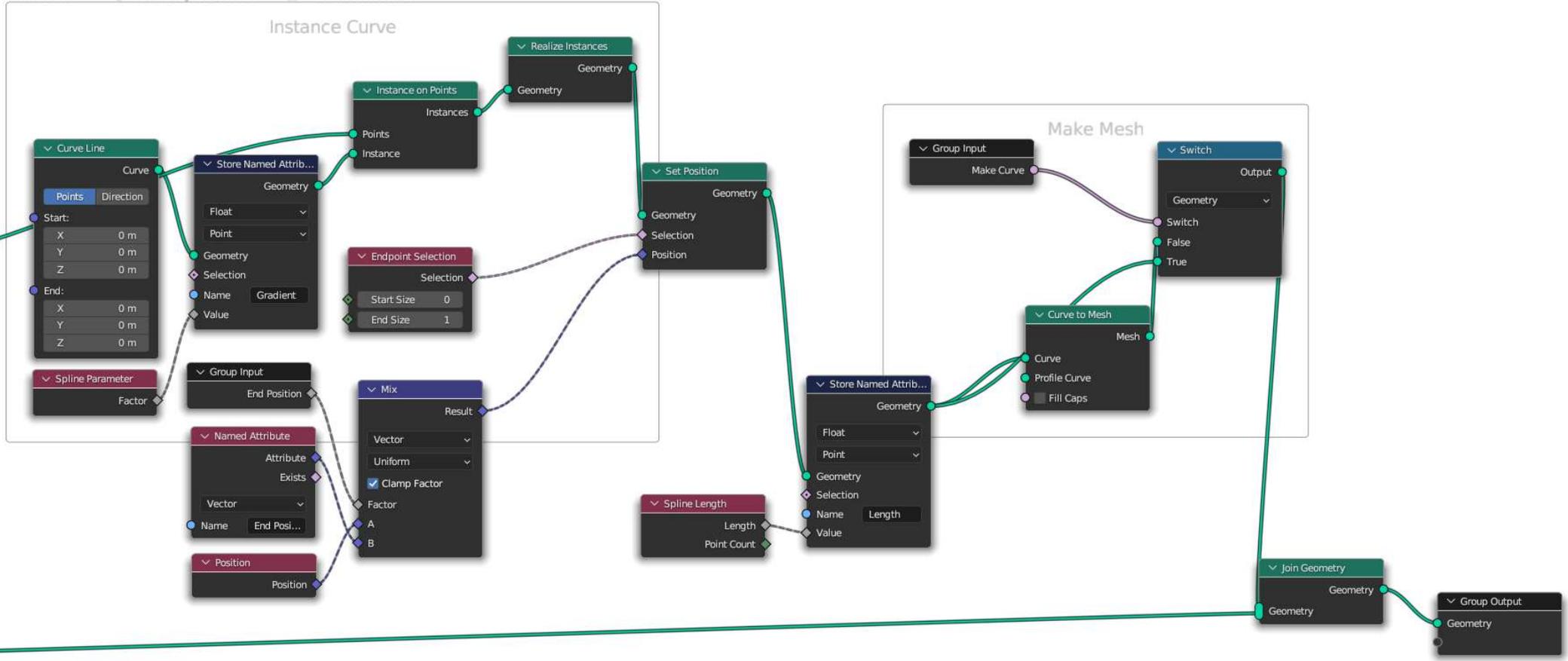
Im Zusammenhang meiner Überlegungen zu einer städtebaulichen Konzeption meines Entwurfs habe ich einen Algorithmus mit dem Programm ‚Blender‘ generiert, auf den ich im Folgenden näher eingehen werde. Bei städtebaulichen Überlegungen zu meinem Entwurf ist zu bedenken, dass sich die einzelnen Module auf dem Wasser bewegen können und Standortveränderungen praktisch umsetzbar sind. Das heißt, im Verlauf der Zeit werden beispielsweise in der Nähe eines Küstenabschnitts immer mehr Module angesiedelt, und die Besitzer*innen der jeweiligen Module können sich aussuchen, wo auf dem Wasser sie verortet sein wollen. Es werden ebenso Gemeinschaften gebildet, Nachbar*innen gewählt und Freundschaften geknüpft, wie auch andere feststellen, lieber abseits von Ansammlungen zu wohnen, oder wieder andere suchen die Nähe zu bestimmten Infrastrukturen wie Schulen. Zentral dabei ist, dass die Wünsche, wo Besitzende wohnen möchten, sich verändern können und gleichzeitig simpel realisiert werden können. Folglich ist davon auszugehen, dass es Bewegungen in der Stadt auf dem Wasser gibt. Es stellt sich somit die Frage, welche Bewegungen in einer Stadt auf dem Wasser gegeben sind und wie sich dies im Laufe der Zeit verändert? Genau bei dieser Frage setzt mein Algorithmus an, da er ermöglicht, zu simulieren, wie sich über längere Zeitspannen die Anordnung der Module auf dem Wasser verändert und welchen komplexen Dynamiken die Bildung von Wasserwelten folgt. Mit Hilfe des Algorithmus kann folglich simuliert werden, welche komplexen Dynamiken bei der Entstehung von Lebensraum auf dem Wasser gegeben sind und welche Gestalt dieser haben könnte.

Auf den folgenden Seiten ist der Algorithmus für die Simulation abgebildet, sodass dort im Detail nachgesehen werden kann, wie er funktioniert. Im Groben formuliert beinhaltet der Algorithmus, dass von einer Fläche ausgegangen wird, auf der eine bestimmte Gebäudeanzahl sowie ein Küstenabschnitt eingefügt werden, auf den der Algorithmus in weiterer Folge bei der Positionierung der einzelnen Gebäude reagiert. Diese Gebäude bewegen sich mit dem Faktor Zeit unter Einbezug von vorab definierten Regeln des Anziehens sowie des Abstoßens zufällig auf der Fläche. Beispiele der algorithmischen Simulation sind auf den Seiten 76 bis 79 zu sehen. Anhand dieser Beispiele wird ersichtlich, welche Gestalt Städte auf dem Wasser annehmen könnten.



Points to Vertices





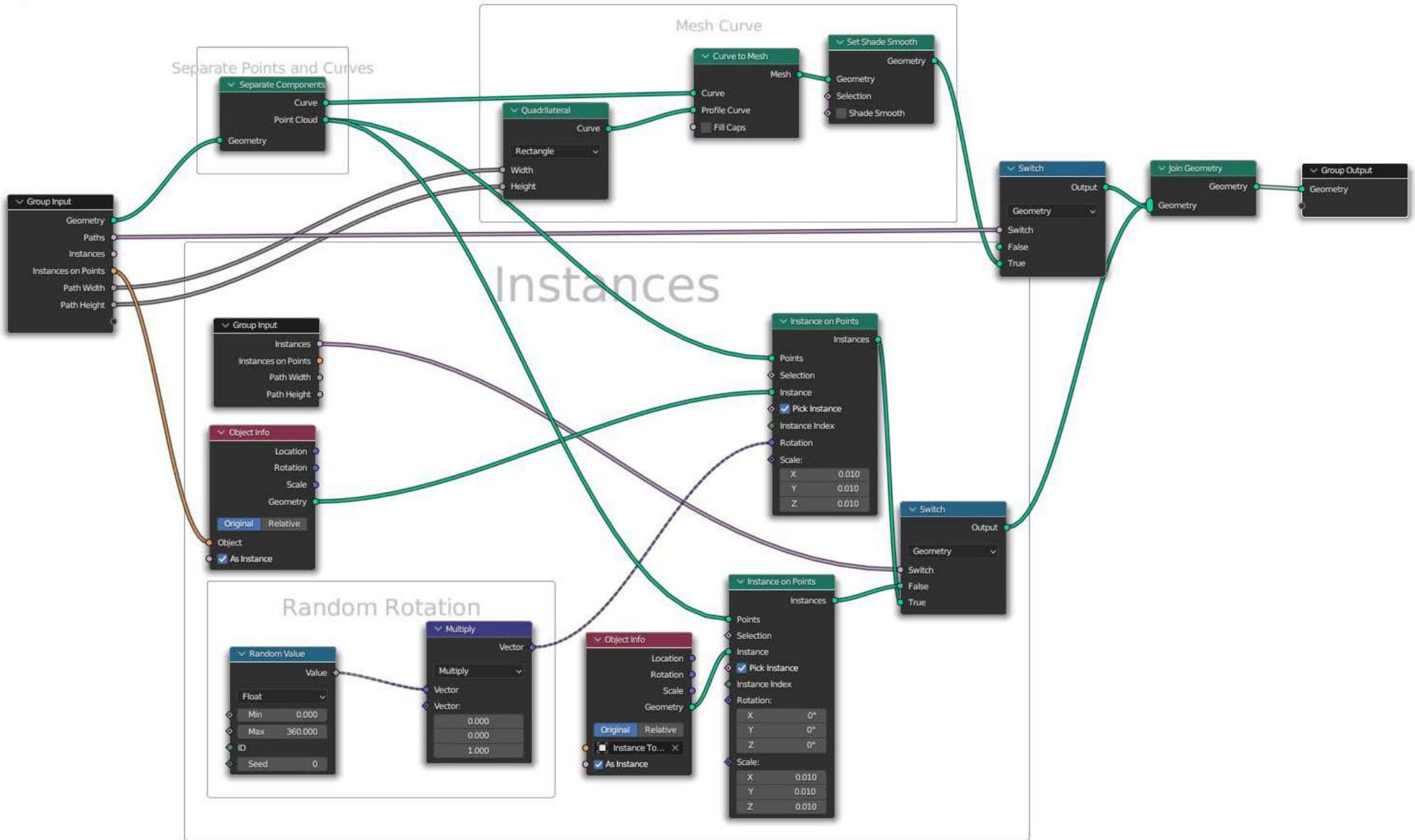
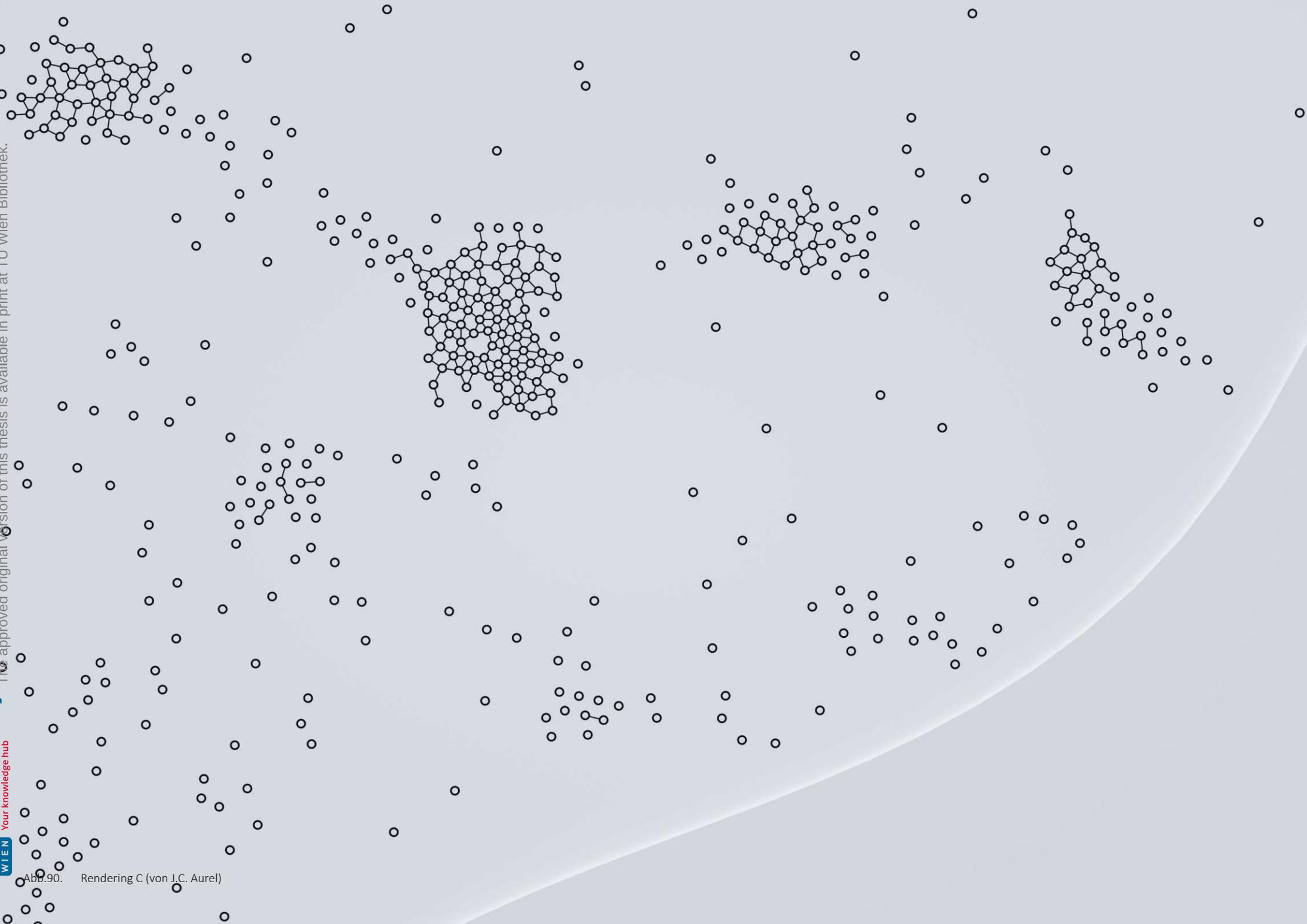


Abb. 90. Rendering C (von J.C. Aurel)



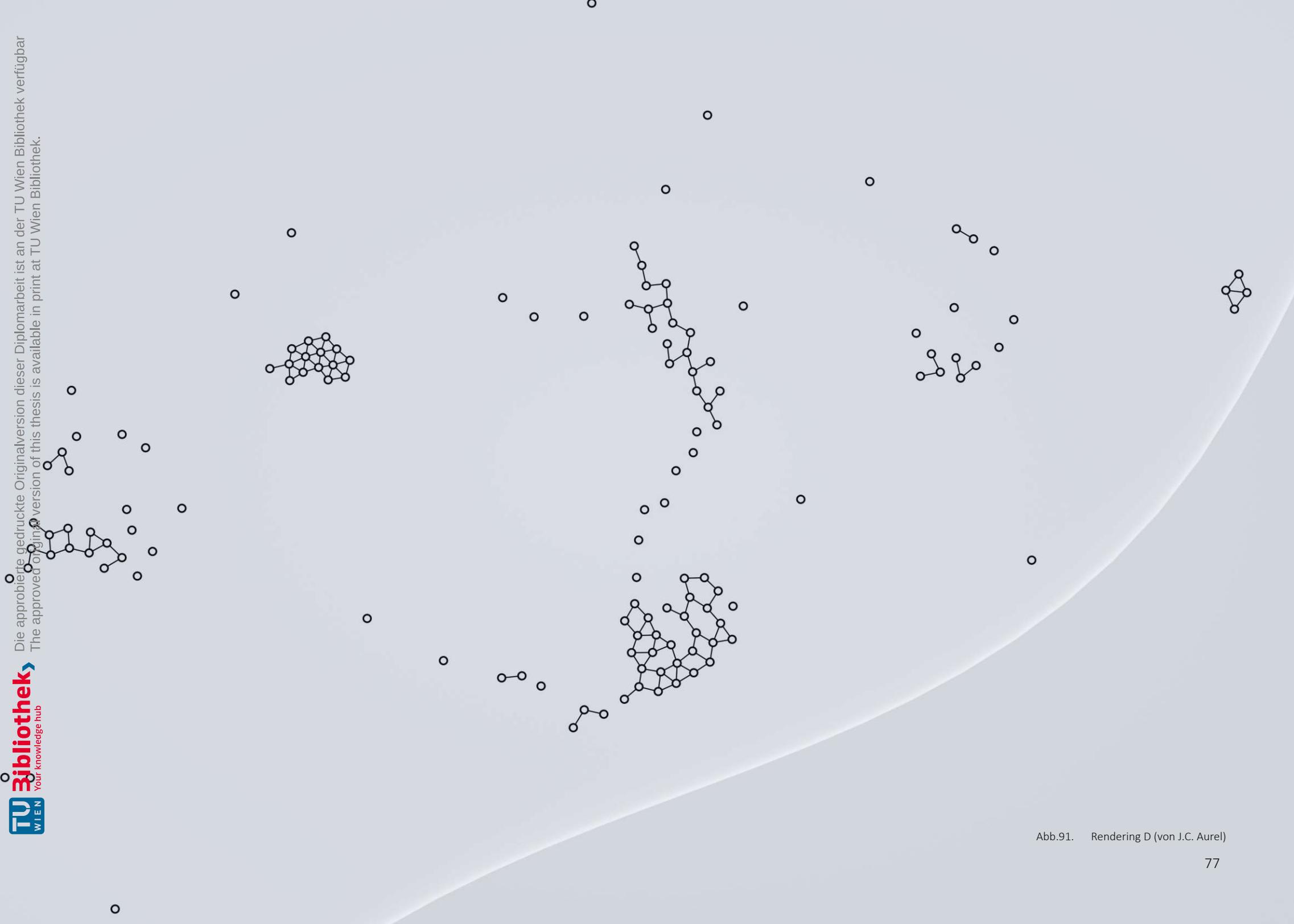


Abb.91. Rendering D (von J.C. Aurel)

Abb.92. Rendering E (von J.C. Aurel)

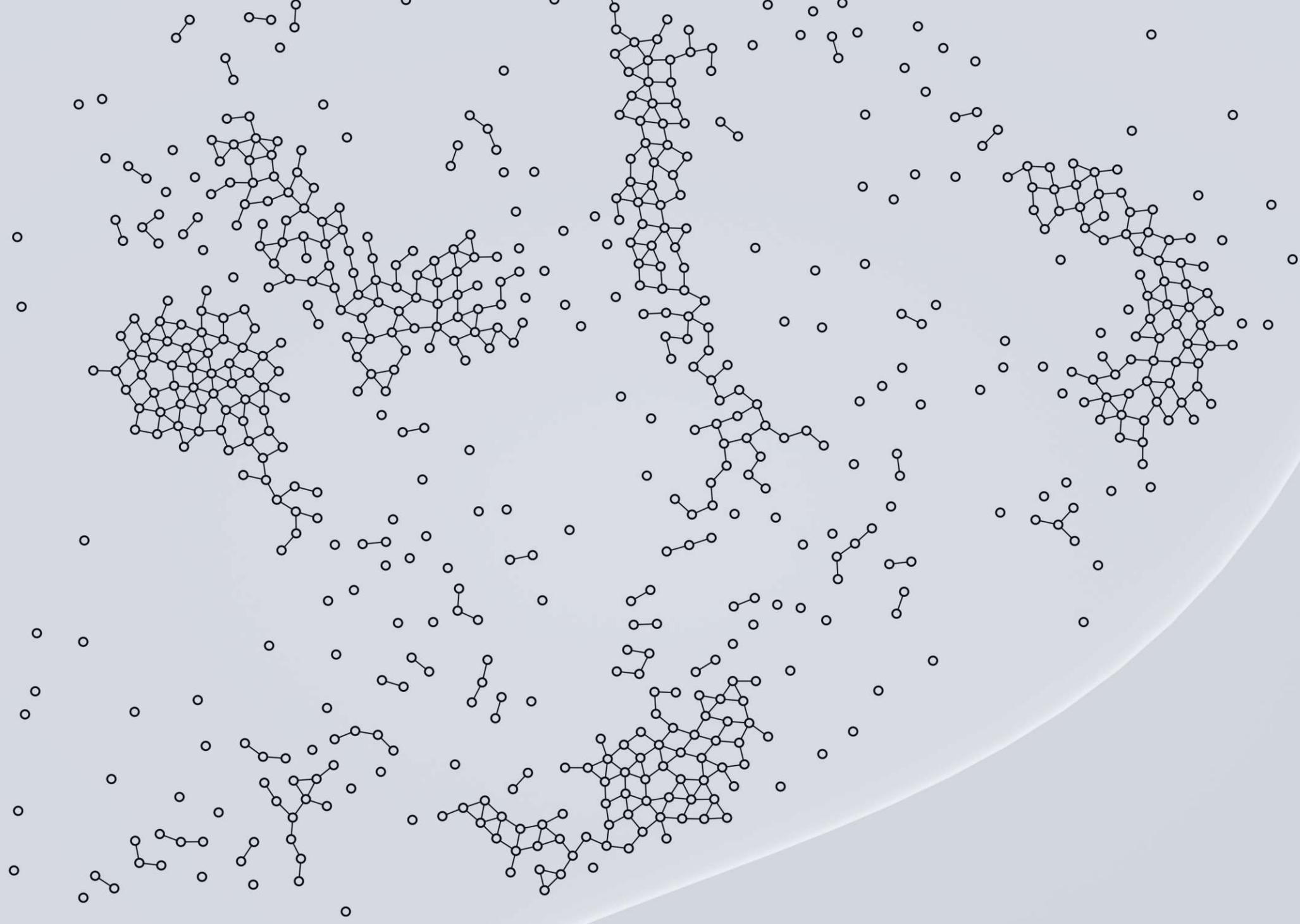




Abb.93. Rendering F (von J.C. Aurel)

14. ZUSAMMENFASSENDER BEWERTUNG

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist ausschließlich über die TU Wien Bibliothek erhältlich.
The approved original version of this thesis is available in print only through the TU Wien Library.



Abb.94. Rendering G (von J.C. Aurel)

Die aktuelle Version ist ein Entwurf, der für die Präsentation der Ideen und Konzepte erstellt wurde. Die endgültige Version wird nach der Genehmigung durch die zuständigen Behörden erstellt.



Abb. 45 – Bändering H (von J. S. Aurel)



Unauthenticated download of this document is not permitted. This is an approved original version of this thesis is available in print at TU-Wien Bibliothek.



Abb. 96. Rendering I (von J.C. Aurel)

Das Bild ist ein Originalwerk des Künstlers Diakonidis, das in der TU Wien Bibliothek verfügbar ist. Die Rechte an diesem Werk sind bei Diakonidis, 1150 Wien, Austria, zu finden.



Abb.97. Rendering J (von J.C. Aurel)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Abb.99. Rendering L (von J.C. Aurel)





Abb.100. Rendering M (von J.C. Aurel)



Die abgebildete gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien als Bibliothek zur Verfügung gestellt.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien's library.

Die approbierte gedruckte Online-Version dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Abb.102. Rendering 0 (von J.C. Aurel)

15. SCHLUSSBEMERKUNG & AUSBLICK



Abb.103. Rendering P (von J.C. Aurel)

In dieser Arbeit wurde das Problem aufgegriffen, dass als Folge des Klimawandels der Meeresspiegel weltweit ansteigt, wodurch zahlreiche Küstenregionen gefährdet sind. Diesem Problem wurde mit dem Lösungsansatz begegnet, ein Gebäude zu entwerfen, das auf dem Wasser in Küstenregionen positioniert werden kann. Auf diesem Weg wird dem Platzmangel an Land begegnet und ein Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels im Kontext von Architektur vorgeschlagen. Vor diesem Hintergrund wurde der Entwurf „Life Saver“ erarbeitet, der ein kreisförmiges, schwimmendes Gebäude umfasst. Das Gebäude hat ein schwimmendes Stahlbeton-Fundament, eine Holzkonstruktion aus Lärchen-Holz, große Fensterflächen an der Fassade und flexible Grundrisse. Das Gebäude wird umfassend begrünt, hat auf dem Dach für die Energiegewinnung Photovoltaikanlagen und kann um einen grünen, schwimmenden

Innenhof erweitert werden. Generell wurde bei der Materialauswahl auf nachhaltige und gleichzeitig im Kontext des Wassers langlebige Materialien geachtet. Der Entwurf inkludiert modulare Prinzipien, sodass durch die diversen Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Module eine große Vielfalt etabliert werden kann. Insgesamt vermitteln die zuvor angeführten Renderings einen lebhaften Eindruck davon, wie das Leben auf dem Wasser in diesem entworfenen Gebäude aussehen könnte und zudem werden die vielfältigen Optionen der Staffelung mehrerer Module untersetzt mit einem Algorithmus angedacht. Alles im Allem erscheint der gewählte Zugang geeignet zu sein, um für Wohn-Pionier*innen eine traumhafte Umgebung zum Wohnen auf dem Wasser zu schaffen und verlockt dazu, diese ‚Wasserwelten‘ künftig in die Realität umzusetzen.

Der Entwurf stellt eine erste Vision dahingehend dar, wie künftig Wohnraum gedacht werden könnte und lädt dazu ein, diese Vision auch größer zu denken und Ideen sprudeln zu lassen. Mit der Ausgangsbasis des Entwurfs „Life Saver“ könnte beispielweise utopisch angedacht werden, Städtebau als Brücke zu verwenden, indem am Ufer gelegene Städte nahtlos mit dem Wasser verschmelzen. Ebenso wären natürlich mehrgeschossige Umsetzungen meines Entwurfes „Life Saver“ anzudenken, bei dem damit eine höhere Verdichtung möglich wäre. Als Ausblick könnte die gesamte städtebauliche Infrastruktur auch auf dem Wasser verortet werden. Es wird somit deutlich, dem Ideenspielraum sind keine Grenzen gesetzt. Dennoch ist als Ausblick auch festzuhalten, dass das Bauen auf dem Wasser noch Neuland ist und damit verschiedenste Aspekte noch in einer Phase des Experimentierens erprobt werden müssen. Beispielsweise sind noch zahlreiche

rechtliche Belange zu klären, da sich die Küstenlinien immer wieder verschieben und es keine Baugrundstücke in dem Sinne mehr gibt (Blitza, 2019). Bisher wurden kaum Regelungen für Bauvorschriften gefunden und es gibt noch einiges Auszuprobieren hinsichtlich potentieller Materialien und Optionen für Konstruktionen. Dennoch ist die Überlegung, auf dem Wasser zu Bauen angesichts des Klimawandels ein erster Schritt in die richtige Richtung. Städte wie Rotterdam oder Hamburg untermauern das wachsende Interesse daran, den die Wasserfläche für Gebäude nutzbar zu machen und zeigen bereits erste Beispiele, wie das auch konkret aussehen kann. Abschließend ist zu sagen, dass es in den kommenden Jahren wahrscheinlich zahlreiche weitere Projekte geben wird, die diesen Zugang einschlagen, sodass mit Interesse die neuen Entwicklungen in diesem Kontext zu verfolgen sind.



Abb.104. Rendering Q. (von J.C. Aurel)

ANHANG

16. VERZEICHNISSE

16.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<p>Abb.1. Rendering A (von J. C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 7</p>	<p>Abb.9. Meeresspiegelanstieg in Südamerika Online unter: https://i.natgeofe.com/n/1d950579-3ce4-4dd4-bf81-fd0a75df1254/03-ice-melt-africa.jpg?w=1536&h=1152 [Zugriff am 04.04.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] a 16</p>	<p>Abb.17. Foto 3 Floating Houses in Amsterdam (Architektenbureau Marlis Rohmer). Online Unter: https://dornob.com/75-PREFAB-FLOATING-HOMES-FORM-A-HOUSEBOAT-TOWN-IN-HOLLAND/ [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 20</p>
<p>Abb.2. Rendering B (von J. C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 8</p>	<p>Abb.11. Meeresspiegelanstieg in Europa Online unter: https://i.natgeofe.com/n/e8718956-739d-46d0-95c9-a6989e16b45f/04-ice-melt-europe.jpg?w=1536&h=1152 [Zugriff am 04.04.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 16</p>	<p>Abb.16. Foto 2 Floating Houses in Amsterdam (Architektenbureau Marlis Rohmer). Online unter: https://www.archilovers.com/projects/140410/floating-houses-ijburg-gallery?1137245 [Zugriff am 04.04.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 20</p>
<p>Abb.5. Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen (Ritchie et al., 2020). [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 13</p>	<p>Abb.10. Meeresspiegelanstieg in Afrika Online unter: https://i.natgeofe.com/n/1d950579-3ce4-4dd4-bf81-fd0a75df1254/03-ice-melt-africa.jpg?w=1536&h=1152 [Zugriff am 04.04.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 16</p>	<p>Abb.18. Foto 4 Floating Houses in Amsterdam (Architektenbureau Marlis Rohmer). Online Unter: https://dornob.com/75-PREFAB-FLOATING-HOMES-FORM-A-HOUSEBOAT-TOWN-IN-HOLLAND/ [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 20</p>
<p>Abb.7. Anstieg der CO2 Emissionen nach Regionen unterteilt (Ritchie et al., 2020). [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 13</p>	<p>Abb.12. Meeresspiegelanstieg in Asien Online unter: https://i.natgeofe.com/n/ba284f5b-ed26-4c5a-b134-f01d34867e57/05-ice-melt-asia.jpg?w=1536&h=1152 [Zugriff am 04.04.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 16</p>	<p>Abb.19. Rendering Soul Floating Islands (Haeahn Architecture + H Architecture). Online unter: https://www.archdaily.com/252931/seoul-floating-islands-haeahn-architecture-h-architecture/4ffaf0ee28ba0d4643000082-seoul-floating-islands-haeahn-architecture-h-architecture-image?next_project=no [Zugriff am 10.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 21</p>
<p>Abb.4. Grafik zu den weltweiten Temperaturabweichungen (1880-2020)). Online unter: https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a013700/a013799/global_gis_2020_chart.png [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 13</p>	<p>Abb.13. Meeresspiegelanstieg in Australien Online unter: https://i.natgeofe.com/n/3f86dccc-7438-40f4-acde-9fb2e10bb57d/06-ice-melt-australia.jpg?w=1536&h=1152 [Zugriff am 04.04.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 17</p>	<p>Abb.20. Foto 1 Soul Floating Islands (Haeahn Architecture + H Architecture). Online unter: https://www.archdaily.com/252931/seoul-floating-islands-haeahn-architecture-h-architecture/4ffaf0f328ba0d4643000082-seoul-floating-islands-haeahn-architecture-h-architecture-image?next_project=no [Zugriff am 10.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 21</p>
<p>Abb.6. Prognose der weltweiten Temperaturen 2100 Online unter: https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a013700/a013799/2020Loyalton_Fire.jpg [Zugriff am 02.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 13</p>	<p>Abb.14. Meeresspiegelanstieg in Antarktis Online unter: https://i.natgeofe.com/n/b42e8cea-e5c6-4c9c-bde7-f069dd313474/07-ice-melt-antarctica.jpg?w=1536&h=1152 [Zugriff am 04.04.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 17</p>	
<p>Abb.3. Großbrand Online unter: https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a013700/a013799/2020Loyalton_Fire.jpg [Zugriff am 02.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 13</p>	<p>Abb.15. Foto 1 Floating Houses in Amsterdam (Architektenbureau Marlis Rohmer). Online Unter: https://dornob.com/75-PREFAB-FLOATING-HOMES-FORM-A-HOUSEBOAT-TOWN-IN-HOLLAND/ [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 20</p>	
<p>Abb.8. Meeresspiegelanstieg in Nordamerika Online unter: https://i.natgeofe.com/n/83eaa691-8d46-4d39-b89f-638e38813328/01-ice-melt-north-america.jpg?w=2160&h=1620 [Zugriff am 04.04.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 15</p>		

Abb.22.
Foto 3 | Soul Floating Islands
(Haeahn Architecture + H Architecture). Online unter: https://www.archdaily.com/252931/seoul-floating-islands-haeahn-architecture-h-architecture/4ffaf0eb28ba0d464300007f-seoul-floating-islands-haeahn-architecture-h-architecture-image?next_project=no [Zugriff am 10.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 21

Abb.21.
Foto 2 | Soul Floating Islands
(Haeahn Architecture + H Architecture). Online unter: https://www.archdaily.com/252931/seoul-floating-islands-haeahn-architecture-h-architecture/4ffaf0e828ba0d464300007e-seoul-floating-islands-haeahn-architecture-h-architecture-image?next_project=no [Zugriff am 10.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 21

Abb.23.
Foto 1 | Hausboot auf dem Eilbekkanal
(2010 erbaut | martinoff architekten PartGmbH). Online unter: <https://media2.heinze.de/m1/08/12560108/images/09/12561909px960x639.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 22

Abb.25.
Foto 3 | Hausboot auf dem Eilbekkanal
(2010 erbaut | martinoff architekten PartGmbH). Online unter: <https://media2.heinze.de/m1/08/12560108/images/01/12564101px960x639.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 22

Abb.24.
Foto 2 | Hausboot auf dem Eilbekkanal
(2010 erbaut | martinoff architekten PartGmbH). Online unter: <https://media1.heinze.de/m1/08/12560108/images/99/12564099px960x639.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 22

Abb.26.
Foto 4 | Hausboot auf dem Eilbekkanal
(2010 erbaut | martinoff architekten PartGmbH). Online unter: <https://media1.heinze.de/m1/08/12560108/images/05/12564105px1217x1000.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 22

Abb.27.
Foto 1 | IBA-Dock im Sprehafen
Han Slawik Architekt (Bartsch, 2013). Online unter: <https://media2.heinze.de/m1/99/11520899/images/37/12504537px960x638.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 23

Abb.29.
Foto 3 | IBA-Dock im Sprehafen
Han Slawik Architekt (Bartsch, 2013). Online unter: <https://media1.heinze.de/m1/99/11520899/images/07/11520907px960x638.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 23

Abb.28.
Foto 2 | IBA-Dock im Sprehafen
Han Slawik Architekt (Bartsch, 2013). Online unter: <https://media1.heinze.de/m1/99/11520899/images/06/11520906px960x653.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 23

Abb.30.
Foto 4 | IBA-Dock im Sprehafen
Han Slawik Architekt (Bartsch, 2013). Online unter: <https://media4.heinze.de/m1/99/11520899/images/08/11520908px960x638.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 23

Abb.31.
Foto 1 | Guertin Boatport in Ontario
Kanada (5468796 Architecture). Online unter: <https://architizer.com/projects/guertin-boatport/> [Zugriff am 02.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 24

Abb.33.
Foto 3 | Guertin Boatport in Ontario
Kanada (5468796 Architecture). Online unter: <https://architizer.com/projects/guertin-boatport/> [Zugriff am 02.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 24

Abb.32.
Foto 2 | Guertin Boatport in Ontario
Kanada (5468796 Architecture). Online unter: <https://architizer.com/projects/guertin-boatport/> [Zugriff am 02.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 24

Abb.34.
Foto 4 | Guertin Boatport in Ontario
Kanada (5468796 Architecture). Online unter: <https://architizer.com/projects/guertin-boatport/> [Zugriff am 02.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 24

Abb.35.
Foto 1 | Floating Pavillion im Rotterdamer Rheinhafen
gebaut 2009/10 – abgebaut 2015 | DeltaSync & PublicDomain Architects (Bartsch, 2013). Online unter: <https://www.insideflows.org/wp-content/uploads/Rotterdam-Bubbles-Floating-Pavilion-1.jpeg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 25

Abb.37.
Foto 3 | Floating Pavillion im Rotterdamer Rheinhafen
gebaut 2009/10 – abgebaut 2015 | DeltaSync & PublicDomain Architects (Bartsch, 2013). Online unter: https://www.insideflows.org/wp-content/uploads/12511936_10153984391666454_1873381928_n.jpg [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 25

Abb.38.
Foto 4 | Floating Pavillion im Rotterdamer Rheinhafen
gebaut 2009/10 – abgebaut 2015 | DeltaSync & PublicDomain Architects (Bartsch, 2013). Online unter: <https://www.insideflows.org/wp-content/uploads/Vergaderen-en-events-138676615160.jpg> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 25

Abb.36.
Foto 2 | Floating Pavillion im Rotterdamer Rheinhafen
gebaut 2009/10 – abgebaut 2015 | DeltaSync & PublicDomain Architects (Bartsch, 2013). Online unter: https://www.insideflows.org/wp-content/uploads/12516521_10153984391771454_1471704564_n.jpg [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 25

Abb.39.
Foto 1 | Aalborg Havnebad
Dänemark (JWH arkitekter). Online unter: <https://usercontent.one/wp/www.jwh.dk/wp-content/uploads/2021/09/L1080254-A-min-scaled.jpg> [Zugriff am 12.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 26

Abb.40.
Plan | Aalborg Havnebad
Dänemark (JWH arkitekter). Online unter: <https://usercontent.one/wp/www.jwh.dk/wp-content/uploads/2021/09/2014.05.15-Aalborg-Havnebad-plan-min.jpg> [Zugriff am 12.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 26

Abb.41.
Foto 2 | Aalborg Havnebad
Dänemark (JWH arkitekter). Online unter: <https://usercontent.one/wp/www.jwh.dk/wp-content/uploads/2021/09/aalborg-havnebad-1-F-min-scaled.jpg> [Zugriff am 12.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 26

Abb.42.
Foto 4 | Aalborg Havnebad
Dänemark (JWH arkitekter). Online unter: <https://usercontent.one/wp/www.jwh.dk/wp-content/uploads/2021/09/L1080285-H-min-scaled.jpg> [Zugriff am 12.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 26

Abb.43.
Foto 1 | Floating Office Rotterdam
Powerhouse Company. Online unter: https://www.archdaily.com/957325/the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building/60301d46f91c818457000248-the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building-image?next_project=no [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 27

Abb.45.
Foto 3 | Floating Office Rotterdam
Powerhouse Company. Online unter: https://www.archdaily.com/957325/the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building/60301ffc91c818457000249-the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building-photo?next_project=no [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 27

Abb.44.
Foto 2 | Floating Office Rotterdam
Powerhouse Company. Online unter: <https://www.baunetz-architekten.de/powerhouse-company/7291572/projekt/7872460#&gid=1&pid=10> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 27

Abb.46.
Foto 4 | Floating Office Rotterdam
Powerhouse Company. Online unter: https://www.archdaily.com/957325/the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building/603025f0f91c818457000256-the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building-photo?next_project=no [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 27

Abb.47.
Foto 5 | Floating Office Rotterdam
Powerhouse Company. Online unter: https://www.archdaily.com/957325/the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building/603023fef91c81fdce0002ae-the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building-photo?next_project=no [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 28

Abb.49.
Foto 7 | Floating Office Rotterdam
Powerhouse Company. Online unter: https://www.archdaily.com/957325/the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building/603024f5f91c81fdce0002b0-the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building-photo?next_project=no [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 28

Abb.48.
Foto 6 | Floating Office Rotterdam
Powerhouse Company. Online unter: https://www.archdaily.com/957325/the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building/603026b7f91c81fdce0002b6-the-challenges-of-designing-a-reusable-floating-wooden-building-photo?next_project=no [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 28

Abb.50.
Foto 8 | Floating Office Rotterdam
Powerhouse Company. Online unter: <https://www.baunetz-architekten.de/powerhouse-company/7291572/projekt/7872460> [Zugriff am 05.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 28

Abb.51.
Schematische Darstellung einer Beton-Block-Verankerung
Verankerung von Marshall Blecher & dem Architekturbüro Studio Fokstrot angewendet bei der Floating Island in Kopenhagen. Online unter: <https://inhabitat.com/this-hand-built-island-is-the-start-of-copenhagens-parkipelago-of-floating-public-spaces/cph-o1-by-marshall-blecher-and-magnus-maarbjaerg-6/> [Zugriff am 14.03.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 31

Abb.52.
Beispiel einer Photovoltaikanlage
(Gebäude in Darmstadt) (Weller et al., 2012, p. 99). [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 33

Abb.53.
Konstruktionsbeispiel A, Foto 1
Himitsujanai Kichi / Itsuki Matsumoto + Ehime Architecture and Design Office. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/5f92/92bb/63c0/17c8/9700/0011/slideshow/4.Shuhei_Miyahata_Setouchi_Editorial_Institute_.jpg?1603441329 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 37

Abb.54.
Konstruktionsbeispiel A, Foto 2
Himitsujanai Kichi / Itsuki Matsumoto + Ehime Architecture and Design Office. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/5f92/95fb/63c0/17c8/9700/0017/slideshow/13.Shuhei_Miyahata_Setouchi_Editorial_Institute_.jpg?1603442161 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 37

Abb.55.
Konstruktionsbeispiel A, Foto 3
Himitsujanai Kichi / Itsuki Matsumoto + Ehime Architecture and Design Office. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/5f92/90bd/63c0/175e/8200/0018/slideshow/1.photo_by_Hiroaki_Zenke.jpg?1603440792 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023] 37

Abb.56. Konstruktionsbeispiel B, Foto 1 Restaurant & Grocery Store in Monteiro Lobato / Metamoorfose Studio. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/608c/8001/5191/7901/64d9/610e/slideshow/restaurante-mirante-mlb-metamoorfose-studio-21.jpg?1619820564 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	37
Abb.57. Konstruktionsbeispiel B, Foto 2 Restaurant & Grocery Store in Monteiro Lobato / Metamoorfose Studio. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/608c/7ff4/5191/7901/64d9/6109/slideshow/restaurante-mirante-mlb-metamoorfose-studio-9.jpg?1619820551 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	37
Abb.58. Konstruktionsbeispiel B, Foto 3 Restaurant & Grocery Store in Monteiro Lobato / Metamoorfose Studio. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/608c/8009/5191/7901/64d9/6116/slideshow/restaurante-mirante-mlb-metamoorfose-studio-26.jpg?1619820572 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	37
Abb.59. Konstruktionsbeispiel C, Foto 1 Sayama Lakeside Cemetery Community Hall / Hiroshi Nakamura & NAP. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/5694/3e3f/e58e/cec2/8000/000e/slideshow/_95C1090_re.jpg?1452555822 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	37
Abb.60. Konstruktionsbeispiel C, Foto 2 Sayama Lakeside Cemetery Community Hall / Hiroshi Nakamura & NAP. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/5694/3da4/e58e/ce73/2500/0009/slideshow/_95C0883.jpg?1452555666 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	37
Abb.61. Konstruktionsbeispiel C, Foto 3 Sayama Lakeside Cemetery Community Hall / Hiroshi Nakamura & NAP. Online unter: https://images.adsttc.com/media/images/5694/3ee9/e58e/ce73/2500/0011/slideshow/_95C1417.jpg?1452555993 [Zugriff am 03.02.2023] [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	37
Abb.62. Perspektivische Konzeptdarstellung (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	39
Abb.63. Konzeptuelle Darstellung des Schwimmkörpers (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	40
Abb.64. Konzeptuelle Darstellung des Schwimmkörpers mit Zu- und Ableitungssystemen, sowie Wärmepumpe (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	41
Abb.65. Konzeptuelle Darstellung der innenliegenden, ringförmigen Haupteinschließung (von J. C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	42
Abb.66. Detaillierte Darstellung der multifunktionalen Sonneninsel (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	43
Abb.67. Konzeptuelle Darstellung des Basismoduls (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	44
Abb.68. Basismodul (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	45
Abb.69. Konzeptuelle Darstellung der gestaffelten Basismodule (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	47
Abb.70. Konzeptuelle Darstellung der Gartenmodule (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	48
Abb.71. Gartenmodul (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	49
Abb.72. Konzeptuelle Darstellung des Terrassen-Moduls (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	50
Abb.73. Terrassen-Modul (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	51
Abb.74. Konzeptuelle Darstellung des Erschließungs-Moduls (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	52
Abb.75. Erschließungs-Modul (von J. C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	53
Abb.76. Draufsicht (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	54
Abb.77. Ansicht (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	55

Abb.78. Nahaufnahme (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	56	Abb.87. Flächennachweis (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	66	Abb.96. Rendering I (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	83
Abb.79. 3D-Schnitt (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	58	Abb.88. Flächennachweis (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	67	Abb.97. Rendering J (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	84
Abb.80. 3D-Detail-Fassadenschnitt (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	59	Abb.89. Schmatische Darstellung einer Umsetzungsmöglichkeit für Grün- Inseln (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	69	Abb.98. Rendering K (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	85
Abb.81. Grundriss-Variante A (60m ²) und Grundriss-Variante B (90m ²)- Erdgeschoss (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	60	Abb.90. Rendering C (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	76	Abb.99. Rendering L (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	86
Abb.82. Grundriss-Variante A (60m ²) und Grundriss-Variante B (90m ²)- Solar-Dach/ Dachterrasse (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	61	Abb.91. Rendering D (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	77	Abb.100. Rendering M (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	87
Abb.83. Grundriss-Variante C (120m ²)- Erdgeschoss (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	62	Abb.92. Rendering E (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	78	Abb.101. Rendering N (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	88
Abb.84. Grundriss-Variante C (120m ²)- Dachterrasse (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	63	Abb.93. Rendering F (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	79	Abb.102. Rendering O (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	89
Abb.85. Grundriss-Variante D- Office (180m ²)- Erdgeschoss (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	64	Abb.94. Rendering G (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	81	Abb.103. Rendering P (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	91
Abb.86. Grundriss-Variante D- Office (180m ²)- Dachterrasse (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	65	Abb.95. Rendering H (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	82	Abb.104. Rendering Q (von J.C. Aurel) [Enthalten in J. C. Aurel, „Life Saver. Eine architektonische Lösung für den Klimawandel.“, 2023]	93

16.2 LITERATURVERZEICHNIS

Advantage Business Media. (2015). Designing Energy Self-Sufficient, Floating Homes. Product Design & Development.

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. (ASHRAE). (2017). Floating Homes Designed to Withstand Hurricanes. ASHRAE journal, 59, 8. Retrieved from link.gale.com/apps/doc/A525002215/AONE?u=43wien&sid=bookmark-AONE&xid=cc5081d6 [Zugriff am 04.02.2023]

Baker, L. (2015). Built on water: floating architecture + design (1. ed.). Salenstein: Braun.

Bartsch, P. (2013). Schwimmende Häuser in Rotterdam und Hamburg: Ansatz für zukunftsfähige Stadtentwicklung? Standort (Berlin, Germany), 37(2), 76-81. doi:10.1007/s00548-013-0265-1

Berger, M., & Worlitschek, J. (2019). The link between climate and thermal energy demand on national level: A case study on Switzerland. Energy and buildings, 202, 109372. doi:10.1016/j.enbuid.2019.109372

Blitza, E. (2019). Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf maritime Grenzen. Berlin Heidelberg: Springer.

Blöschl, G., & Österreichischer Wasser- und A. (2009). Hochwässer: Bemessung, Risikoanalyse und Vorhersage: ÖWAV-Seminar, Bundesamtsgebäude Wien, 26. Mai 2009. Wien: Inst. für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Techn. Univ. Wien.

Böhme, H., Zemanek, E., Lehmann, A. J., Bühler, B., Benson, E., Dümpelmann, S., . . . Hahn, D. (2019). Ökologie und die Künste (1st. ed.). Paderborn: Brill | Fink.

Boucsein, B. (2021). Städtebau und Klimawandel: It's the emergency, stupid! Oder: Wie begegnen wir der Krise? Informationen zur Raumentwicklung, 48(4), 62-67.

Braum, M., Schröder, T., Braum, M., & Schröder, T. (2010). Wie findet Freiraum Stadt? Fakten, Positionen, Beispiele. Basel/Berlin/Boston: Birkhäuser.

Buchert, M. (2022). Landschaftlichkeit als Architekturidee. Berlin: JOVIS Verlag GmbH.

Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (2019). DPG erneuert Warnung vor den gravierenden Folgen durch den menschengemachten Klimawandel [Press release]. Retrieved from <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/aktuell/2019/dpg-erneuert-warnung-vor-den-gravierenden-folgen-durch-den-menschengemachten-klimawandel> [Zugriff am 05.04.2023]

Deutsches Klima-Konsortium (DKK). (2022). WAS WIR HEUTE ÜBERS KLIMA WISSEN - Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft unumstritten sind: klimafakten.de.

Deutsches Zentralinstitut für soziale Fragen/DZI. (2019). Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Luftqualität in Innenräumen: Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene (IRK) am Umweltbundesamt. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz, 62(2), 234. doi:10.1007/s00103-018-2870-4

Ehrenberg-Silies, S. (2020). Innovationen zum Umgang mit dem Meeresspiegelanstieg. Retrieved from <https://search.datacite.org/works/10.5445/ir/1000133944> [Zugriff am 04.04.2023]

Feldhoff, T., & Schneider, H. (2022). Georessourcen: Transformationen, Konflikte, Kooperationen (1st 2022 ed.). Berlin Heidelberg: Springer.

Frey, O., & Koch, F. (2011). Die Zukunft der Europäischen Stadt: Stadtpolitik, Stadtplanung und Stadtgesellschaft im Wandel. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien.

Fricke, T. (2020). Kapitalismus neu denken in Zeiten des Klimawandels. Forschungsjournal soziale Bewegungen, 33(1), 243-249. doi:10.1515/fjsb-2020-0019

Geller, G., & Glücklich, D. (2014). Zukunftsfähige Siedlungsökosysteme: Planen, Umsetzen und Betreiben Ein Anwenderhandbuch (1st. ed.). Berlin, Heidelberg: Springer.

Gewässerkunde, B. f. (2022). Aktualisierung der Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 66(6), 311.

Gravert, A., & Wiechmann, T. (2022). Themenkarrieren in der Wissenschaft: Zur Entstehung wissenschaftlicher Diskurse am Beispiel der Themen ‚Schrumpfende Städte‘ und ‚Klimawandel‘. Berichte Geographie und Landeskunde, 95(1), 73. doi:10.25162/bgl-2022-0004

Haass, H. (2010). StadtWasser: Wasserkonzepte in der Stadtplanung. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl.

Heinrichs, H. (2014). Nachhaltigkeitswissenschaften. Berlin, Heidelberg: Springer.

Henckel, D., Kuczkowski, K., Lau, P., Pahl-Weber, E., & Stellmacher, F. (2010). Planen – Bauen –Umwelt: Ein Handbuch. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien

Himmelsbach, T. (2022). Die Anpassung an den Klimawandel erfordert neue strategische Allianzen zwischen Hydrogeologie, Bodenkunde und Meteorologie. Grundwasser, 27(3), 196-170. doi:10.1007/s00767-022-00518-1

Hopkins, G., Goodwin, C. (2011): Living Architecture: Green roofs and Walls. Csiro Publishing, Collingwood.

Ivankovic, G., Hafellner, H., & Kautsch, P. (2019). Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes. Bauphysik, 41(1), 7-16. doi:10.1002/bapi.201800032

Kerbl, R. (2022). Klimawandel – die Ängste der Jungen. Monatschrift Kinderheilkunde, 170(7), 579-580. doi:10.1007/s00112-022-01483-y

Kinne, P. (2020). Nachhaltigkeit entfesseln! Einsichten und Lösungen jenseits der Klimadebatte (1st 2020. ed.). Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg Imprint: Springer.

Kraus, F. et al. (2019). Leitfaden Fassadenbegrünung. MA 22, Wiener Umweltschutzabteilung, Bereich Räumliche Entwicklung, Wien.

Kronberger, B. (2022). Anpassung an den Klimawandel in Österreich. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 74(3-4), 197-188. doi:10.1007/s00506-022-00855-8

Lawson, L. (2020). Floating Home. Chicago: Austin Macauley Publishers.

Lesch, H., & Kamphausen, K. (2018). Wenn nicht jetzt, wann dann? Handeln für eine Welt, in der wir leben wollen (1. Auflage ed.). München: Penguin Verlag.

Liesecke, H.J. et al (1989): Grundlagen der Dachbegrünung: zur Planung, Ausführung und Unterhaltung von Extensiv Begrünungen und einfach Intensivbegrünungen. Platzer Verlag, Berlin

Margolis, L., & Choaoouni, A. (2015). Out of water: design solutions for arid regions. Basel, Switzerland: Birkhäuser.

Matthews, B. (2014). The Supercity in the Anthropocene Age. Speculative Remarks. In S. Pollak (Ed.), Schwimmende Städte, fliegende Häuser. Wien: Sonderzahl-Verlags-Ges.

Mees, C. (2021). Urban Open Space+: Strategies in Between Architecture and Open Space Planning. Berlin: Jovis Verlag GmbH.

Merzdorf, J., & Bates, S. (2021). NASA Finds 2020 Tied for Hottest Year on Record. Scientific Visualization Studio. Retrieved from <https://svs.gsfc.nasa.gov/13799> [Zugriff am 04.03.2023]

Mulvey, K., & Shulman, S. (2015). The Climate Deception Dossiers. Internal Fossil Fuel Industry Memos Reveal Decades of Corporate Disinformation: Union of Concerned Scientists.

Penning-Rowsell, E. (2020). Floating architecture in the landscape: climate change adaptation ideas, opportunities and challenges. Landscape research, 45(4), 395-411. doi:10.1080/01426397.2019.1694881

Pfammatter, U. (2012). Bauen im Kultur- und Klimawandel: green traditions- clean future. Zürich: vdf Hochschulverl.

Pfoser, N. et al (2013): Gebäude Begrünung Energie. Potenziale und Wechselwirkungen. Technische Universität, Darmstadt.

Pfoser, N. (2015): Warum Gebäude begrünen? Motivation aus Sicht von Städteplanern, Bauherren und Nutzenden. Präsentation 8. FBB Fassadenbegrünungssymposium. Darmstadt.

Reicher, C., & Söfker-Rieniets, A. (2022). Stadtbaustein Wohnen: Lehr- und Grundlagenbuch (1st 2022. ed.). Wiesbaden: Springer Fachmedien

Reicher, C., & Tietz, J. (2022). Atmende Städte: Zukunftschancen für Stadt und Land mit und nach Corona (1st 2022 ed.). Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2020). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Our World in Data. Retrieved from <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions#citation> [Zugriff am 23.03.2023]

Rosenow, P. (2023). Den »Krieg gegen die Natur« beenden. Vereinte Nationen, 71(1), 1.

Roters, W., Gräf, H., & Wollmann, H. (2020). Zukunft denken und verantworten: Herausforderungen für Politik, Wissenschaft und Gesellschaft im 21. Jahrhundert (1st 2020. ed.). Wiesbaden: Springer Fachmedien

Sahling, U. (2022). Klimaschutz und Energiewende in Deutschland: Herausforderungen- Lösungsbeiträge- Zukunftsperspektiven. Berlin, Heidelberg: Springer.

Sánchez-Pantoja, N., Vidal, R., & Pastor, M. C. (2018). Aesthetic perception of photovoltaic integration within new proposals for ecological architecture. Sustainable cities and society, 39, 203-214. doi:10.1016/j.scs.2018.02.027

Starobin, M. (2017). Earth's Energy Budget. Scientific Visualization Studio. Retrieved from <https://svs.gsfc.nasa.gov/11937> [Zugriff am 14.02.2023]

Süßbauer, E. (2016). Klimawandel als widerspenstiges Problem: Eine soziologische Analyse von Anpassungsstrategien in der Stadtplanung (1. Aufl. 2016. ed.). Wiesbaden: Springer Fachmedien

Taylor & Francis. (2015). Floating home powers, heats itself in German plan to populate lakes. Construction Research and Innovation, 6, 7. doi:10.1080/20450249.2015.11873997

Trischler, A., & Böbling, S. (2021). CSR in Hessen: Transformation zur Nachhaltigkeit – Impulse aus Bildung, Gesellschaft, Wirtschaft (1st 2021. ed.). Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg Imprint: Springer Gabler.

Troger, T., Magistrat der Stadt Wien, M. S. u. S., & Universität Wien, I. f. S. (2020). Lebensqualität in einer wachsenden Stadt: Wiener Lebensqualitätsstudie 2018. Wien: Stadt Wien, Stadtentwicklung und Stadtplanung.

Viet Tue, N. (2022). Bauen mit Beton in Zeiten des Klimawandels. Beton- und Stahlbetonbau, 117(11), 861. doi:10.1002/best.202271103

Watson, R., Nakicenovic, N., Messner, D., Rosenthal, E., Goldemberg, J., Srivastava, L., & Jiang, K. (2015). Die Herausforderungen des Klimawandels bewältigen. Ein kurzfristig umsetzbares Aktionsprogramm zum Übergang in eine klimaverträgliche Weltwirtschaft. Zeitschrift für Aussen- und sicherheitspolitik, 8(1), 91-125. doi:10.1007/s12399-014-0481-1

Weller, B., Hemmerle, C., Jakubetz, S., & Unnewehr, S. (2012). Detail Practice: Photovoltaics: Technology, Architecture, Installation. Basel: Birkhäuser.

Wieshofer, I. (2015). Fachkonzept Grün- und Freiraum: gemeinsam draußen. Wien: Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabt. 18- Stadtentwicklung und Stadtplanung.

16.3 SONSTIGE QUELLEN

¹ <https://gracefo.jpl.nasa.gov/resources/33/greenland-ice-loss-2002-2016/> [Zugriff am 03.03.2023]

² <https://gracefo.jpl.nasa.gov/resources/33/greenland-ice-loss-2002-2016/> [Zugriff am 03.03.2023]

³ <https://svs.gsfc.nasa.gov/4860> [Zugriff am 03.03.2023]

⁴ https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active_fire/ [Zugriff am 04.03.2023]

⁵ <https://www.powerhouse-company.com/floating-office-rotterdam> [Zugriff am 04.03.2023]

⁶ <https://www.archdaily.com/991029/mast-designs-a-sustainable-modular-system-for-building-floating-architecture> [Zugriff am 05.02.2023]