



MASTER-/DIPLOMARBEIT

Algen trifft Architektur:

Synergie aus Natur und Technik für das Energieoptimierte Unterwasserhotel Peberholm

basierend auf dem Prinzip der ökologischen Architektur

based on the principle of ecological architecture

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

Manfred Berthold

Ao. Univ. Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn.

Norbert Krouzecky

Ao. Univ. Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn.

Edmund Spitzenberger

Univ.Ass. Dipl.-Ing.

E253 - Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

Ege Barkin Calisgan

Matr. Nr. 01429879

Wien, am _____

Datum

Unterschrift

I. Abstract

This thesis focuses on a visionary project: an underwater hotel that is designed in harmony with the marine environment and with energy optimization in mind. The goal is to establish a harmonious connection between marine life and modern tourism, while simultaneously utilizing energy-efficient technologies.

A distinctive feature of the hotel is the integration of algae into the facade. They serve not only an aesthetic purpose but also play a significant ecological role, including oxygen cycling. Through the combination of photosynthesis and AI, the algae are supported by special light sources. The AI analyzes their needs and adjusts the lighting and environmental conditions accordingly, ensuring that the algae thrive to their full potential.

Another important approach involves harnessing the natural water current as an energy source. By using turbines, the surrounding water is efficiently utilized to generate renewable energy. This provides an eco-friendly power supply for the underwater hotel.

Additionally, a water heat pump is integrated into the hotel's energy concept. This technology taps into the natural warmth of the water to heat the hotel and harness additional energy. The use of the water heat pump aims to minimize the ecological footprint of the underwater hotel and ensure sustainable operations.

To control thermal exchange with the water, argon glass was used. This glass reduces the transfer of infrared radiation, which is typically emitted by technical devices, lighting, and people. Such control minimizes potential impacts on the marine ecosystem due to infrared radiation emanating from the hotel facilities.

The described hotel concept combines various innovative technologies to interact in harmony with the surrounding marine ecosystem while ensuring a high level of functionality and efficiency.

II. Abstrakt

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit einem visionären Projekt: einem Unterwasserhotel, das sowohl mit der Unterwasserunterwelt als auch energieoptimiert geplant wird. Das Ziel besteht darin, eine harmonische Verbindung zwischen dem marinen Lebensraum und modernem Tourismus zu schaffen, während gleichzeitig energieeffiziente Technologien eingesetzt werden.

Ein wesentliches Merkmal des Hotels ist die Integration von Algen in der Fassade. Sie dienen nicht nur den ästhetischen Zweck, sondern spielen auch eine bedeutende ökologische Rolle – unter anderem Sauerstoffcycling. Durch das Zusammenspiel von Fotosynthese und KI werden die Algen mit speziellen Lichtquellen unterstützt. Die KI analysiert die Bedürfnisse und passt dementsprechend die Licht- und Umgebungsbedingungen an, damit Algen bestmöglich gedeihen und ihr Potenzial voll entfalten können.

Ein weiterer wichtiger Ansatz besteht in der Nutzung der natürlichen Wasserströmung als Energiequelle. Durch den Einsatz von Turbinen soll das umgebende Wasser effizient genutzt werden, um erneuerbare Energie zu erzeugen. Dadurch wird eine umweltfreundliche Stromversorgung für das Unterwasserhotel ermöglicht.

Außerdem wird eine Wasserwärmepumpe ins Energiekonzept des Hotels integriert. Die Technologie nutzt die natürliche Wärme des Wassers, um das Hotel zu beheizen und zusätzliche Energie zu gewinnen. Der Einsatz der Wasserwärmepumpe soll den ökologischen Fußabdruck des Unterwasserhotels minimieren und einen nachhaltigen Betrieb gewährleisten.

Um den thermischen Austausch mit dem Wasser zu kontrollieren, wurde Argonglas verwendet. Dieses Glas reduziert den Transfer von Infrarotstrahlung, die typischerweise von technischen Geräten, Beleuchtung und Menschen emittiert wird. Eine solche Kontrolle minimiert die potenziellen Auswirkungen auf das marine Ökosystem durch von den Hotelanlagen ausgehende Infrarotstrahlung.

Das beschriebene Hotelkonzept kombiniert verschiedene innovative Technologien, um in Harmonie mit dem umgebenden marinen Ökosystem zu interagieren und dabei ein hohes Maß an Funktionalität und Effizienz zu gewährleisten.

Inhaltsverzeichnis

01		05	
Einleitung/Problemstellung	1-4	Resultat	60
		- Schwarzplan	61-62
02		- Lageplan	63-64
Situationsanalyse	5	- Grundrisse/Grundrissequenz	65-68
- Historischer Hintergrund	6-9	- Ansicht	69-70
- Lage	10-11	- Schnitte	71-72
- Klima	12-15	- Fassadenschnitt	73
- Tidenhub	16-18	- Details	74
- Algenarten	19-20	- Renderings	75-78
- Topografie	21-22		
- Schutzgebiet	23-24	06	
		Bewertung	79-83
03		07	
Zielsetzung	25	Conclusio	84-85
- Bestrebungen Unterwasserhotel	26-28		
04		08	
Material und Methodik	29	Verzeichnisse	86
- Algen in der Fassade	30-34	- Literaturverzeichnis	87-89
- Fotosynthese	35-41	- Abbildungsverzeichnis	90-92
- Photobioreaktor	42-45		
- Energienutzung	46-48	09	
- Künstliche Intelligenz (KI/AI)	49-52	Lebenslauf	93-94
- Konzept	53		
- Konstruktion	54-55		
- Flexibilität	56		
- Flexibilität/Axonometrie	57-59		

01- Einleitung

Wer träumt nicht davon, die geheimnisvolle Welt unter dem Wasser hautnah zu erleben? Aus dieser Begeisterung heraus entstand die spannende Idee von einem Hotel unter Wasser. Ein solches Hotel würde den Gästen nicht nur ein besonderes Urlaubserlebnis bieten, sondern es bringt auch ganz neue Herausforderungen mit sich, besonders wenn man daran denkt, wie es gebaut und betrieben werden soll.

Bei der Suche nach einem passenden Ort für dieses Hotel sticht die Insel Peberholm hervor. Sie wurde in den 90er Jahren gebaut, als Teil eines Projekts, um Schweden und Dänemark besser miteinander zu verbinden. Eigentlich war Peberholm nur für den Bau gedacht, aber über die Jahre hat sich hier eine reiche Pflanzen- und Tierwelt entwickelt.

Genau dieses Zusammenspiel von Mensch und Natur steht im Mittelpunkt des Unterwasserhotel-Projekts. Durch das Hotelzimmerfenster kann man nicht nur Algen sehen, die nicht nur hübsch aussehen, sondern auch helfen, das Wasser mit Sauerstoff zu versorgen. Und das Beste daran - Das Hotel will die Natur nutzen, z.B. die Wärme des Wassers, um Energie zu sparen und umweltfreundlicher zu sein. Es wird nicht nur Wert auf gutes Aussehen gelegt, sondern auch darüber nachgedacht, wie man umweltfreundliche Materialien verwenden kann, die gut ins Wasser passen und die Umwelt schützen.

Die Idee, nicht nur an Land, sondern auch unter Wasser zu bauen, repräsentiert ein zukunftsweisendes Denken in der Architektur und im Tourismus. Das Bedürfnis, unsere gewohnten Lebensräume zu erweitern, ist eng mit der Vorstellung verbunden, neue und unberührte Umgebungen zu erforschen. Ein Unterwasserhotel ist ein perfektes Beispiel für diese Ambition.

Der Traum, unter Wasser zu bauen, weist auf einen Wandel in unserer Wahrnehmung von Raum und Lebensmöglichkeiten hin. Es zeigt unsere Bereitschaft, traditionelle Grenzen zu überwinden und mit Vorstellungskraft und Innovation neue Horizonte zu erschließen. Dabei ist es von zentraler Bedeutung, stets die ökologische Balance und die Gesundheit unserer Ozeane zu berücksichtigen

Problemstellung

Während der letzten Jahre sind wir Zeugen eines beeindruckenden Bevölkerungswachstums geworden, und das hat uns vor gewaltige weltweite Probleme gestellt. Überall, besonders in großen Städten, spürt man den Druck, genug Platz und Ressourcen für alle zu finden. Die üblichen Methoden, wie Städte bauen und organisieren, reichen einfach nicht mehr aus. Städte platzen aus allen Nähten, und das Land wird immer knapper. Ein Großteil unseres Planeten - fast 70% - ist mit Wasser bedeckt. Warum also nicht dort nach Lösungen suchen? Tatsächlich könnten Konzepte wie das des Unterwasserhotels einen kleinen Vorgeschmack darauf geben, wie die Zukunft des Wohnens unter Wasser aussehen könnte. Wenn wir uns vorstellen, wie viele Menschen wir auf der Erde unterbringen müssen, dann scheint die Idee, unter Wasser zu bauen, plötzlich gar nicht so abwegig. Und dabei geht es nicht nur darum, neuen Wohnraum zu schaffen. Es bietet uns auch die Chance, uns näher mit den Ökosystemen des Ozeans auseinanderzusetzen und sie besser zu schützen. Wer weiß, vielleicht sind die Ozeane nicht nur riesige Wasserflächen, sondern die Antwort auf einige unserer dringendsten Fragen.

02- Situationanalyse

Historischer Hintergrund

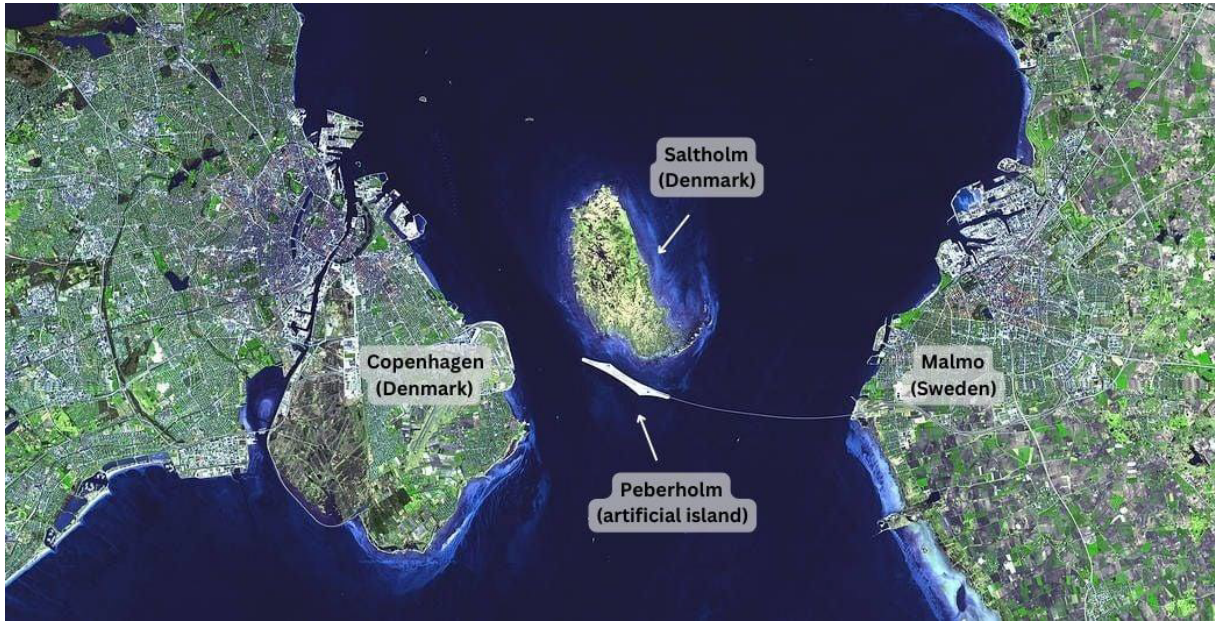


Abb. 1: Øresund Brücke

Die Øresund-Verbindung, eröffnet im Jahr 2000, verbindet Kopenhagen mit Malmö durch eine Kombination aus Brücke, Tunnel und der künstlichen Insel Peberholm. Peberholm dient als zentraler Übergangspunkt zwischen Tunnel und Brücke und wurde aus ökologischen und technischen Gründen geschaffen, um den empfindlichen Øresund zu schützen. Täglich nutzen bis 2021 rund 20.000 Fahrzeuge diese Verbindung (Dänemark.de, 2023)

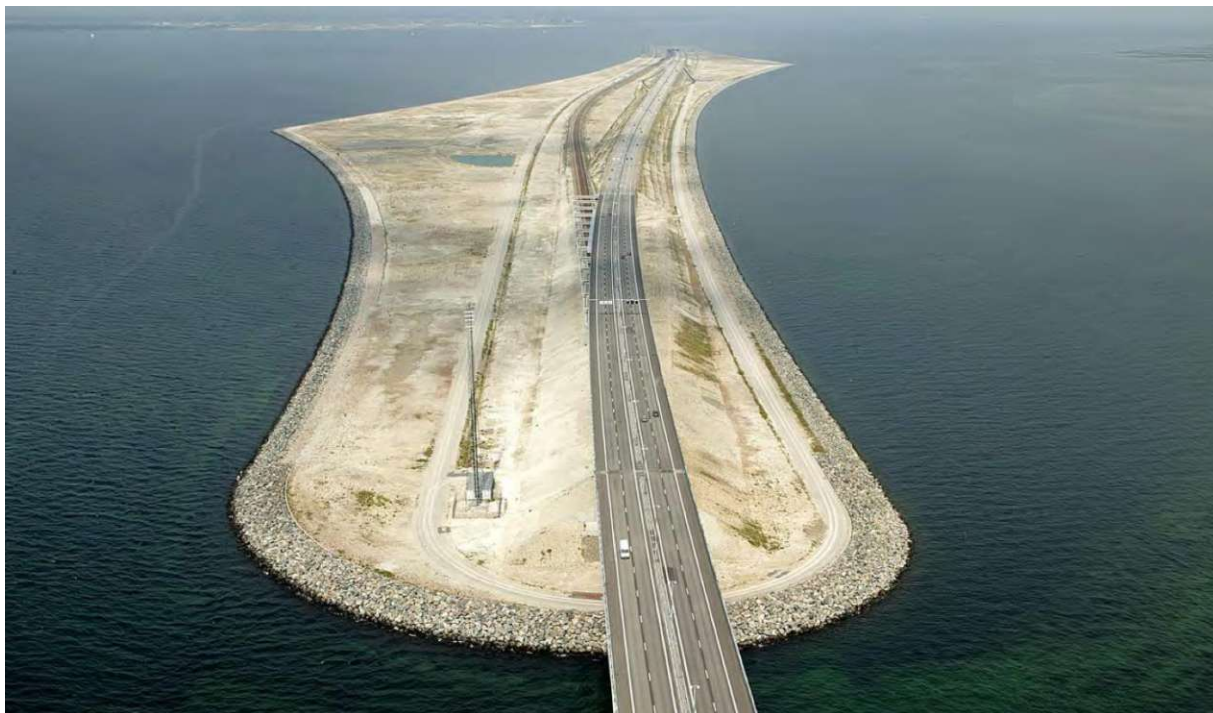


Abb. 2: Peberholm im Jahr 2000

Die Öresund-Verbindung startet auf der dänischen Seite mit einem Tunnel, der sich tief unter den Meeresgrund schlängelt, um schließlich bei Peberholm wieder ans Tageslicht zu gelangen. Von dieser Insel aus spannt sich dann majestätisch die Brücke bis nach Schweden. Dieser Übergang von Tunnel zu Brücke war eine geniale Lösung der Ingenieur*Innen, um die beiden Verbindungsarten nahtlos miteinander zu verknüpfen. Neben dieser technischen Notwendigkeit gab es auch ökologische Überlegungen. Das Öresund-Gebiet ist ökologisch sensibel und ein Tunnel alleine hätte den Meeresgrund erheblich stören können.

Zusätzlich bot Peberholm mit seiner Brückenkonstruktion den Vorteil, den wichtigen Schifffahrtsweg im Öresund ungestört zu lassen. Ein durchgehender Tunnel hätte hier womöglich größere Hindernisse geschaffen.

Die Erschaffung von Peberholm eine Kombination aus technischem Know-how und Respekt für die Natur (Vgl. O.A., 2014/Vgl. Nilsson, 2022).



Abb. 3: Peberholm im Jahr 2014

Zu Beginn ihrer Existenz sahen viele in Peberholm nur eine Ansammlung von Baustoffen, eine eher karge und leblose Fläche. Die Vorstellung, dass diese künstliche Landmasse irgendwann einen wichtigen ökologischen Beitrag leisten könnte, war weit entfernt. Aber die Natur, wie so oft, überraschte uns. Pflanzen und Tiere, als wären sie von der Insel selbst eingeladen, begannen sie nach und nach zu besiedeln. Ihre günstige Lage im Öresund machte sie zu einem unwiderstehlichen Anziehungspunkt für eine Vielzahl von Arten.

Es dauerte nicht lange, und der Wind und das Wasser spielten ihre Rolle, indem sie Samen auf die Insel trugen. Innerhalb kürzester Zeit fand man Dutzende von Pflanzenarten auf Peberholm. Vögel, insbesondere Arten wie der Austernfischer und der Sandregenpfeifer, erkannten die Insel als sicheren Hafen für ihre Brut. Und wo Pflanzen blühen, da sind Insekten nicht weit entfernt. Der Zugang zu Peberholm ist stark eingeschränkt, wobei nur wenige Wissenschaftler die Erlaubnis erhalten, sie für Forschungszwecke zu betreten. Die Natur wird weitgehend sich selbst überlassen, ohne aktive Eingriffe, um die ökologische Entwicklung in irgendeine Richtung zu lenken. Abschließend ist Peberholm ein leuchtendes Beispiel für die Fähigkeit der Natur, sich selbst in von Menschen geschaffenen Räumen wiederherzustellen. Es zeigt uns, wie Lebensräume entstehen können, selbst wenn sie von uns Menschen ursprünglich für ganz andere Zwecke vorgesehen waren (Vgl. O.A., 2014/Vgl. Nilsson, 2022)

Lage



Abb. 4: Lage Peberholm

Peberholm ist eine künstliche Insel an der südlichen Spitze von Dänemark. Sie bietet eine einzigartige geografische Position. Sie liegt im Öresund, dem Meerarm, der Dänemark und Schweden verbindet und ist ein bedeutender Knotenpunkt in Nordeuropa. Der Meeresspiegel in der Region ist durchschnittlich und das umgebende Wasser hat variable Tiefen, beeinflusst durch die Gezeiten. Die gesamte Öresund-Verbindung ist etwa 16 km lang, wobei Peberholm selbst eine Fläche von etwa 4 km² einnimmt. Die Brücke bringt eine erhebliche Verkehrsinfrastruktur mit sich, einschließlich eines Bahnhofs, der die zwei Länder verbindet (Vgl. Costa, 2022).

Klima



Abb. 5: Leben auf Peberholm

Der umgebende Öresund ist ein interessanter Brackwasserbereich, in dem der Salzgehalt des Wassers zwischen dem von Süß- und Meereswasser schwankt. Dieser Sund erlebt, wie andere Gewässer Nordeuropas, deutliche jahreszeitliche Temperaturschwankungen. Die Durchschnittstemperatur liegt bei 7-8°C. Im Sommer kann die Temperatur bis zu 20°C erreichen und im Winter auf den Gefrierpunkt oder leicht darunter fallen können. Die Wassertemperatur kann im Sommer bis zu 17°C erreichen und im Winter auf 0°C fallen. Der Meeresspiegel kann variieren, abhängig von ein paar Faktoren wie z.B. Windrichtung und -stärke. Die Wassertiefe im Öresund, wo Peberholm liegt, ist variabel, aber die Brücke und der Tunnel sind so konzipiert, dass sie für den Schiffsverkehr sicher sind. Der Tunnel beginnt auf der dänischen Seite in einer Wassertiefe von etwa 8 Metern und geht bis zu einer Tiefe von 15 Metern. Die Wellenhöhe im Öresund variiert je nach Wetterbedingungen. Bei stärkerem Wind können die Wellen natürlich höher ausfallen. Der Wasserstand im Öresund kann sich je nach Gezeiten, Windbedingungen und anderen Faktoren ändern (Vgl. Nilsson, 2022).



Abb. 6: Seltene Pflanzenarten

Obwohl diese Insel aus technischen Gründen entstanden ist, hat die Natur sich ihren Platz zurückerobert. Interessanterweise wurden hier weder Pflanzen noch Tiere von Menschen eingesiedelt.

Stattdessen wollten Forscher beobachten, welches Leben sich hier von selbst entwickelt. Und die Ergebnisse sind beeindruckend: Von seltenen Pflanzenarten, die in Schweden und Dänemark kaum zu finden sind, über ein pulsierendes Vogelleben – die Insel ist zu einem wichtigen Brutgebiet geworden. Auch im umliegenden Wasser sind verschiedene Algenarten, wie Grünalgen, Rotalgen und Braunalgen, heimisch. Der Mensch hat bewusst den Zugang zu Peberholm limitiert, um der Natur freien Lauf zu lassen und sie ungestört gedeihen zu lassen. Das Resultat ist eine beeindruckende biologische Vielfalt auf einer künstlich geschaffenen Insel (Vgl. O.A., 2014/Vgl. Nilsson, 2022).



Abb. 7: Verschiedene Vogel- und Tierarten leben auf der künstlich



Abb. 8: Verschiedene Tierarten

Seine Gewässer sind reich an Leben, von Fischen bis hin zu kleineren Organismen, die Teil des Planktons sind. Diese biologische Vielfalt ist sowohl auf die gemäßigten Salzwerte als auch auf die Lage des Öresunds als Verbindung zwischen Nordsee und Ostsee zurückzuführen



Abb. 9: Verschiedene Algenarten haben sich angesiedelt

Tidenhub

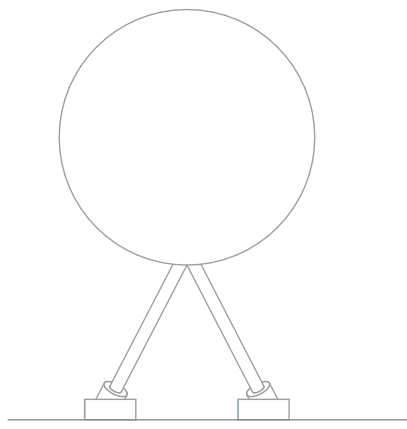
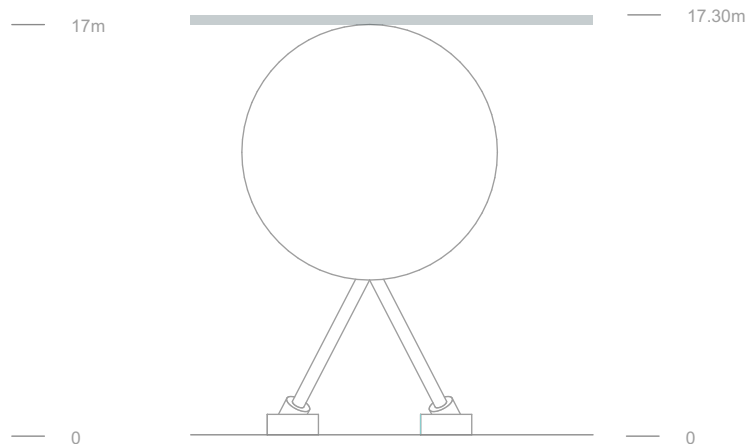
Ebbe**Flut**

Abb. 10: Ebbe und Flut

Der Tidenhub im Öresund beträgt durchschnittlich etwa 20 bis 30 Zentimeter, was bedeutet, dass der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser relativ gering ist.

Ebbe

Ebbe ist ein regelmäßiges Gezeitenphänomen, bei dem das Meerwasser von der Küste zurückweicht und der Wasserpegel sinkt. Dies geschieht aufgrund der Anziehungskraft des Mondes und der Sonne auf die Erde, insbesondere wenn sie in einer Linie mit der Erde stehen. Während der Ebbe zieht sich das Wasser von der Küstenlinie zurück und kann Meeresböden und Küstenregionen freilegen (Vgl. Glebe, 2011).

Flut

Flut ist ein periodisches Gezeitenphänomen, bei dem das Meerwasser zur Küste hinbewegt und der Wasserpegel steigt. Dies tritt aufgrund der Anziehungskraft des Mondes und der Sonne auf die Erde auf, insbesondere wenn sie in einem rechten Winkel zur Erde stehen. Während der Flut bewegt sich das Wasser auf die Küsten zu und erhöht den Wasserstand (Vgl. Glebe, 2011).

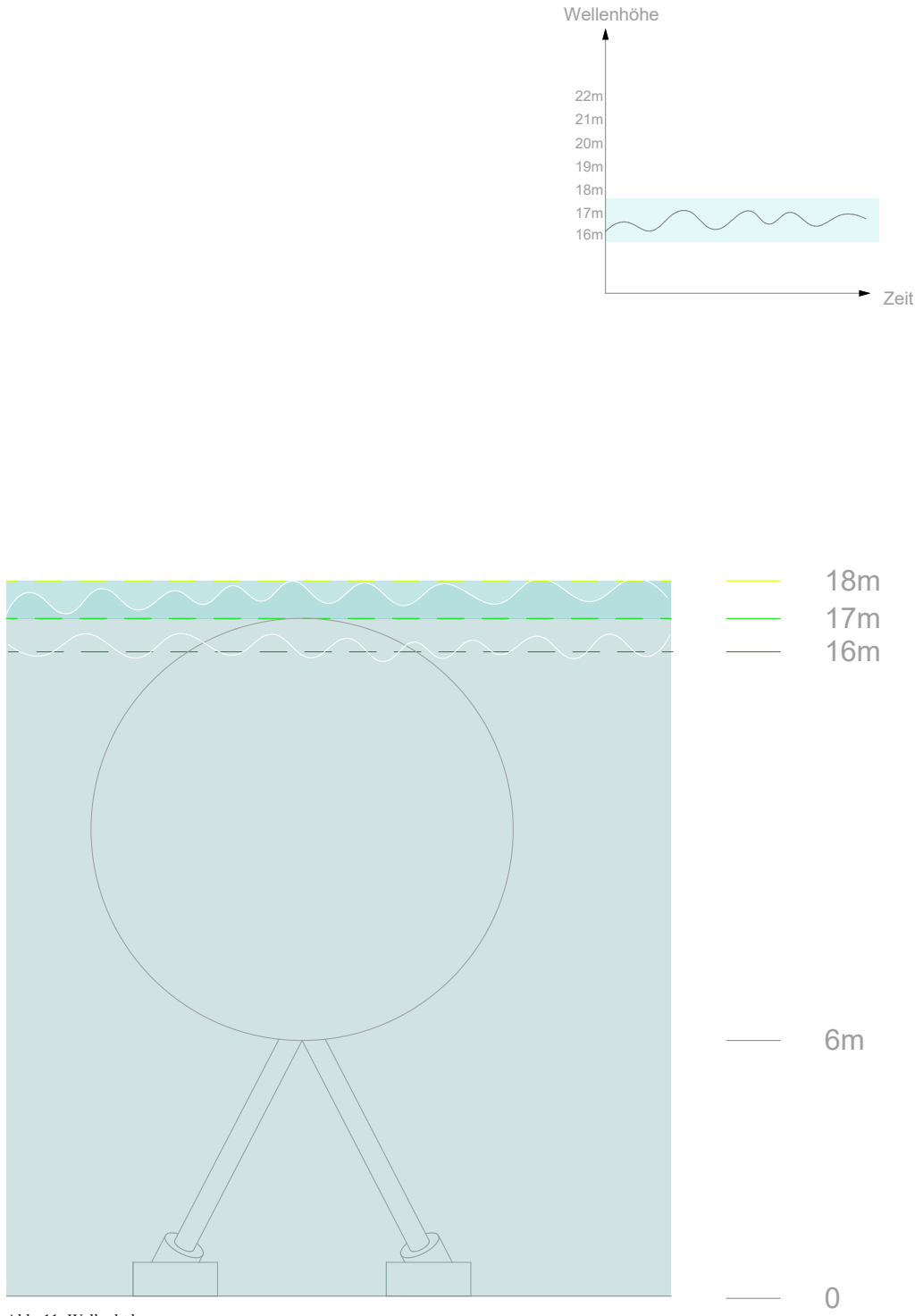


Abb. 11: Wellenhöhe

Algenarten



Abb. 12: Grünalgen

Grünalgen (Chlorella)

- Habitat: Frisch- und Salzwasser
- Eigenschaften: Diese Algen haben Chlorophyll, das ihnen ihre charakteristische grüne Farbe verleiht. Sie sind ein wichtiger Bestandteil vieler aquatischer Lebensräume und können als Indikatoren für die Wasserqualität dienen.
- Lebensräume: sind an unterschiedliche Lebensräume angepasst, von Süßwasser bis hin zu marinen Umgebungen, und können in unterschiedlichen Licht-, Temperatur- und Nährstoffbedingungen wachsen.
- Vermehrung: Unter optimalen Bedingungen können sich Grünalgen schnell vermehren, was zu einer erhöhten Sauerstoffproduktion führt.

(Vgl. Chapman & Chapman, 1973)



Abb. 13: Rotalgen

Rotalgen

- Habitat: Hauptsächlich Salzwasser, besonders in gemäßigten bis kalten Regionen.
- Eigenschaften: Sie sind die größten und komplexesten Algen und können riesige Waldgebiete im Meer bilden, bekannt als Kelpwälder. Sie enthalten Fucoxanthin, das ihnen ihre braune Farbe verleiht.

(Vgl. Chapman & Chapman, 1973)



Abb. 14: Braunalgen

Braunalgen

- Habitat: Hauptsächlich in Salzwasser, aber auch in Süßwasser.
- Eigenschaften: Viele Rotalgen sind in tieferen Wasserschichten zu finden, da sie in der Lage sind, längere Wellenlängen des Lichts für die Photosynthese zu nutzen.
- Vor 3,5 Mio. Jahren Sauerstoff durch Blaualgen auf Erde gekommen
- Start der Photosynthese (Chlorophylbindung)
- Dreimal mehr CO₂ Umwandlung als Nutzpflanzen

(Vgl. Chapman & Chapman, 1973)

Topografie

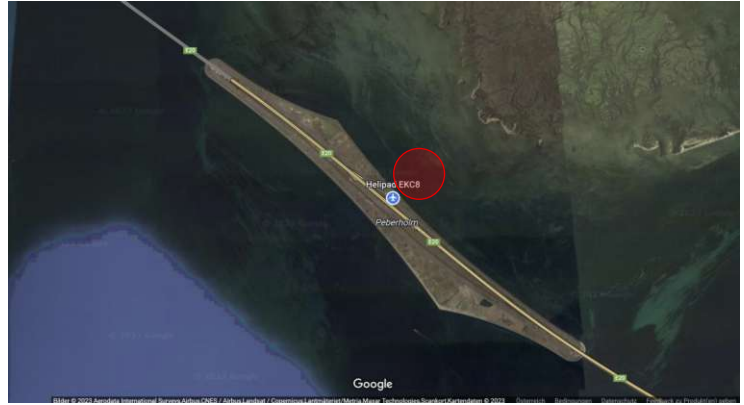
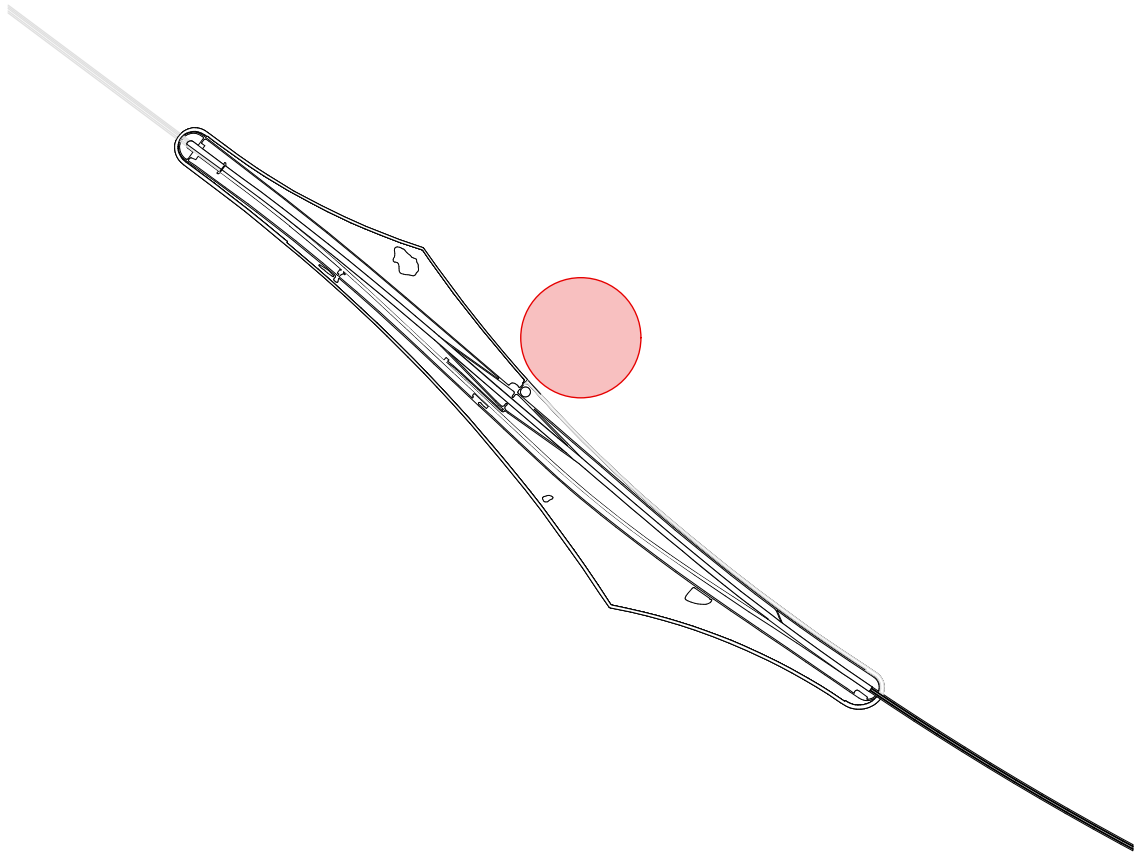


Abb. 15: Topografie, Google Maps



55°35'58.9"N 12°45'04.3"E

Abb. 16: Topografie

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.

Schutzgebiet

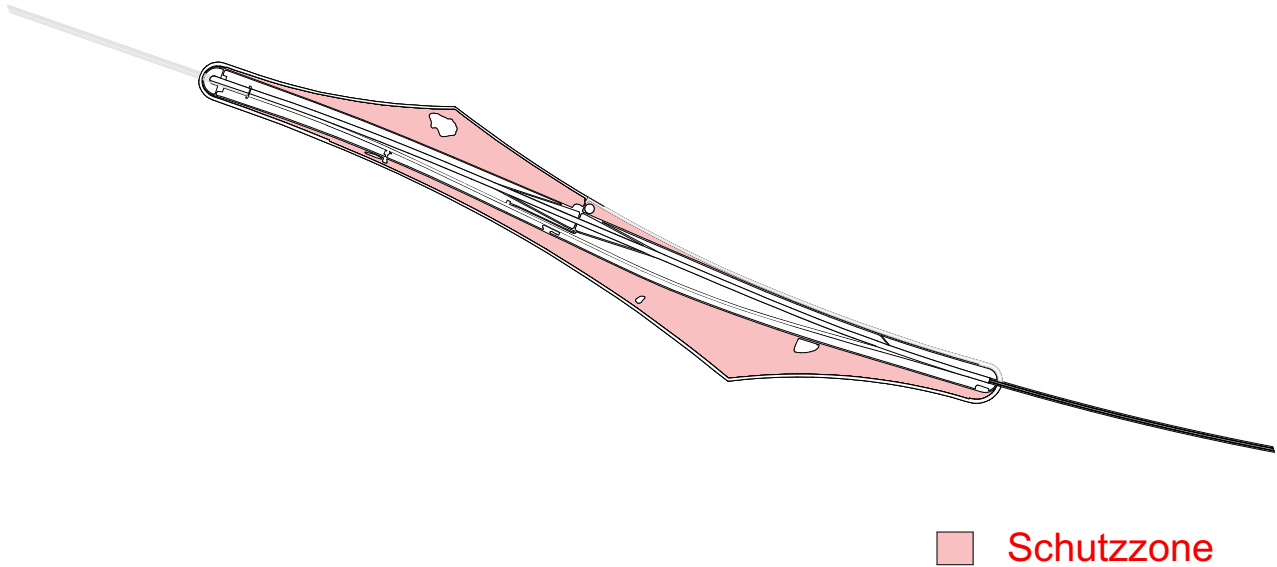


Abb. 17: Schutzgebiet

Der Zugang zu Peberholm ist stark eingeschränkt, wobei nur wenige Wissenschaftler die Erlaubnis erhalten, sie für Forschungszwecke zu betreten.

Die Natur wird weitgehend sich selbst überlassen, ohne aktive Eingriffe, um die ökologische Entwicklung in irgendeine Richtung zu lenken.

03- Zielsetzung

Angesichts der globalen Überbevölkerungsproblematik zeigt das Potenzial des Meeres als möglicher Lebensraum innovative Wege für zukünftige Wohn- und Aufenthaltslösungen auf.

- Nachhaltige Sauerstoffversorgung und Luftreinigung: Die Integration von Algen in die Fassade des Hotels ermöglicht eine natürliche Sauerstoffproduktion durch Fotosynthese und trägt zur Luftreinigung bei. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, muss die Gesundheit der Algen durch sorgfältige Regulierung von Faktoren wie Temperatur und Lichtintensität gewährleistet werden.
- Energiegewinnung: Durch den Einsatz von Solarenergie in Verbindungsübergängen und die Kombination von Wasserwärmepumpen, Turbinen und Photobioreaktoren und KI wird eine effiziente und umweltfreundliche Energieversorgung angestrebt.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen hat das Ziel, innovative, umweltfreundliche und nachhaltige Lösungen im Bauwesen und für zukünftige Lebensräume vorzustellen. Die Vision dahinter verbindet Technologie und Natur, um sowohl den menschlichen Bedürfnissen als auch dem ökologischen Gleichgewicht zu dienen.

Sauerstoff problem – Algengesundheit beschützen – problematisch – ein ort schaffen damit diese überleben können – bestimmte anzahl – zu viel wäre zu tödlich für sie

Ökosystem

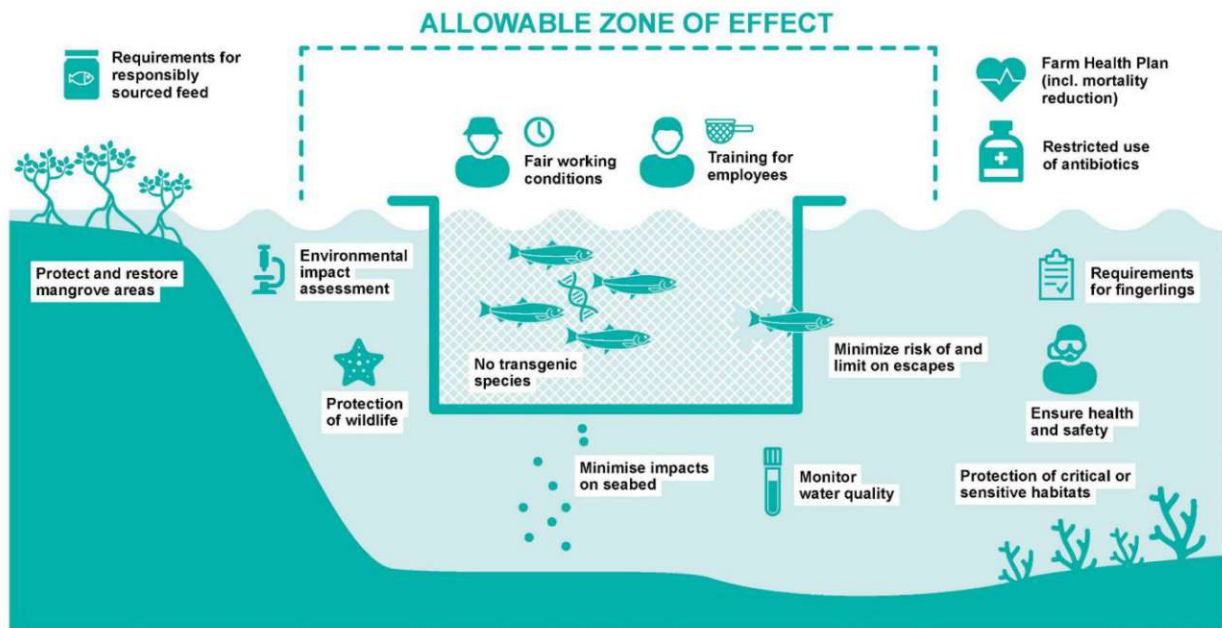


Abb. 18: Ökologische Zielsetzung

Ziel ist es den Gästen ein einzigartiges Erlebnis zu bieten und zugleich das marine Ökosystem zu schützen und zu bewahren. Der Umweltschutz steht im Vordergrund, wobei modernste Technologien zum Einsatz kommen, um potenzielle negative Auswirkungen auf die Meeresbiologie zu verringern. Außerdem werden gezielte Maßnahmen ergriffen, um nicht nur das marine Ökosystem zu schützen, sondern auch aktiv zu fördern und zu verbessern. Das übergeordnete Ziel besteht darin, ein Gleichgewicht zwischen gehobener Hotellerie und ökologischer Verantwortung herzustellen.

04- Material und Methodik

Algen in der Fassade

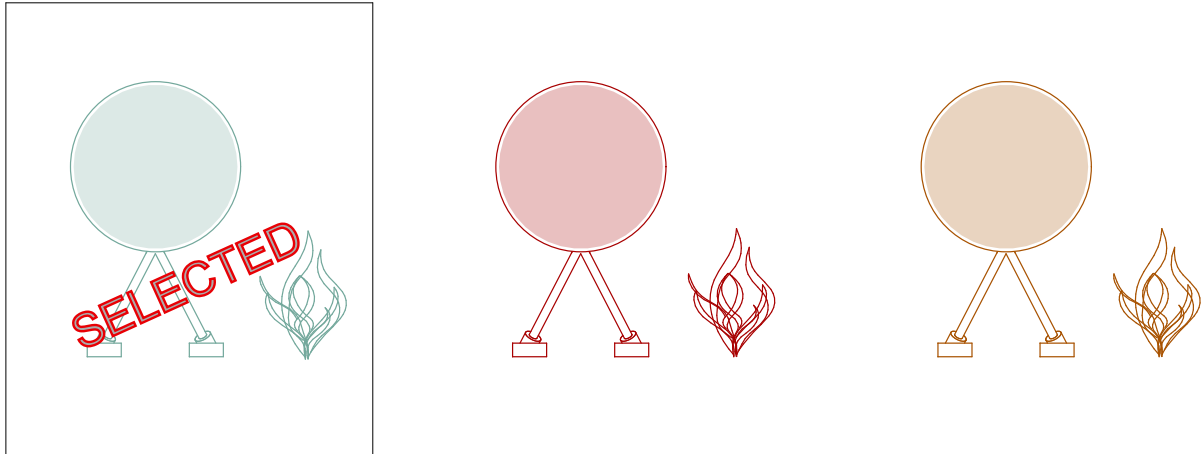


Abb. 19: Algenauswahl

Vorteile von Grünalgen (Chlorella):

Chlorella zeichnet sich durch eine hohe Fotosyntheserate aus, welche eine effiziente Sauerstoffproduktion ermöglicht. Sie produziert auch Biomasse, die in verschiedenen Bereichen - Nahrungsergänzungsmitteln oder biotechnologischen Prozessen angewendet werden kann. Ein charakteristisches Merkmal ist ihr Wachstum in unterschiedlichen Gewässern, einschließlich solcher mit geringer Fruchtbarkeit oder erhöhtem Salzgehalt. Durch ihren Anbau wird zudem CO₂ aus der Umgebung aufgenommen (Vgl. Chapman & Chapman, 1973).

Nachteile von Grünalgen (Chlorella):

Allerdings sind bei der Sauerstoffproduktion durch Chlorella einige technische Aspekte zu berücksichtigen. Eine große Herausforderung kann die konstante Lichtzufuhr darstellen. Auch ist das Wachstum von bestimmten Bedingungen wie einer ausgewogenen Nährstoffzufuhr und einem geeigneten pH-Wert abhängig. Bei nicht idealen Bedingungen können Algenblüten entstehen, die negative Auswirkungen auf Wasserquellen haben. Zudem kann die Ernte und anschließende Verarbeitung von Chlorella energieaufwändig sein (Vgl. Chapman & Chapman, 1973).

Die Funktionen der Algen im Ökosystem

Algen nutzen das Sonnenlicht, um durch Fotosynthese Kohlendioxid in organische Substanzen zu verwandeln und dabei Sauerstoff zu produzieren. In Gewässern stellen sie oft die Ernährungsgrundlage für viele Organismen dar. Sie haben zudem eine wichtige Funktion in der Regulierung von Sauerstoffkreisläufen. In der Industrie werden Algen für Biokraftstoffe, Nahrungsergänzungsmittel und andere Produkte genutzt. Sie sind in der Lage, CO₂ aus der Atmosphäre zu filtern. Damit erfüllen Algen sowohl in der Natur als auch in technischen Anwendungen wichtige Aufgaben (Vgl. Chapman & Chapman, 1973)

Überlebensbedürfnisse und Vermehrung

Algen benötigen Licht, vorzugsweise Sonnenlicht, um durch Fotosynthese Nährstoffe zu produzieren. Wasser ist ein essentielles Medium für sie, da es den Zugang zu gelösten Nährstoffen ermöglicht. Sie nehmen auch Mineralien und Nährstoffe, wie Stickstoff und Phosphor, aus ihrer Umgebung auf. CO₂ ist eine wesentliche Kohlenstoffquelle für ihre Fotosynthese. Viele Algenarten benötigen zudem bestimmte Temperaturen und pH-Werte, um optimal zu wachsen. Für einige Algenarten sind die unterschiedlichen Gewässer wichtig, da sie so Nährstoffe besser aufnehmen können (Vgl. Schlichting, 1974)

Grünalgen aus der Gruppe der Chlorophyta haben unterschiedliche Wege, sich zu vermehren. Oft teilen sie sich einfach, ein Prozess, der als ungeschlechtliche Vermehrung bekannt ist. Ein anderer ungeschlechtlicher Weg ist die Bildung von Zoosporen. Aber sie können sich auch geschlechtlich fortpflanzen, wobei sie spezielle Zellen namens Gameten produzieren. Diese Gameten verschmelzen und formen eine Zygospore, aus der später eine neue Alge wächst. Welcher Vermehrungsweg genutzt wird, hängt oft von den Umweltbedingungen, wie Licht oder Nährstoffen, ab (Vgl. Schlichting, 1974).

Lebenserwartung Chlorella-Algen

Chlorella-Algen haben eine variable Lebensdauer, die stark von den Umgebungsbedingungen abhängt. In idealen Bedingungen, etwa mit ausreichend Licht und Nährstoffen, können sie sich rasant vermehren, wobei eine Zellteilung alle 6 bis 8 Stunden möglich ist. Andererseits, wenn die Bedingungen weniger ideal sind (Nährstoffknappheit, wenig Licht oder extreme Temperaturen), können diese Algen ihre Wachstumsrate verlangsamen oder sogar in einen Ruhezustand

übergehen. In diesem Zustand könnten sie mehrere Monate bis vielleicht sogar über ein Jahr ausharren. Bei kultivierten Systemen, wie Photobioreaktoren, werden die Bedingungen oft so gesteuert, dass sie für *Chlorella* optimal sind. In freier Wildbahn oder unter weniger günstigen Bedingungen kann ihre Lebensdauer allerdings variieren (Vgl. Wang, Min, & Li, 2010).



Abb. 20: Überlebensfunktion Algen

Was geschieht, wenn sie nicht überleben?

Wenn *Chlorella*-Algen sterben, setzen Bakterien den Zersetzungsprozess in Gang. Dabei sinkt der Sauerstoffgehalt im Wasser, was die Wasserqualität beeinträchtigen kann. Gleichzeitig werden Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor ins Wasser zurückgeführt. Oft sammeln sich die toten Algen am Grund des Gewässers an und bilden organischen Schlamm. Manchmal führt das Absterben zu einer Verfärbung des Wassers und zu unangenehmen Gerüchen. Bei einigen Algenarten werden beim Absterben sogar Toxine freigesetzt, die das Ökosystem beeinflussen können (Vgl. Niederwieser, Kociolek, & Klaus, 2018)

Entscheidende Faktoren für das Überleben

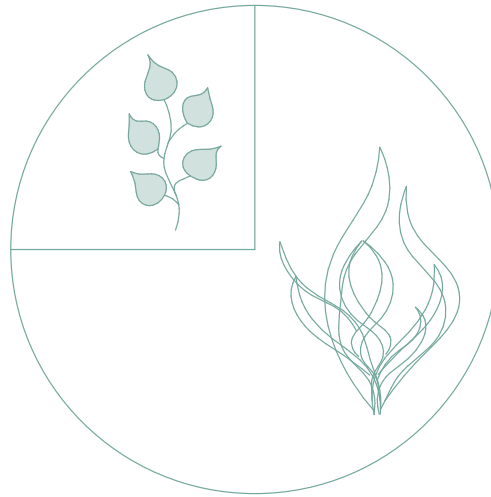
Das Überleben von Chlorella-Algen hängt von verschiedenen Faktoren ab. Licht ist notwendig, da es Fotosynthese ermöglicht - während Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor für das Wachstum der Alge benötigt werden. Die Temperatur muss in einem bestimmten Bereich liegen und einen bestimmten pH-Wert haben. Eine ausreichende Sauerstoffversorgung ist ebenfalls wichtig, obwohl Sauerstoffmangel in überbevölkerten Populationen problematisch sein kann. Schließlich konkurrieren Algen um Ressourcen und können Räubern ausgesetzt sein. Diese Faktoren beeinflussen das Wohlergehen und die Überlebensfähigkeit von Chlorella-Algen in ihrer Umgebung (Vgl. Niederwieser, Kociolek, & Klaus, 2018)

Auswirkungen auf Menschen und Umgebung

Algen wirken sich unterschiedlich auf Menschen, Umwelt und Umgebung aus. Durch ihren hohen Nährstoffgehalts dienen sie als eine wichtige Nahrungsquelle und Nahrungsergänzungsmittel. Durch Fotosynthese tragen sie zur Produktion von Sauerstoff bei, der für die Atmung von Menschen und anderen Lebewesen erforderlich ist. Da Algen Kohlendioxid aus der Atmosphäre binden, haben sie für die Regulierung des Kohlenstoffkreislaufs eine hohe Bedeutung. Übermäßiges Algenwachstum, insbesondere bei Algenblüten, kann jedoch die Wasserqualität beeinträchtigen und zu ökologischen Problemen führen. Aufgrund ihrer Art und Umgebungsbedingungen haben Algen komplexe Auswirkungen auf Menschen, Umwelt und Umgebung (Vgl. Shalaby, 2011)

Fotosynthese

Die wahren Sauerstoffquellen der Erde sind nicht Bäume.



Pflanzen



Meeresalgen

Meeresalgen produzieren etwa 70-80% des Sauerstoffs auf der Erde. Die restlichen Anteile werden von Pflanzen erzeugt.

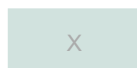


Abb. 21: Sauerstoffquellen

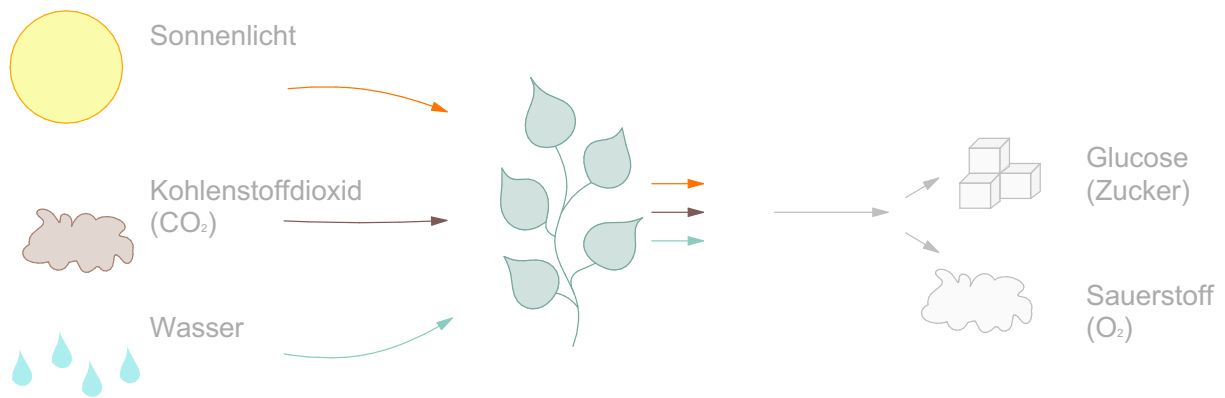


Abb. 22: Fotosynthese

Fotosynthese ist der Prozess, bei dem Pflanzen, Algen und bestimmte Bakterien Sonnenlicht nutzen, um Kohlendioxid aus der Luft und Wasser in Glukose und Sauerstoff umzuwandeln. Dabei wird das Sonnenlicht von Chlorophyll, einem grünen Pigment in den Zellen, eingefangen. Das produzierte Glukose dient den Organismen als Energiequelle und Baustein, während der freigesetzte Sauerstoff in die Atmosphäre abgegeben wird (Vgl. Farquhar, Caemmerer, & Berry, 2001).

Die Voraussetzungen für den Fotosyntheseprozess

Wenn man es mal überlegt, ist die Fotosynthese wirklich beeindruckend. Pflanzen, Algen und sogar einige Bakterien schnappen sich einfach das Sonnenlicht und wandeln Kohlendioxid und Wasser in Glukose und Sauerstoff um. Diese Glukose gibt ihnen die nötige Energie zum Wachsen und um sich fortzupflanzen. Und das Beste daran: Sie setzen dabei Sauerstoff frei, den wir und viele andere Lebewesen zum Atmen brauchen. Wenn dieser Prozess würde einfach stoppen würde hätten viele Ökosysteme ein Problem! Es ist also kein Wunder, dass die Fotosynthese so zentral für die Nahrungskette und unseren gesamten Kohlenstoffkreislauf ist (Vgl. Farquhar, Caemmerer, & Berry, 2001).

Fotosynthese in der belebten Welt: Organismen und Prozess

Wenn man über Fotosynthese spricht, denkt man zuerst an Pflanzen, da sie den bekannten Farbstoff Chlorophyll in ihren Chloroplasten haben. Aber es sind nicht nur Pflanzen: Algen und sogar einige spezielle Bakterien, wie die Cyanobakterien, können das auch (Vgl. Farquhar, Caemmerer, & Berry, 2001/Blankenship & Hartman, 1998)

Die begrenzten Ressourcen der Fotosynthese

Die Fotosynthese kann durch verschiedene Faktoren begrenzt werden. Eine zu geringe oder zu hohe Lichtintensität, Kohlendioxidmangel oder extreme Temperaturen können ihre Effizienz reduzieren. Wassermangel kann die Spaltöffnungen in den Blättern schließen lassen, was die CO₂-Aufnahme begrenzt. Ebenso kann ein Mangel an essentiellen Nährstoffen im Boden die Fotosynthese beeinträchtigen. In der Nacht findet bei den meisten Pflanzen keine Fotosynthese statt, da keine Lichtquelle vorhanden ist. Stattdessen überwiegt in dieser Zeit die Zellatmung (Vgl. Zhenzhu, Guangsheng, & Hideyuki, 2009).

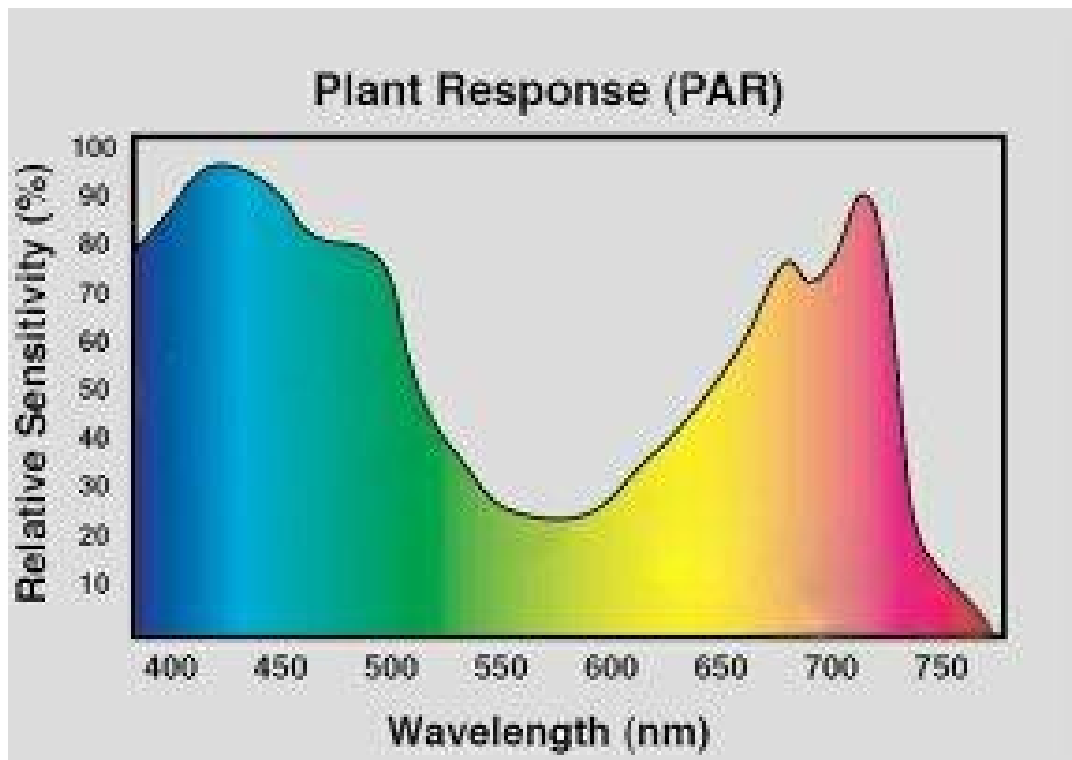


Abb. 23: Plant response

Welche Lichtquelle macht welchen Effekt auf Fotosynthese?

Für Pflanzen haben unterschiedliche Lichtfarben im Spektrum verschiedene Wirkungen:

- Bei blauem Licht (400-500 nm) steht das vegetative Wachstum im Vordergrund, und es hat Einfluss auf die Photomorphogenese.
- Rotes Licht (600-700 nm) spielt eine zentrale Rolle in der Fotosynthese und hat Einfluss auf die Blütenbildung.
- Grünes Licht (500-600 nm) wird überwiegend reflektiert, wodurch Pflanzen grün erscheinen, hat aber spezielle Funktionen in tieferen Blattbereichen.
- Gelbes Licht (570-590 nm) kann von Pflanzen genutzt werden, allerdings nicht mit der gleichen Effizienz wie blaues oder rotes Licht.
- Pinkes Licht setzt sich meist aus blauem und rotem Licht zusammen und unterstützt sowohl das vegetative Wachstum als auch die Fotosynthese.
- Oranges Licht (590-620 nm) ist für die Fotosynthese nutzbar, kommt jedoch nicht an die Effizienz von reinem rotem Licht heran.

Das Verständnis dieser Lichtwirkungen ist besonders in kontrollierten Umgebungen wie Hydrokultursystemen von Bedeutung (Vgl. Mooij, Guus de Vries, Latsos, Wijffels, & Janssen, 2016/Wu, et al., 2018).

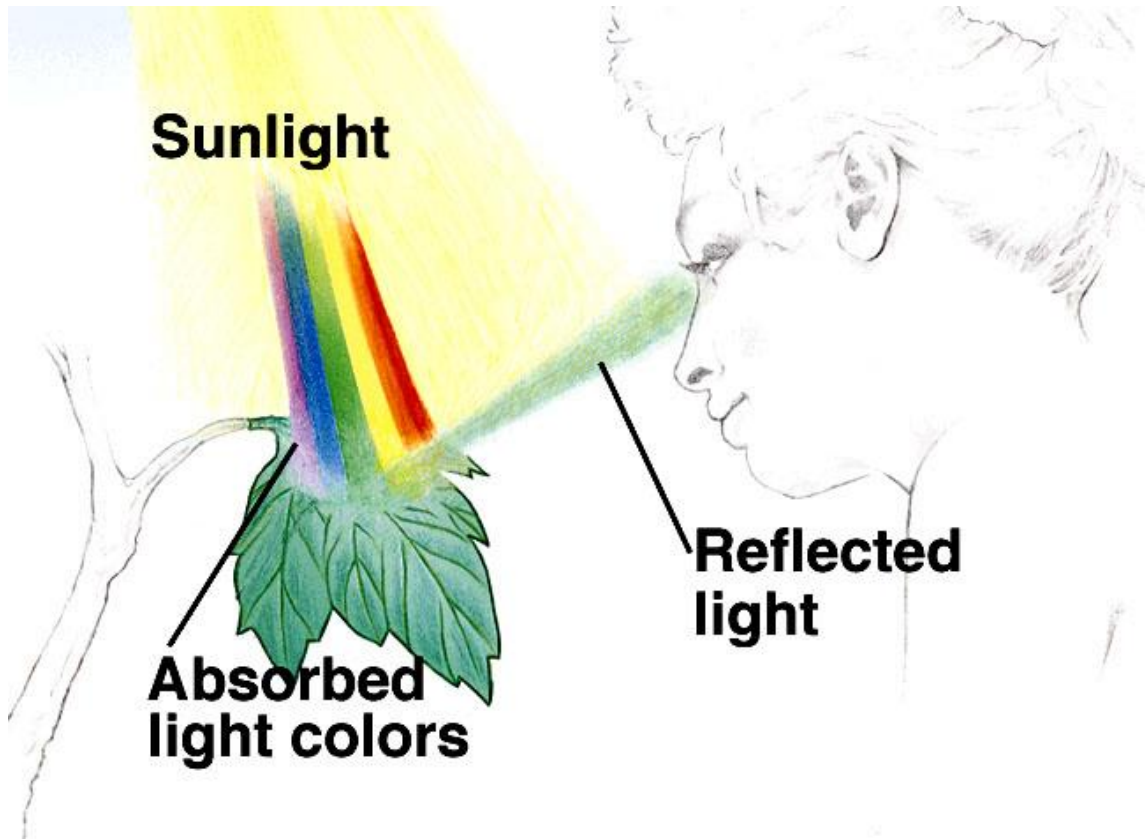


Abb. 24: Absorbed light colors

Infrarotstrahlung entsteht durch künstliche Heizsysteme, technische Geräte und Beleuchtungen. Menschen emittieren aufgrund ihrer Körpertemperatur Strahlung. Zusätzlich können Materialien, die Wärme absorbieren (z.B. durch Sonneneinstrahlung), können zudem Infrarotstrahlung an die Umgebung abgeben. Infrarotstrahlung hat zwar keinen direkten Einfluss auf Fotosynthese, da Pflanzen Licht im sichtbaren Bereich für diesen Prozess nutzen. Die Absorption kann jedoch zu einer Erhöhung der Blattoberflächentemperatur führen und zu hohen Temperaturen können enzymatische Prozesse in der Fotosynthese beeinträchtigen (Vgl. Hollandt, 2009).

Infrarotstrahlung kann durch spezielle Beschichtungen oder Folien, die reflektierende Eigenschaften blockieren. Einige moderne Fenstergläser sind mit solchen Beschichtungen ausgestattet, um Wärmeeintrag zu reduzieren. Auch Materialien wie dicht gewebte Stoffe können einen Teil der Infrarotstrahlung abschirmen. In spezifischen Anwendungen können auch Infrarotblocker oder spezielle Filter zum Einsatz kommen, um die Strahlung zu reduzieren (Vgl. Hollandt, 2009).

Für mein Unterwasserhotel möchte ich die Infrarotstrahlung minimieren, da sie negative Auswirkungen auf die Meeresumwelt hat. Durch den Einsatz von Argonglas mit speziellen Beschichtungen plane ich, diese Strahlung effektiv zu blockieren. Dieser Ansatz unterstützt mein Ziel, einen minimalen ökologischen Fußabdruck zu hinterlassen und die Unterwasserwelt zu schützen.

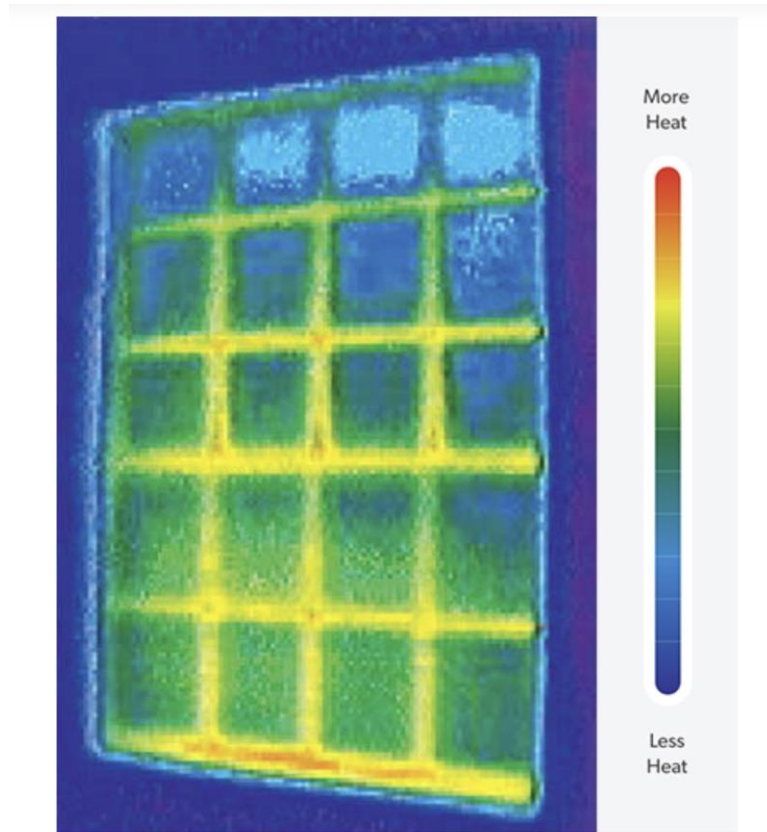


Abb. 25: Argonglas

Die Umweltfreundlichkeit und Effizienz von Heizlösungen spielt eine wichtige Rolle im Unterwasserhotel, um die Umgebung unberührt zu lassen. Für die Wärmeisolierung wird Argonglas verwendet, das aus mehreren Glasschichten besteht, die durch Argon - ein farb- und geruchloses Edelgas, voneinander getrennt sind. Dieses Gas bietet eine verbesserte Wärmeisolierung und reduziert den Energieverlust, was in einem Unterwasserkontext besonders wertvoll ist (Vgl. WindowWorld, 2023).

Der Hauptenergiebedarf wird aus Solarpaneelen gewonnen, diese sind an der äußeren Fassade der Verbindungsgänge angebracht und wandeln Sonnenlicht in elektrische Energie um. Diese wird durch eine Wärmepumpentechnologie unterstützt, die Wärme aus dem umgebenden Wasser extrahiert, ohne die Temperatur zu verändern.

Ein weiteres Merkmal des Hotelbetriebs ist die Einbindung von Künstlicher Intelligenz ins Energiemanagement und zur Steigerung des Gästekomforts. Die KI verarbeitet Daten von Sensoren, überwacht den Energiebedarf in Echtzeit und passt die Systeme entsprechend an. Sie steuert Heizsysteme, Lichtverhältnisse und andere raumbezogene Einstellungen (Vgl. Ghallab, 2019).

Photobioreaktor

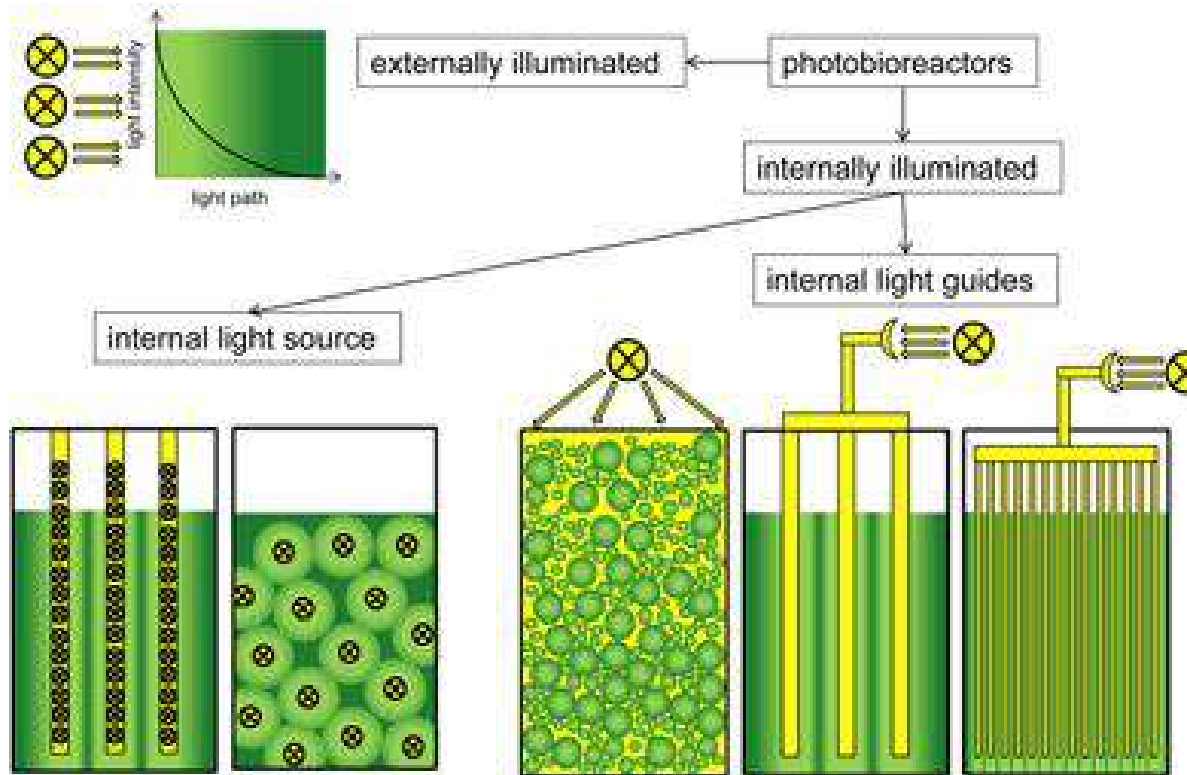


Abb. 26: Photobioreaktor

Ein Photobioreaktor ist ein System, das optimale Bedingungen für das Wachstum von Mikroorganismen, insbesondere Algen, schafft. In ihm wird durch Licht (natürlich oder künstlich) die Photosynthese der Algen angeregt. Die Algen absorbieren CO_2 und setzen Sauerstoff frei. Nährstoffreiches Wasser und optimale Temperaturen fördern ihr Wachstum. Photobioreaktoren können in verschiedenen Designs vorliegen, wie z.B. Schlauch- oder Plattenreaktoren. Sie werden in Bereichen wie Biokraftstoffproduktion, Nahrungsmittelergänzung und Abwasserbehandlung eingesetzt (Vgl. Suh & Choul-Gyun, 2003/Vgl. Heining & Buchholz, 2015)

Photobioreaktor: Funktionen und Anwendung

Ein Photobioreaktor ist ein interessantes Gerät, das Licht verwendet, um Algen und ähnliche Mikroorganismen wachsen zu lassen. Innerhalb des Reaktors wird sowohl Licht für die Photosynthese bereitgestellt als auch ein spezielles Medium für das optimale Wachstum der Organismen. Einer der Vorteile solcher Reaktoren ist die präzise Kontrolle über Faktoren wie Temperatur und Lichtintensität. Sobald die Mikroorganismen die gewünschte Dichte erreichen, können sie geerntet werden. Es ist erwähnenswert, dass Photobioreaktoren in verschiedenen Branchen Anwendung finden, beispielsweise in der Herstellung von Biokraftstoffen (Vgl. Suh & Choul-Gyun, 2003/Vgl. Heining & Buchholz, 2015).



Abb. 27: Fassade Photobioreaktor



Abb. 28: Fassade Photobioreaktor 2

Die Einbindung von Algen in die Fassade des Unterwasserhotels auf Peberholm bietet eine innovative Möglichkeit, das interne Klima zu optimieren und den ökologischen Fuß-abdruck zu minimieren. Algen Produzieren Sauerstoff. Durch Photosynthese absorbieren sie CO₂ und geben Sauerstoff ab, wodurch maschinelle Belüftungssysteme eingeschränkt werden können.

Bieten thermische Isolierung. Sie helfen, die Innentemperatur des Hotels konstant zu halten, was den Energiebedarf für Heizung oder Kühlung senkt. Ihre dynamische grüne Fassade ist nicht nur optisch ansprechend, sondern bildet auch ein lehrreiches Element über Nachhaltigkeit. Ihre Fähigkeit, CO₂ zu absorbieren, macht das Gebäude klimapositiv (Vgl. Davison, 1991).

Energienutzung

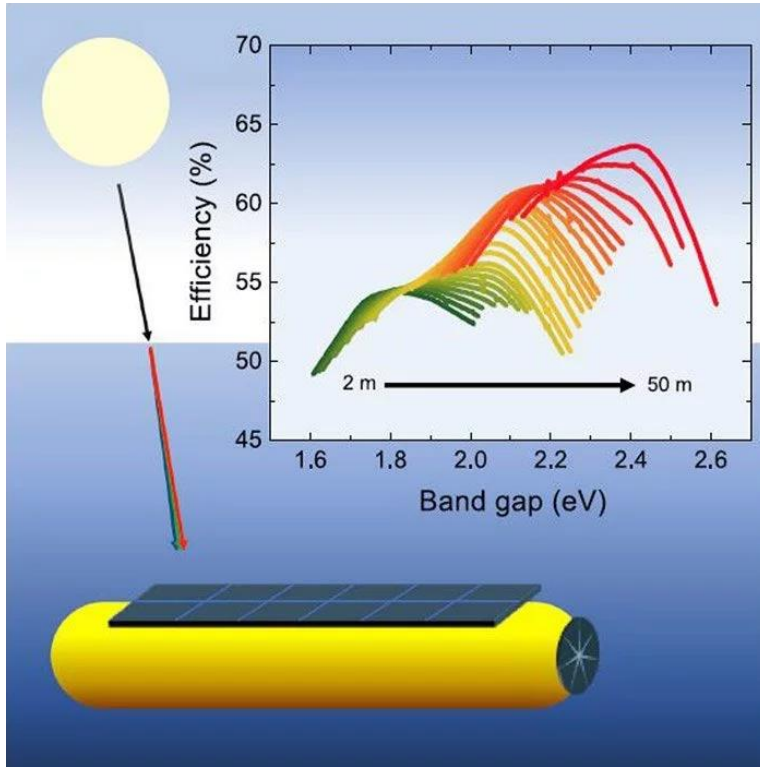


Abb. 29: Solarenergie

In einem Unterwasserhotel in Peberholm stellt die Nutzung von Solarenergie eine besondere Herausforderung dar, da die Sonneneinstrahlung mit zunehmender Wassertiefe abnimmt. Trotzdem gibt es verschiedene innovative Ansätze. Einer der Hauptlösungen ist die Integration von Solarpaneelen direkt an der Oberfläche des Gebäudes. Diese Paneele könnten Sonnenlicht effizient einfangen und in Energie umwandeln.

Um das gesammelte Sonnenlicht auch in tieferen Bereichen des Hotels zu nutzen, könnten optische Fasern eingesetzt werden, die das Licht in tiefere Hotelbereiche leiten und auf interne Solarzellen lenken. Neben der solaren Energiegewinnung direkt am Gebäude könnten auch schwimmende Solarplattformen in der Nähe Energie sammeln und zum Hotel weiterleiten. Eine Kombination mit anderen Energiequellen, wie Wasserströmungs-Turbinen, könnte für eine konstante Energieversorgung sorgen (Vgl. Röhr, Sartor, Lipton, & Taylor, 2023).

Im Unterwasserhotel wird die Erschließungsfläche, also die Gehwege zu den Zimmern und zum Restaurant, durch Solarenergie beleuchtet. Solarpaneele sind an der Außenfassade dieser Verbindungswege angebracht. Durch diese Anordnung wird umweltfreundliche Energie erzeugt, die für die Beleuchtung und eventuell andere elektrische Systeme genutzt wird.

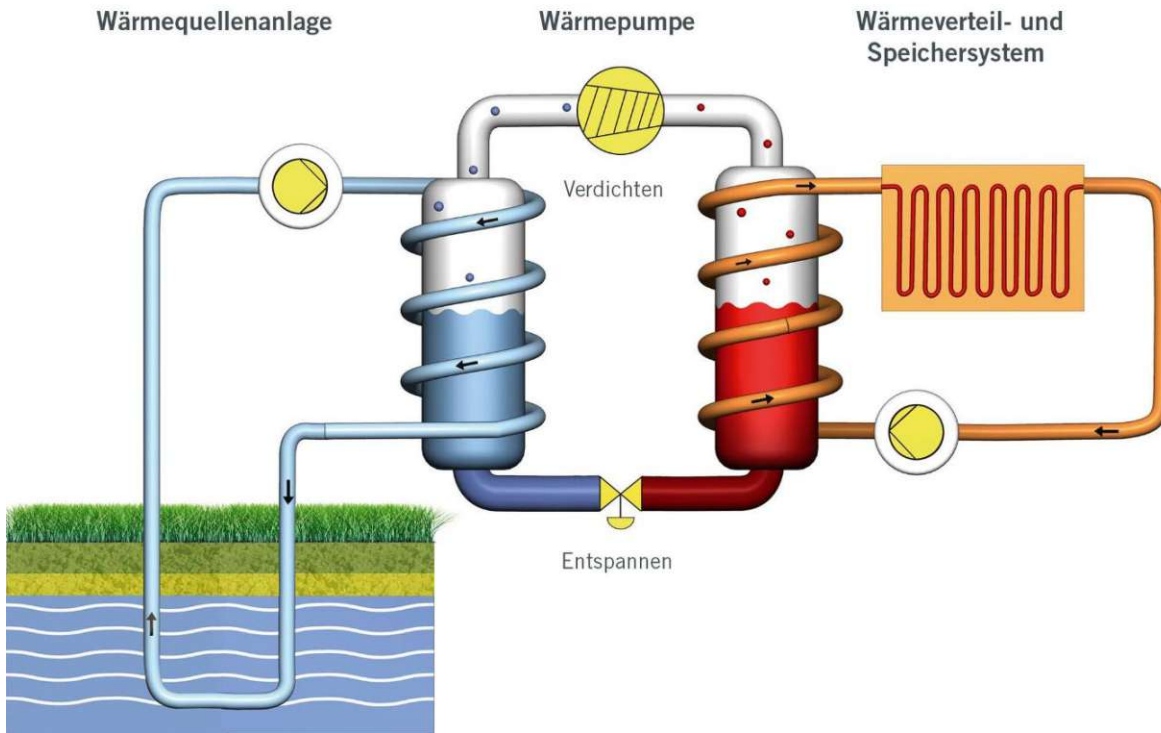


Abb. 30: Wasserwärmepumpe

Wasserwärmepumpe (WWP) kann zur Energiegewinnung in marinen Umgebungen eingesetzt werden, insbesondere wenn konstante Wassertemperaturen und zuverlässige Strömungen gegeben sind. Die Funktionsweise einer WWP basiert auf dem Prinzip der Wärmeübertragung. Sie nutzt die Temperaturunterschiede zwischen verschiedenen Wasserschichten oder zwischen dem Wasser und der umgebenden Luft, um Energie zu gewinnen (Vgl. Bösch, O.A.).

Die konstanten Strömungen im Öresund können dazu beitragen, die Effizienz der Wasserwärmepumpe zu erhöhen, da sie für eine konstante Zufuhr von Wasser mit unterschiedlichen Temperaturen sorgen (Vgl. Bösch, O.A.).

In Anbetracht der Gegebenheiten von Peberholm und des Öresund würde sich die Verwendung einer Wasserwärmepumpe zur Energiegewinnung definitiv lohnen. Sie bietet eine erneuerbare und umweltfreundliche Energiequelle, die das Unterwasserhotel effizient versorgen kann (Vgl. Bösch, O.A.).

Künstliche Intelligenz (AI/KI)

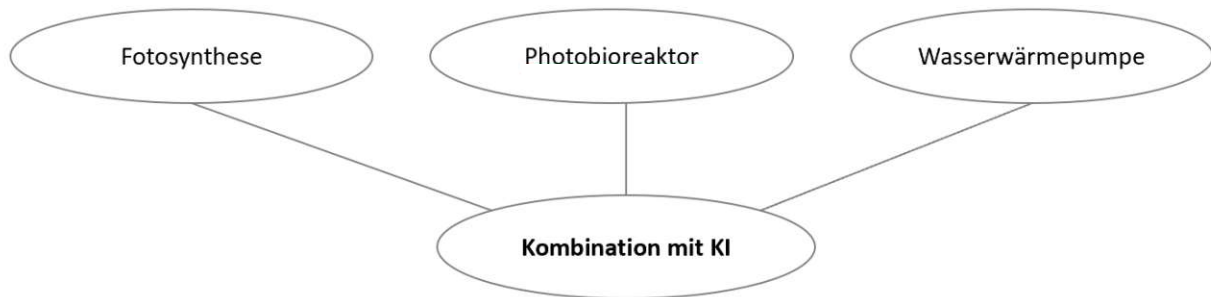


Abb. 31: Kombination mit KI

KI im Überblick

Künstliche Intelligenz bezeichnet Maschinen oder Software, die Denkprozesse simulieren und lernen können. Technologien wie maschinelles Lernen ermöglichen es, aus Daten zu lernen und komplexe Aufgaben zu bewältigen. Anwendungsbeispiele sind Chatbots und autonom fahrende Autos (Vgl. Ghallab, 2019).

Voraussetzungen für die Anwendung von KI

Um Künstliche Intelligenz ins Spiel zu bringen, braucht man vor allem Daten, denn darauf trainieren oder arbeiten die Algorithmen. Daneben sind spezielle Software-Tools und kräftige Hardware, oft moderne Computer oder Cloud-Lösungen, unerlässlich. Ein gutes Verständnis von KI und maschinellem Lernen hilft enorm, wenn man diese Modelle effizient erstellen und nutzen möchte (Vgl. Ghallab, 2019).

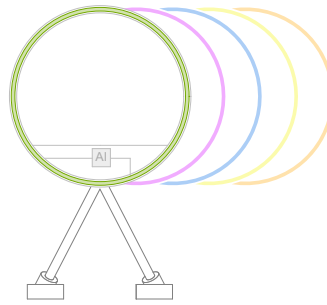


Abb. 32: Lichtquelle Photobioreaktor mit KI

Überblick KI integrierter Photobioreaktor

Ein AI-integrierter Photobioreaktor kombiniert Künstliche Intelligenz mit den Funktionen eines Photobioreaktors. Durch die AI können Wachstumsbedingungen von phototrophen Mikroorganismen wie Algen in Echtzeit überwacht und angepasst werden. Automatische Anpassungen von Parametern wie Lichtintensität, Temperatur und Nährstoffzufuhr sind möglich. Die Integration von AI ermöglicht auch die frühzeitige Erkennung und Korrektur unerwünschter Veränderungen. Das Resultat ist eine gesteigerte Biomasseausbeute und eine konsistente Produktqualität (Vgl. Lee, Job, Sample, & Matula, 2021).

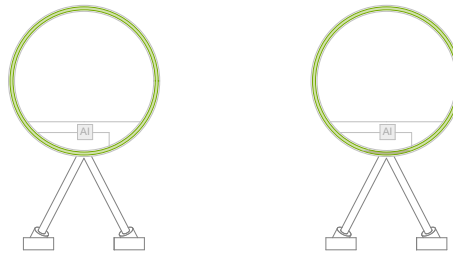


Abb. 33: Photobioreaktor KI

Integration von Algen in Gebäudefassaden: Die Rolle von AI-gesteuerten Photobioreaktoren

Algen-Fassaden bestehen aus transparenten Röhren oder Paneelen, die an Gebäuden angebracht sind und Algenkulturen enthalten. Integrierte Sensoren überwachen ständig Bedingungen wie Licht und Temperatur. Die Künstliche Intelligenz analysiert diese Daten, um das Algenwachstum zu optimieren, etwa durch Anpassung der Nährstoffzufuhr. Durch Echtzeitanpassungen können optimale Bedingungen aufrechterhalten werden. Die Algen tragen zur Gebäudeisolierung bei und können als Energiequelle geerntet werden. Dieses System kombiniert somit nachhaltige Energieproduktion mit Gebäudeeffizienz (Vgl. Lee, Job, Sample, & Matula, 2021).

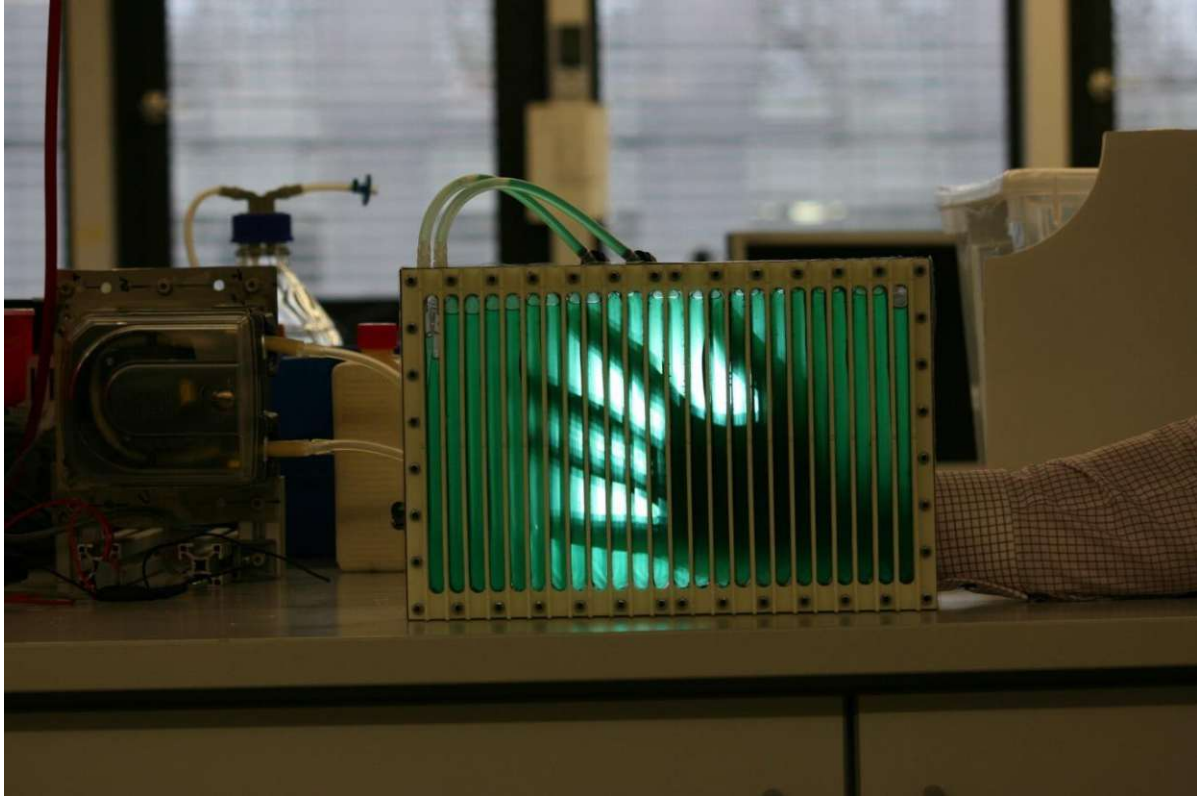


Abb. 34: Photobioreaktor transparent

KI integrierte Wasserwärmepumpe

In einem Unterwasserhotel auf Peberholm würde eine Wasserwärmepumpe mit integrierter KI das umgebende Meerwasser als Wärmequelle nutzen, um die Innenräume zu temperieren. Durch den Einsatz von KI wird der Betrieb der Pumpe anhand von Umweltbedingungen wie Wassertemperatur und saisonalen Schwankungen automatisch angepasst. Weiterhin berücksichtigt das System Belegungsraten und andere Nutzerdaten, um den Energieverbrauch zu optimieren. Intelligente Sensoren und Algorithmen ermöglichen eine frühzeitige Erkennung von Verschleiß und potenziellen Defekten, was die Wartung erleichtert, dadurch wird ein effizienter und stabiler Betrieb des Heiz- und Kühlsystems im speziellen Umfeld eines Unterwasserhotels gewährleistet.

Konzeptentwicklung



Abb. 35: Konzept

Konstruktion

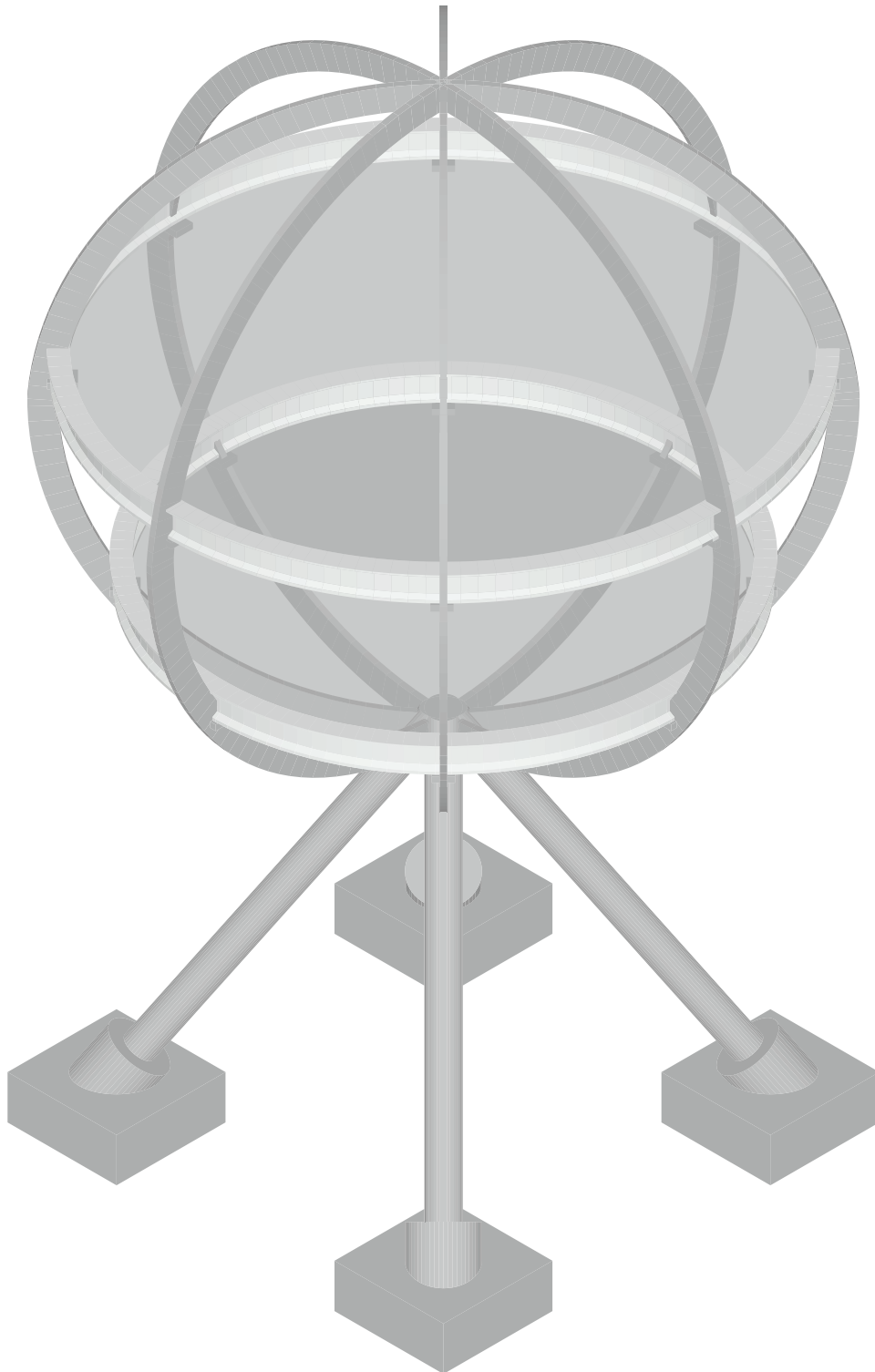
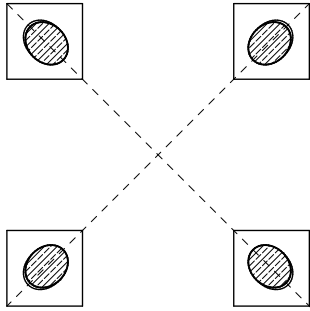
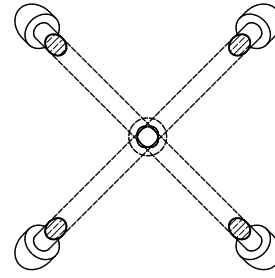


Abb. 36: Konstruktion - Tragwerk

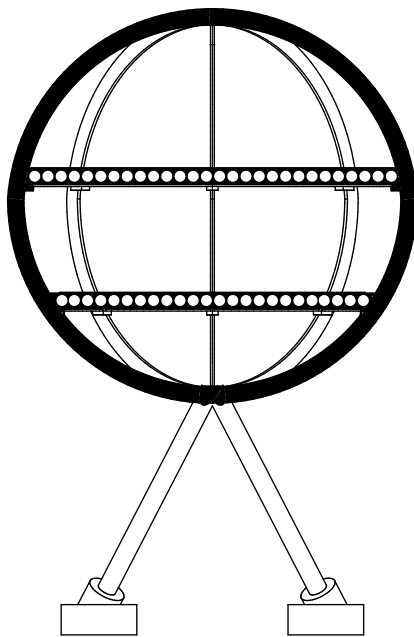
Fundament



Verbindung

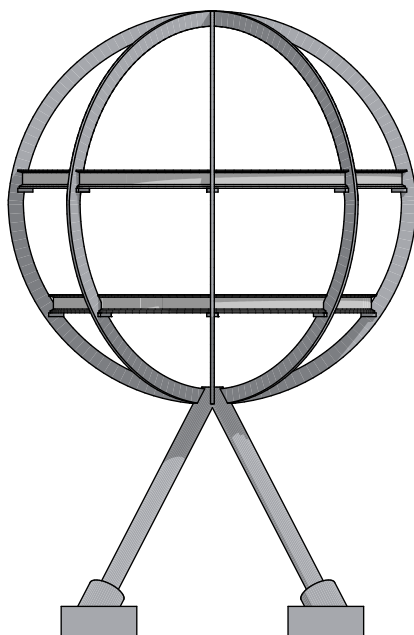


Schnitt



M 1:200

Ansicht



M 1:200

Materialität

Bauweise: Skelettbau
 Fundament: Stahlbeton
 Decke: Stahlbeton (Bubble Decke)
 Stütze: Stahl
 Träger: Stahl

Bubble Decke

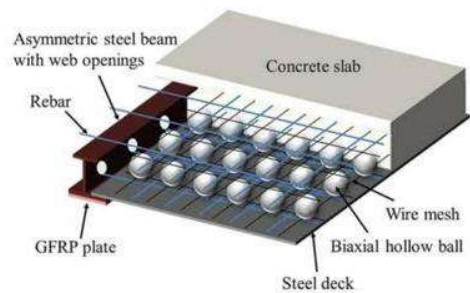
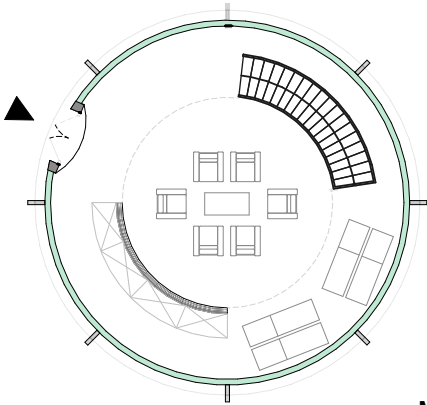


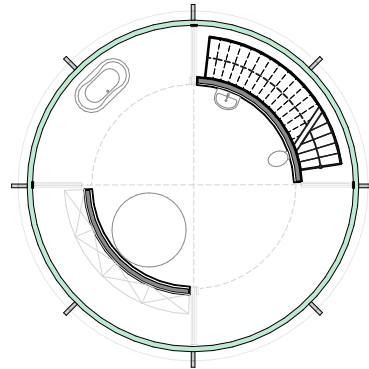
Abb. 37: Konstruktion - Tragwerkskonzept

Flexibilität

Offen

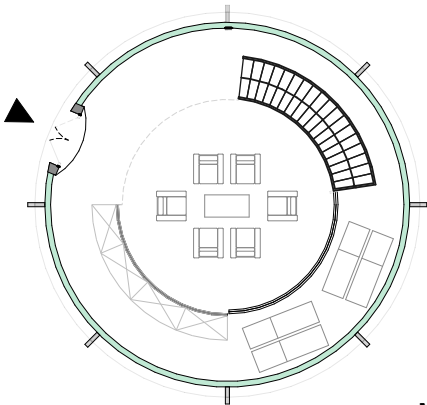


M 1:200

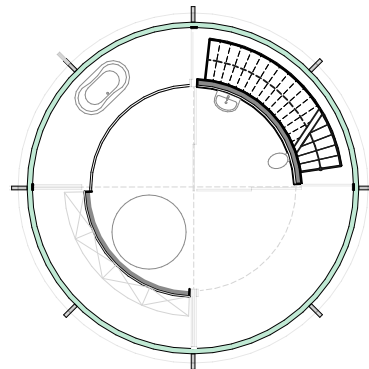


M 1:200

Halboffen

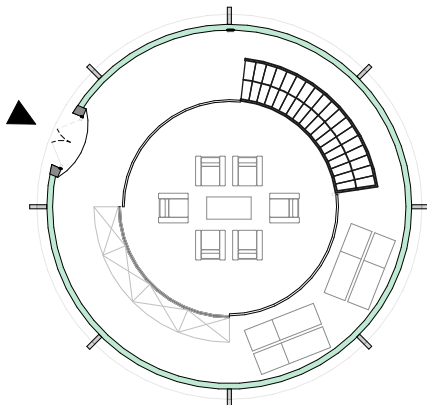


M 1:200

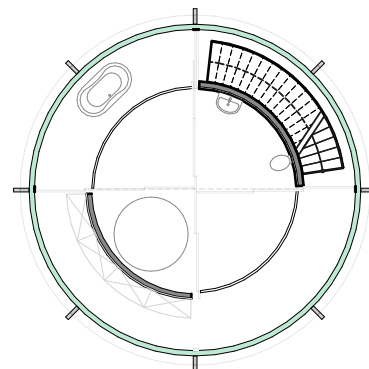


M 1:200

Geschlossen



M 1:200



M 1:200

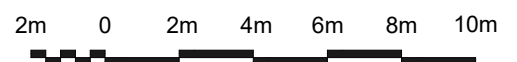


Abb. 38: Flexibilität

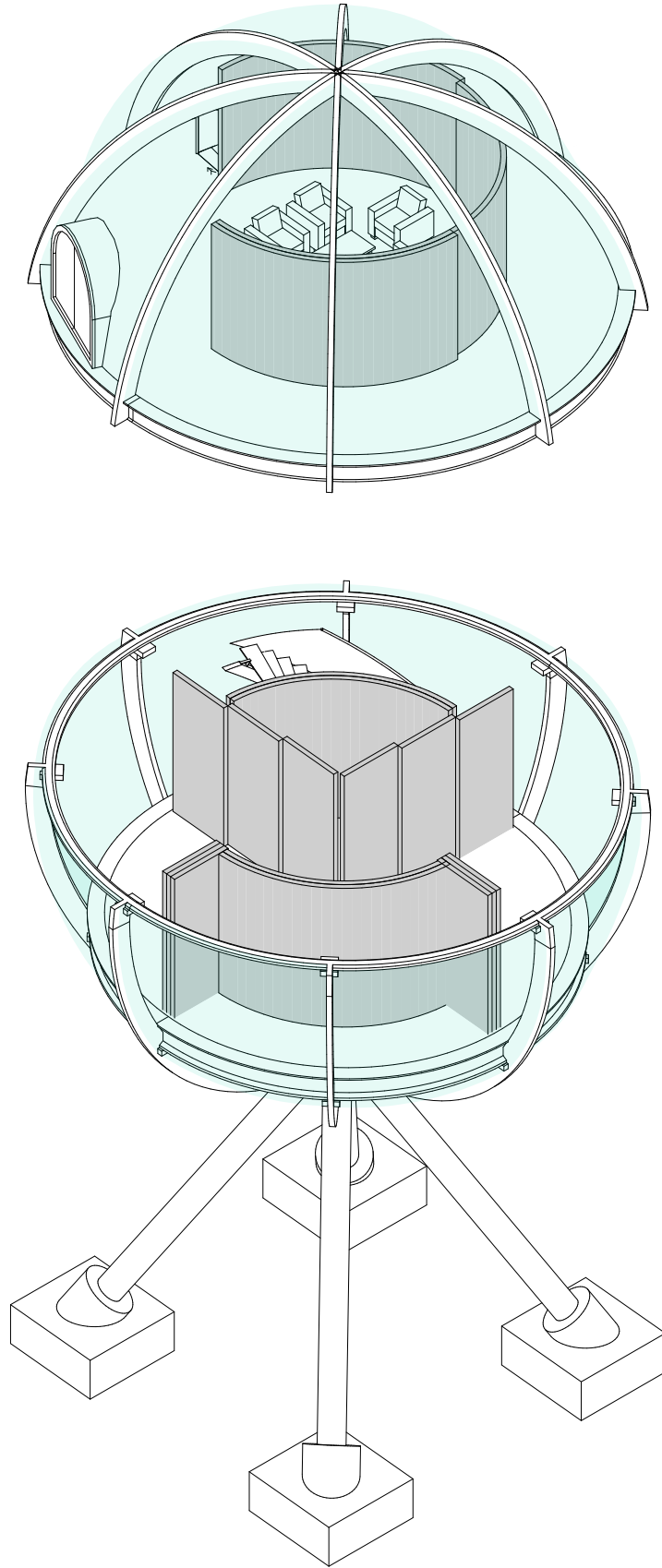


Abb. 39: Axonometrie 1

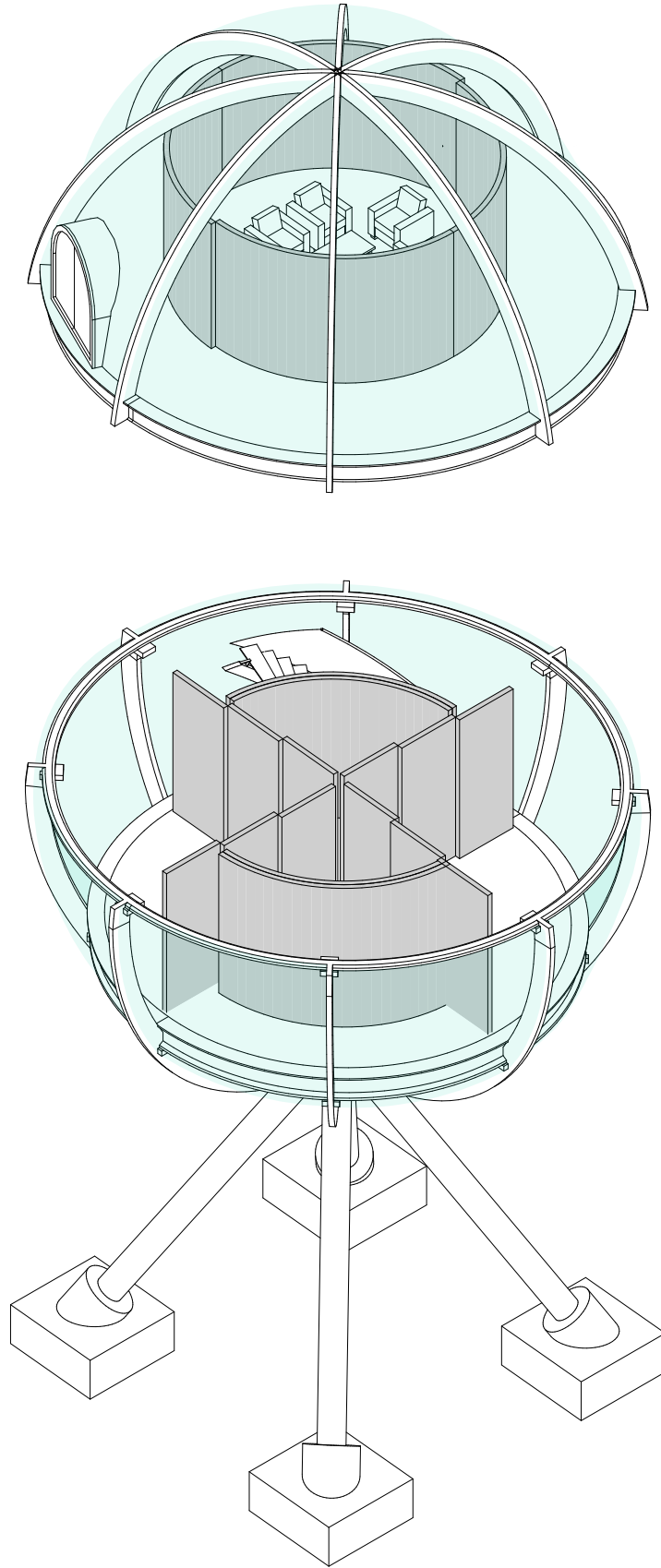


Abb. 40: Axonometrie 2

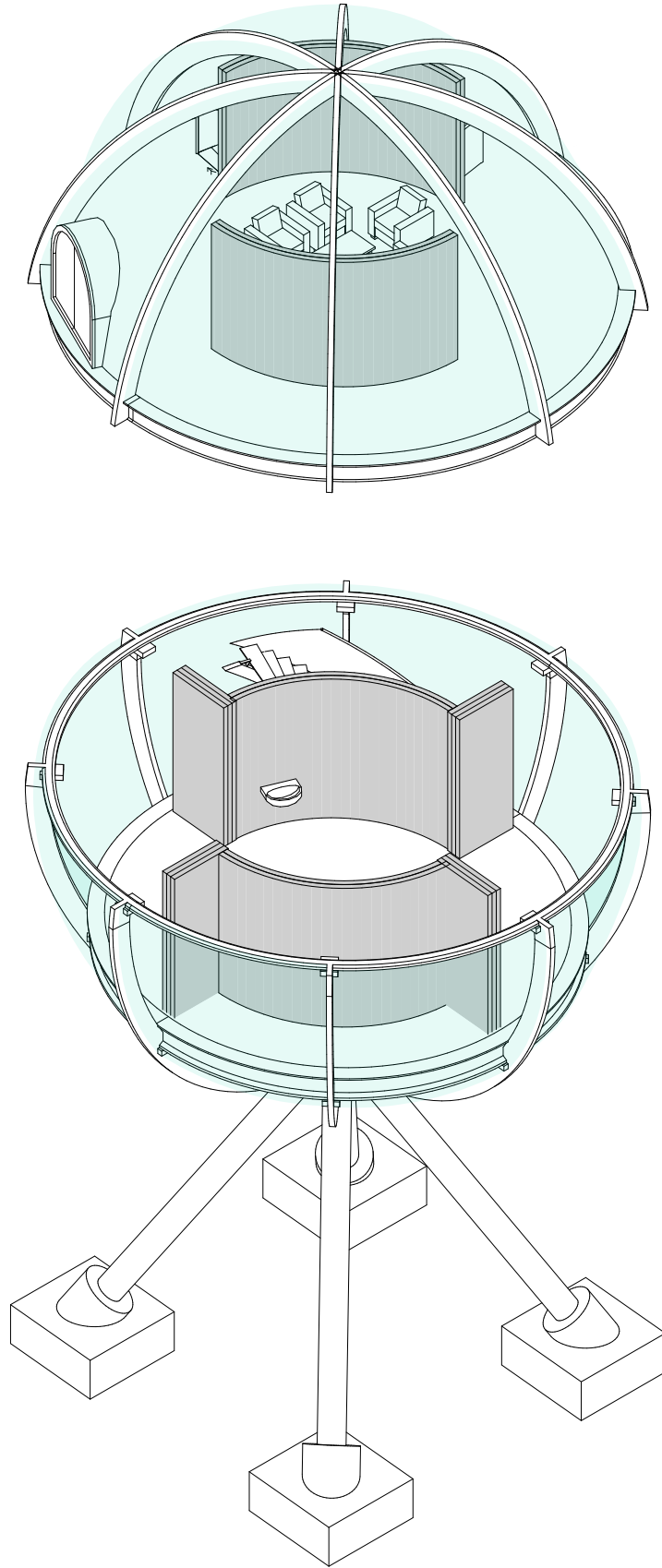


Abb. 41: Axonometrie 3

05- Resultat

Schwarzplan



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.

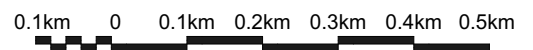
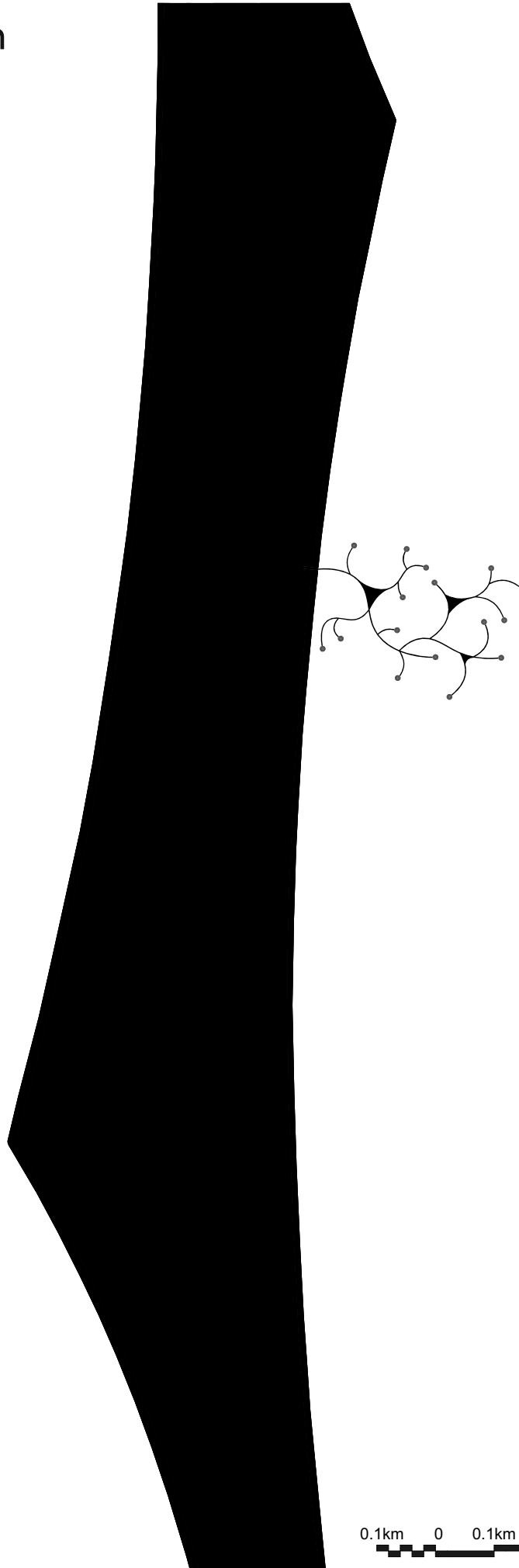


Abb. 42: Schwarzplan M 1:10000

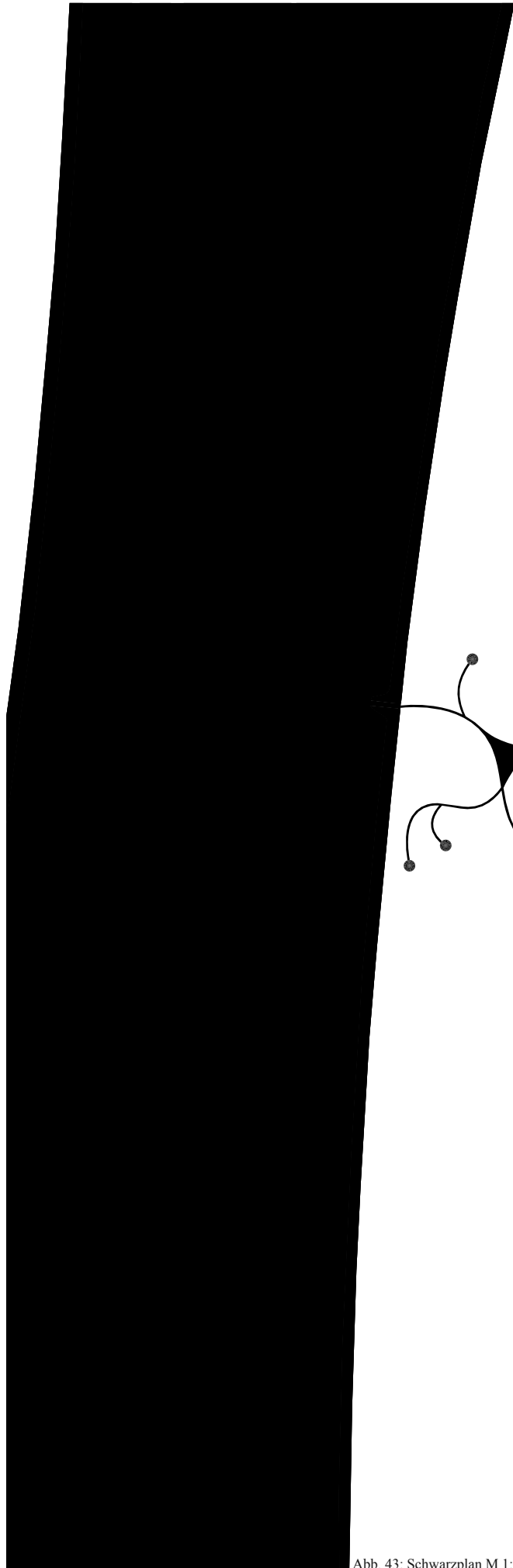
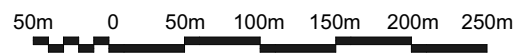


Abb. 43: Schwarzplan M 1:5000



Lageplan

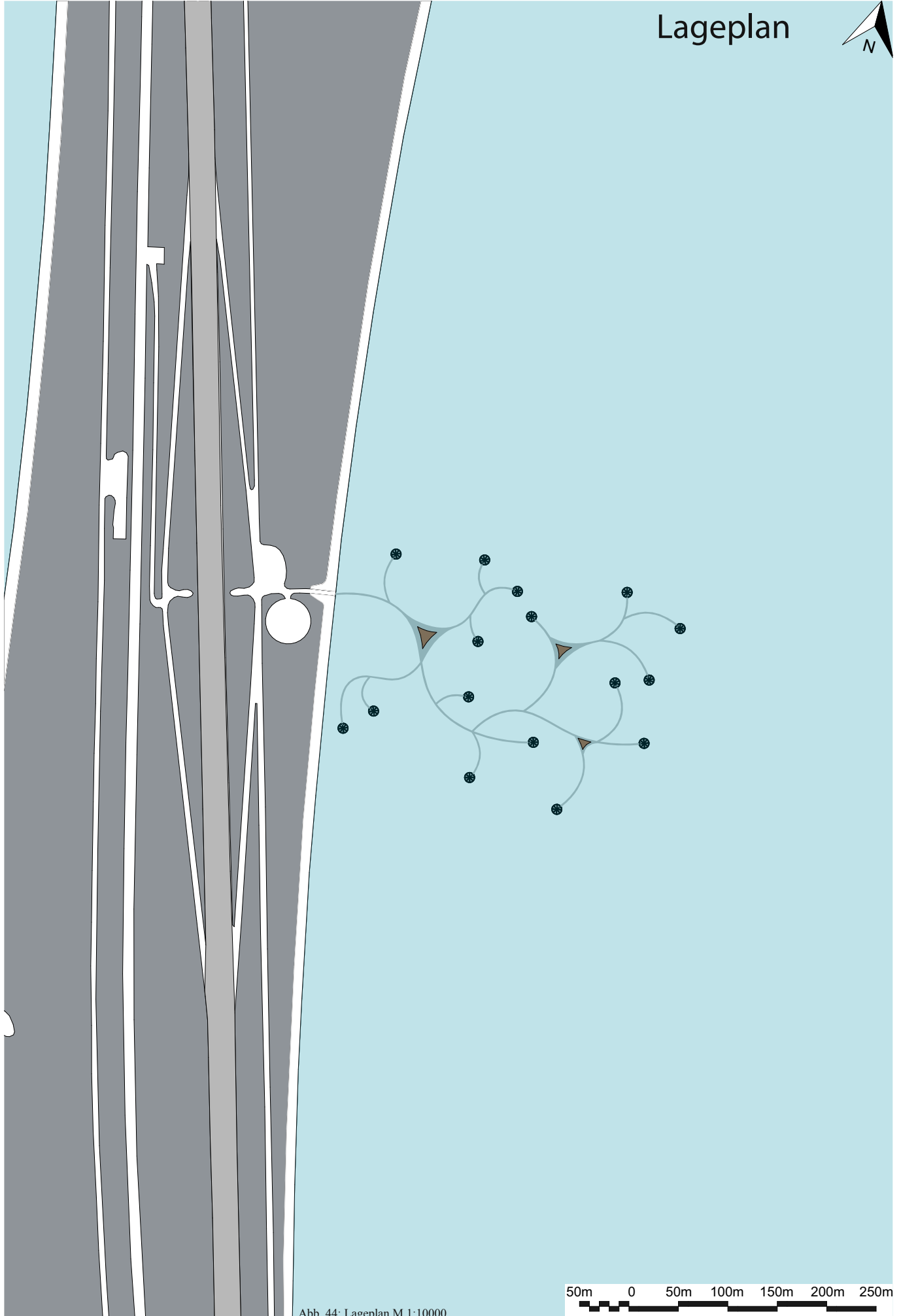
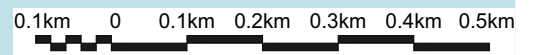
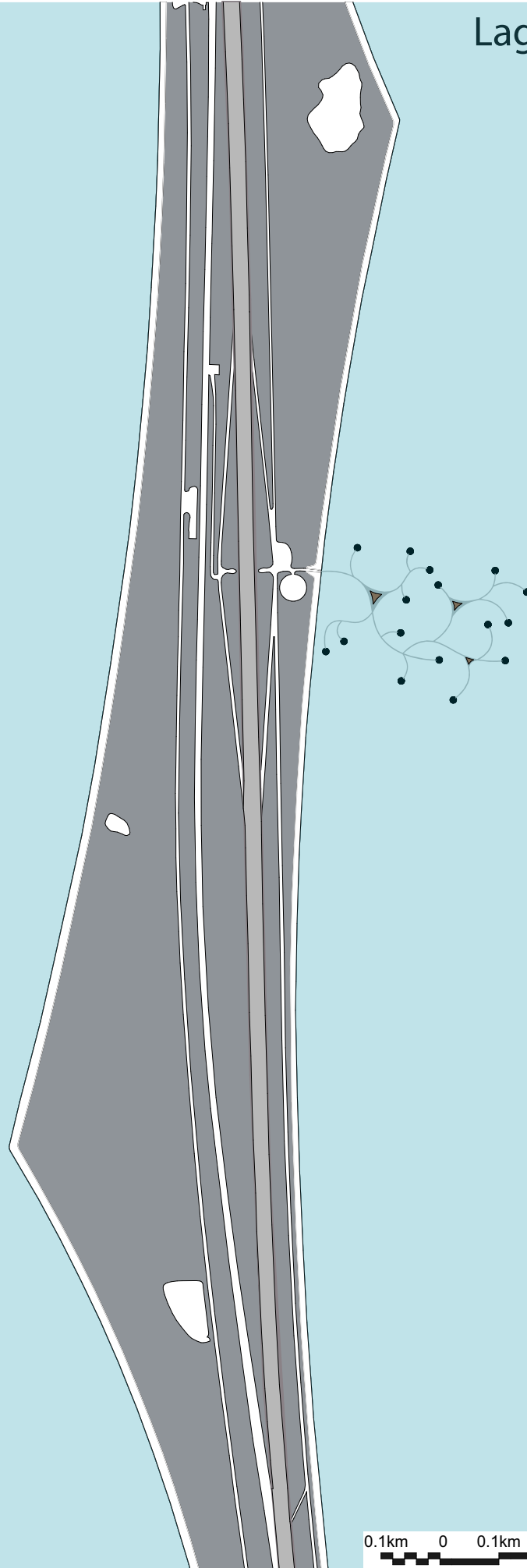


Abb. 44: Lageplan M 1:10000

Lageplan



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.



M 1:5000

Abb. 45: Lageplan M 1:5000

Grundrisse/Grundrisssequenz



1.Ebene -9m

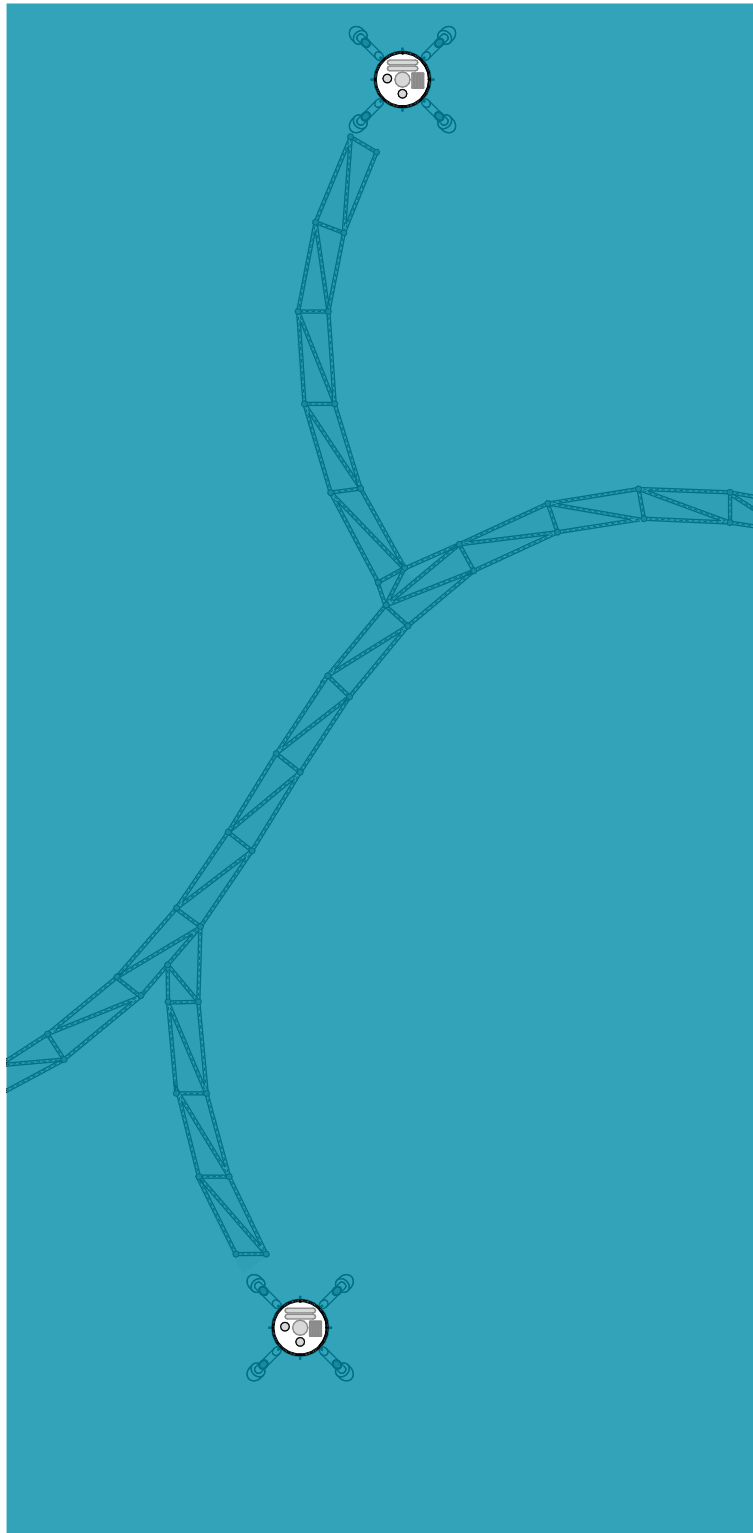
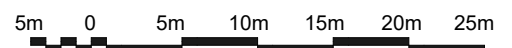


Abb. 46: Grundrisssequenz 1

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.



M 1:500





2.Ebene -6m

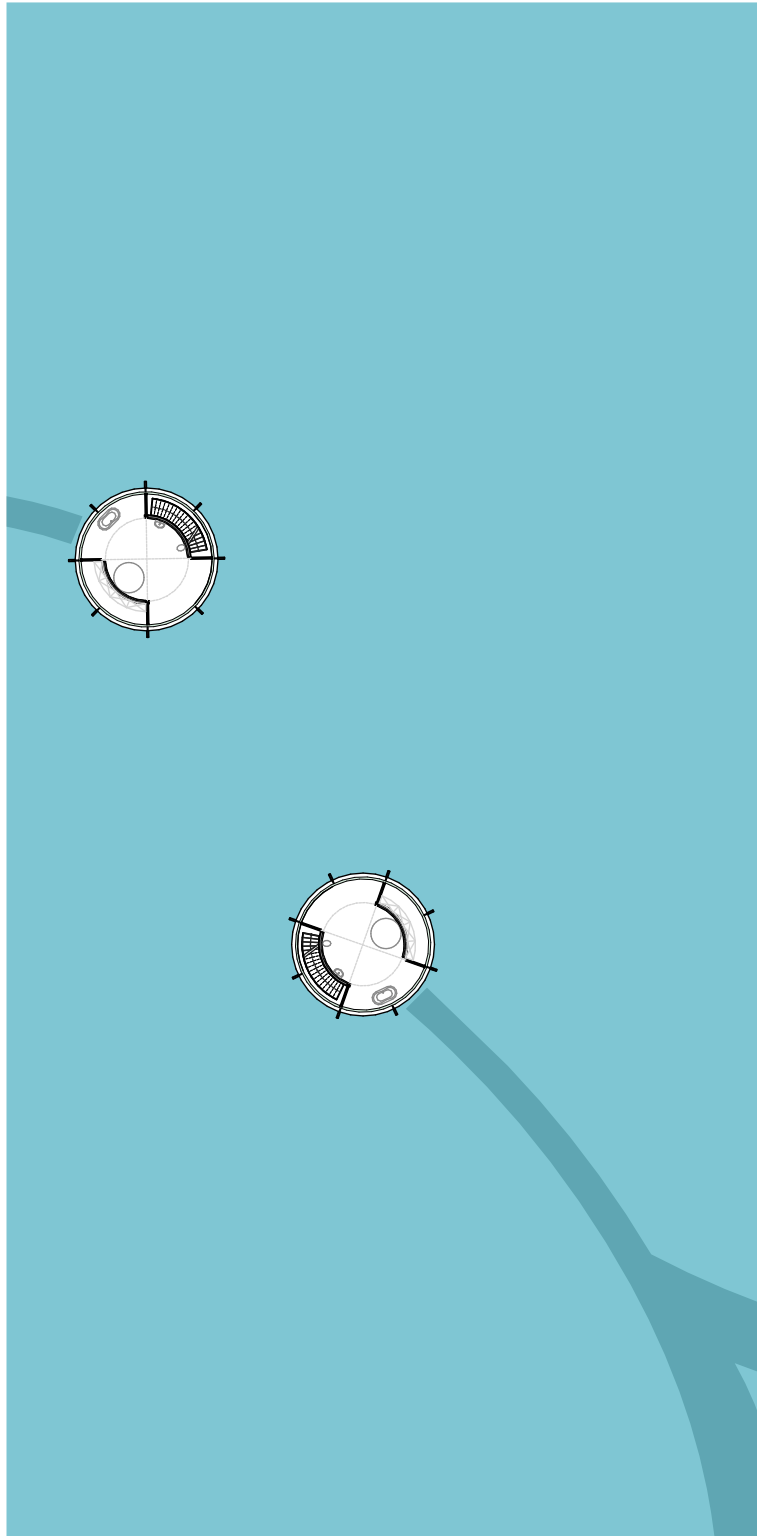


Abb. 47: Grundrisssequenz 2

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.



M 1:500





3.Ebene -3m

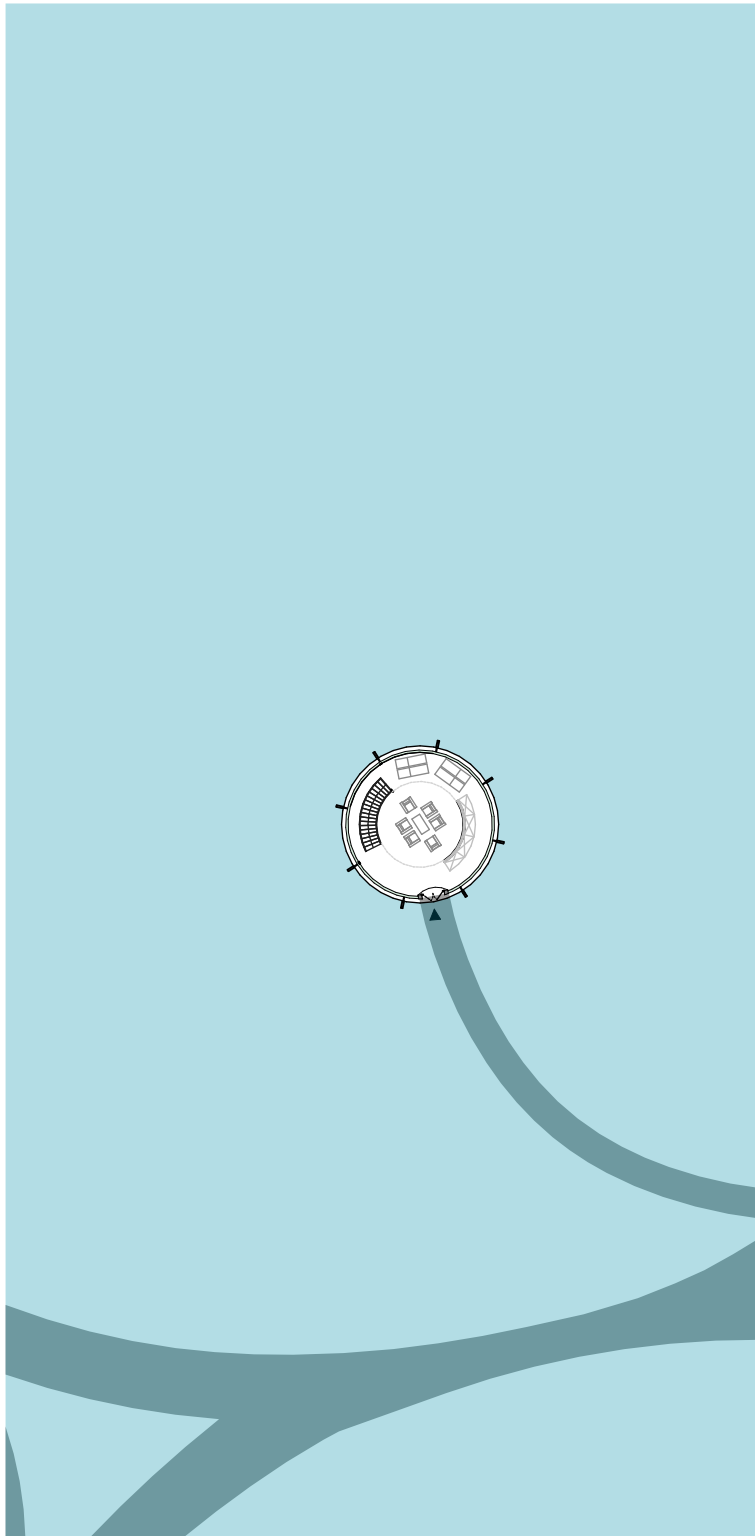
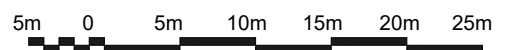


Abb. 48: Grundrissequenz 3

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.





4.Ebene 0

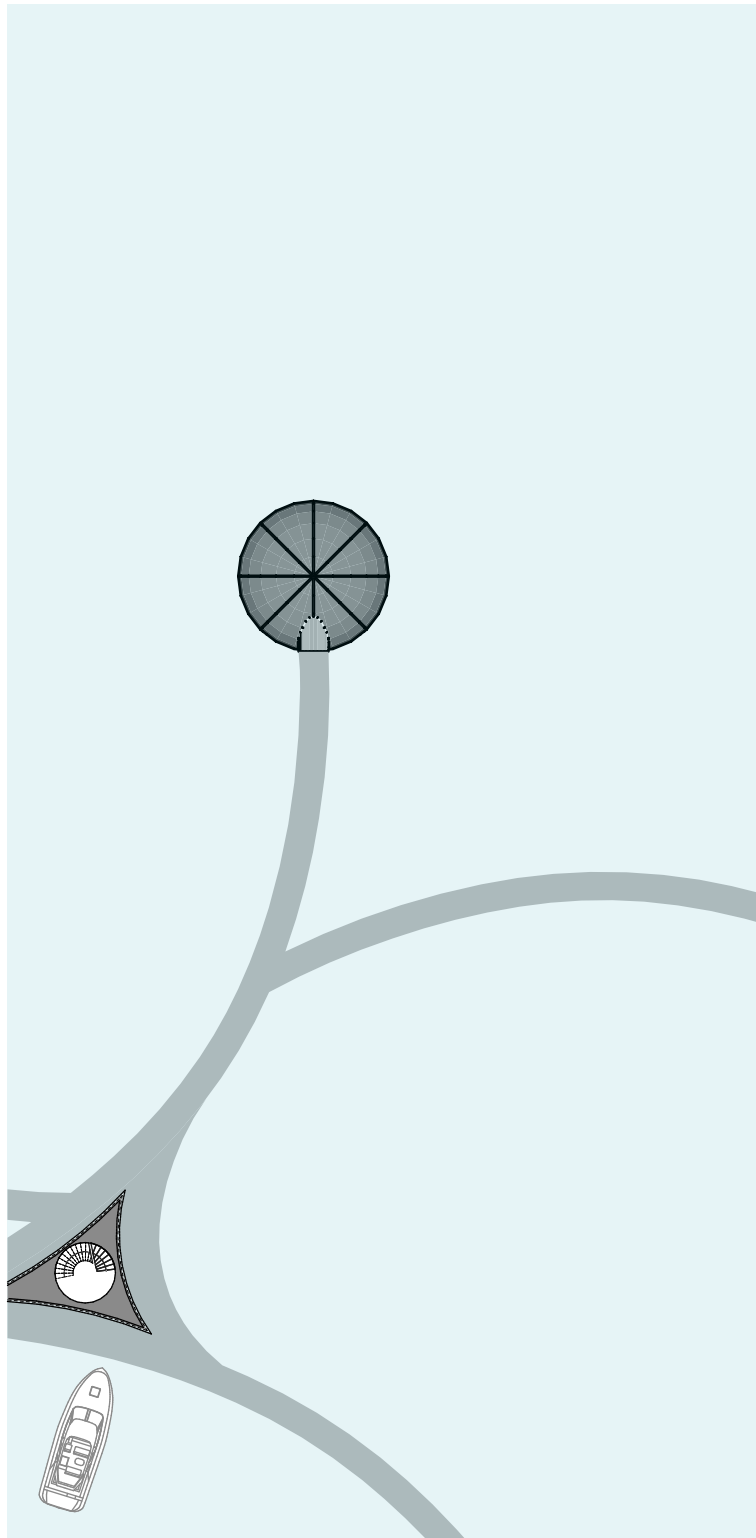
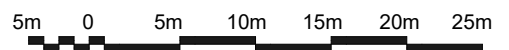


Abb. 49: Grundrissequenz 4



Ansicht Nord

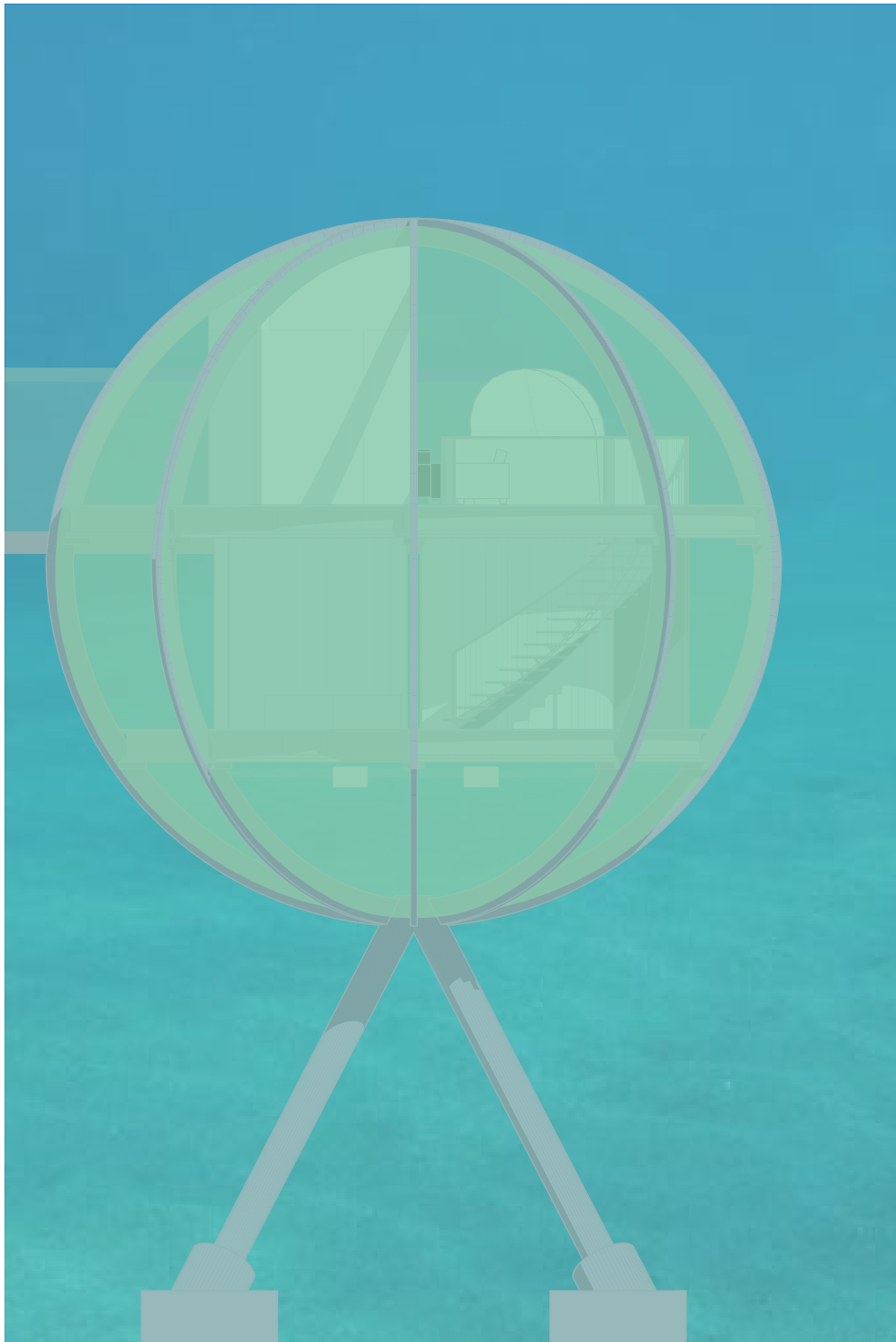


Abb. 50: Ansicht Nord

Ansicht West

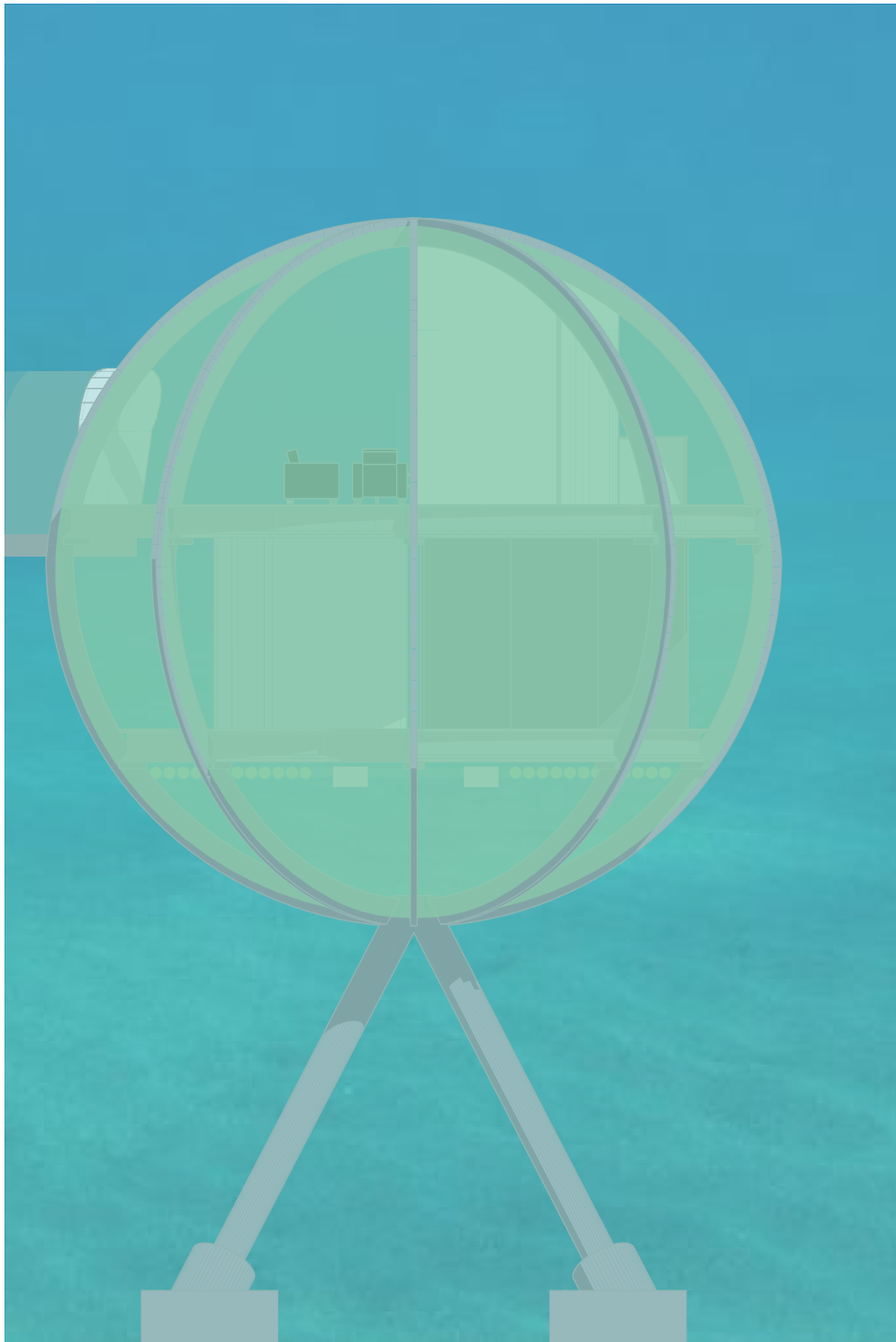


Abb. 51: Ansicht West

Schnitt A-A

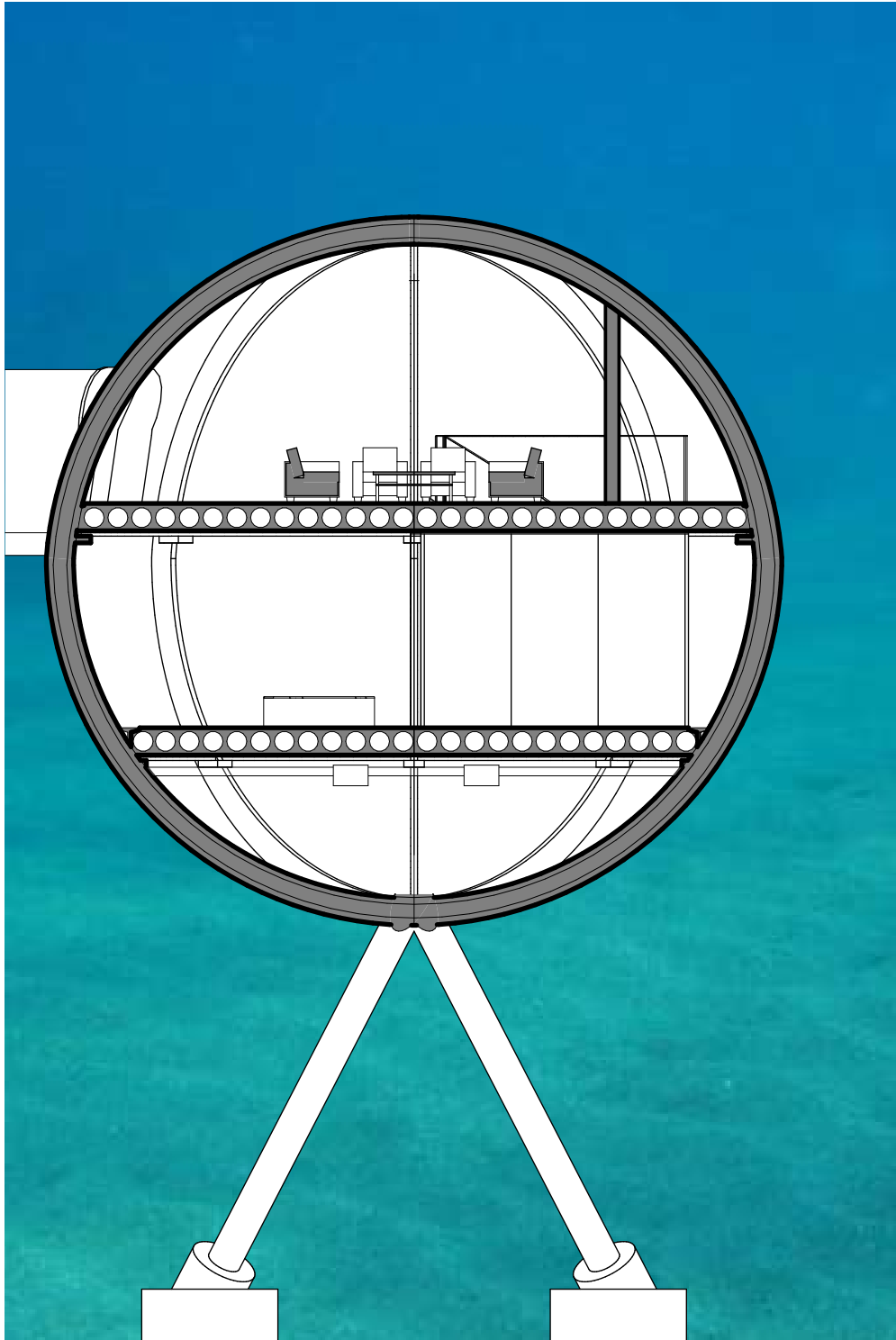


Abb. 52: Schnitt A-A

Schnitt B-B

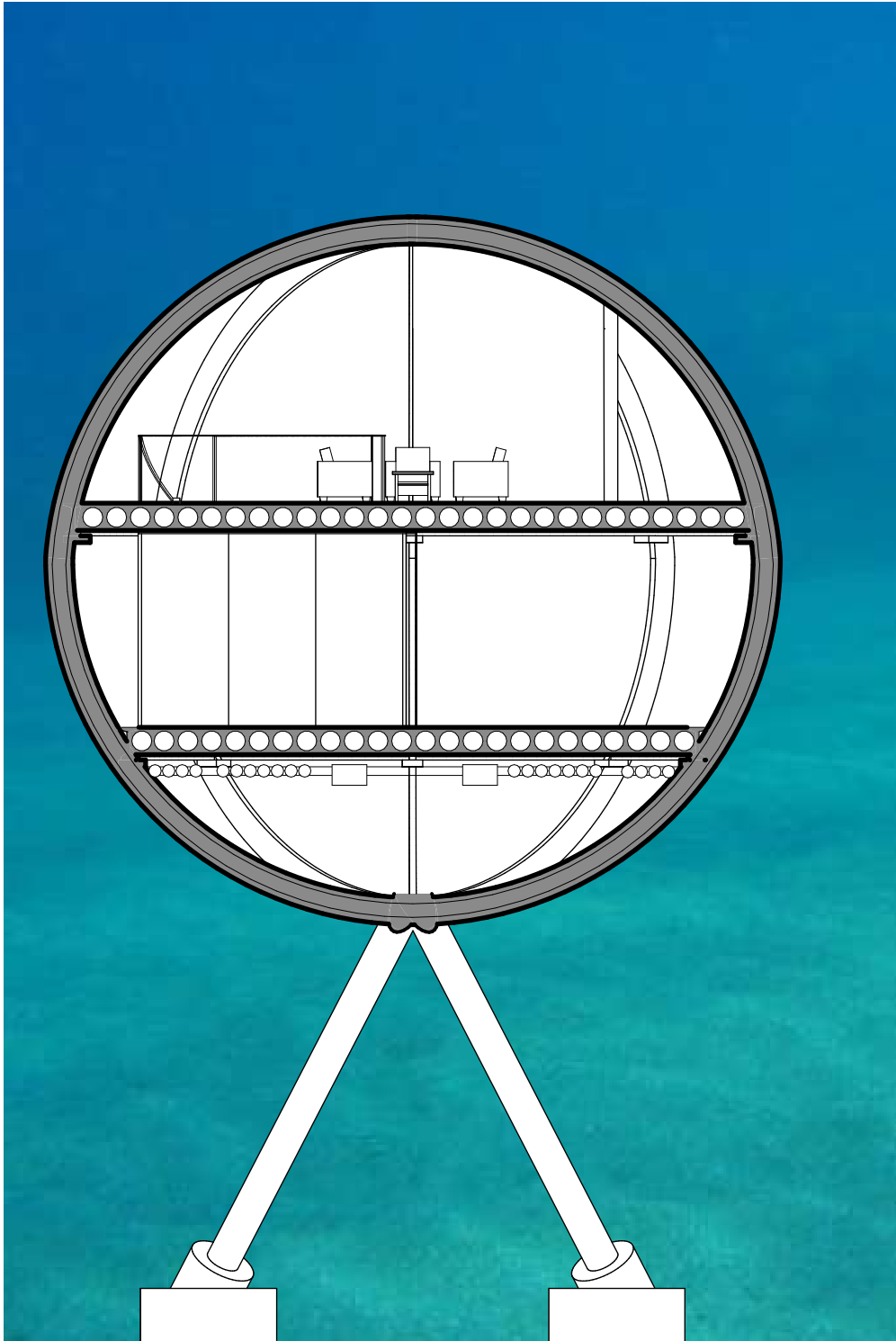
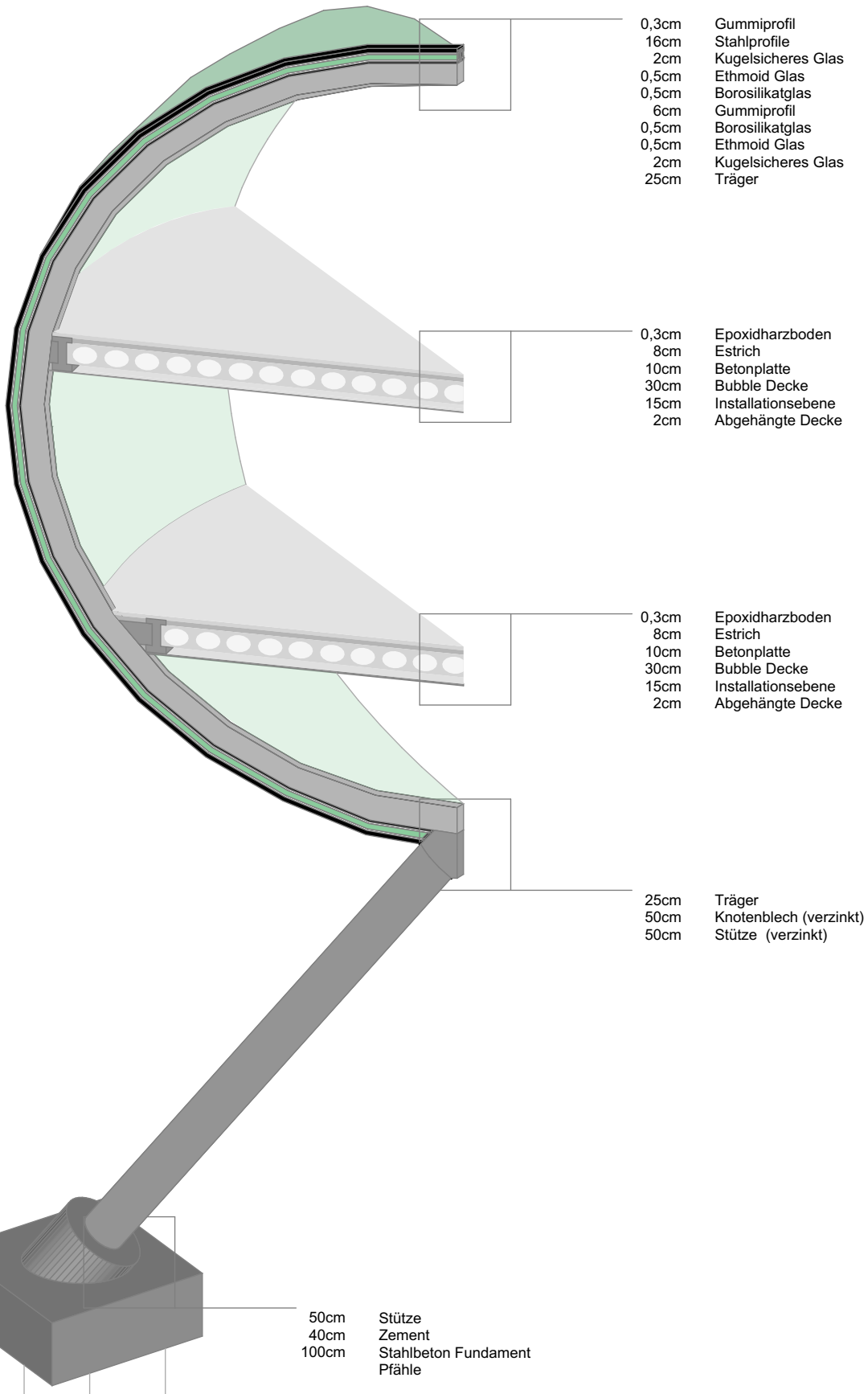


Abb. 53: Schnitt B-B

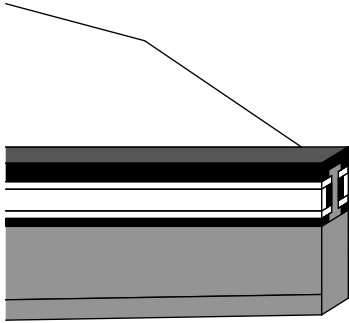
Fasadenschnitt



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.

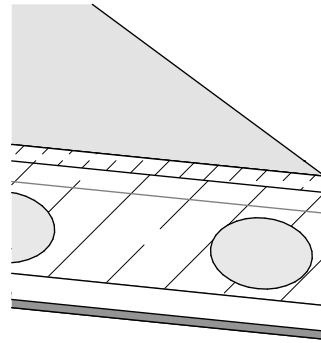
Abb. 54: Fassadenschnitt

Details



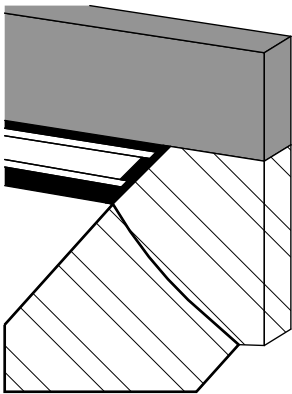
Detail - Dach

M 1:20



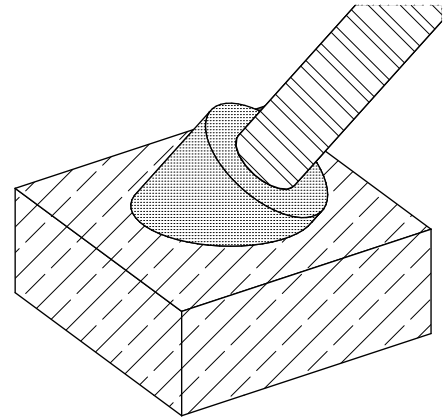
Detail - Decke

M 1:20



Detail - Knotenverbindung

M 1:20



Detail - Fundament

M 1:20

Abb. 55: Details

Renderings

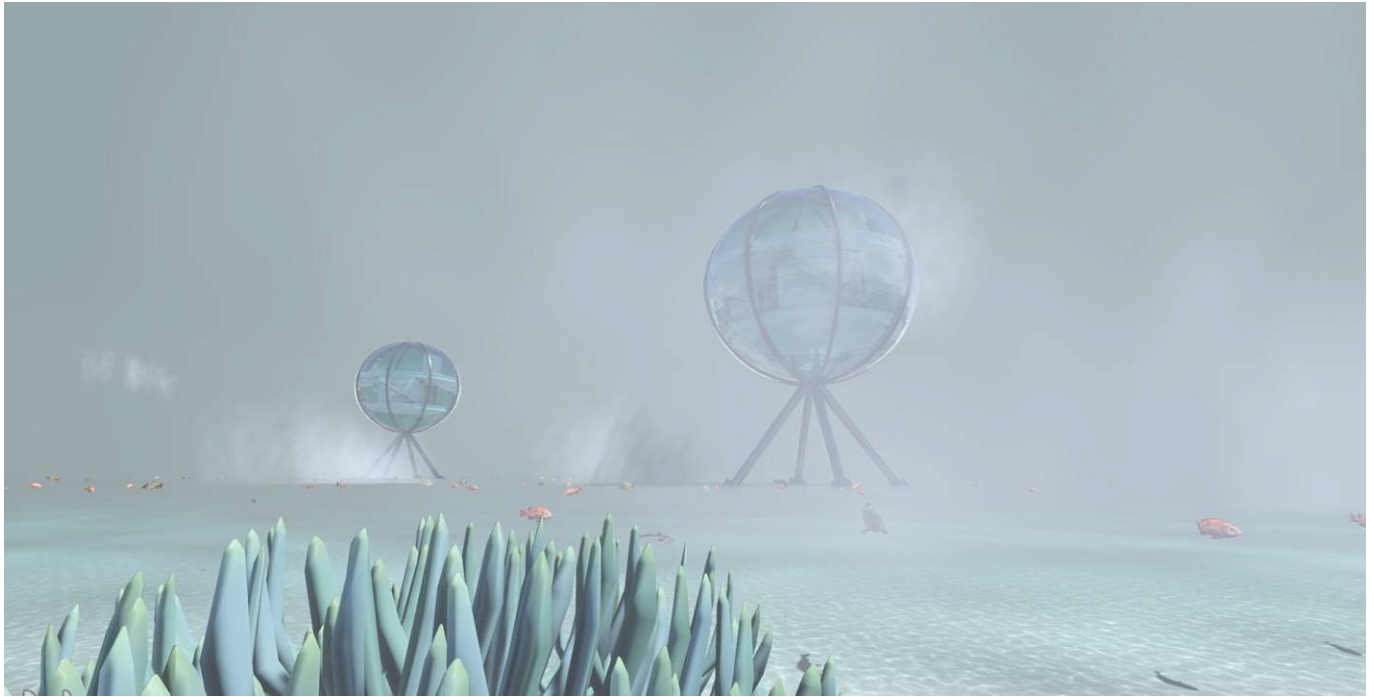


Abb. 56: Render 1

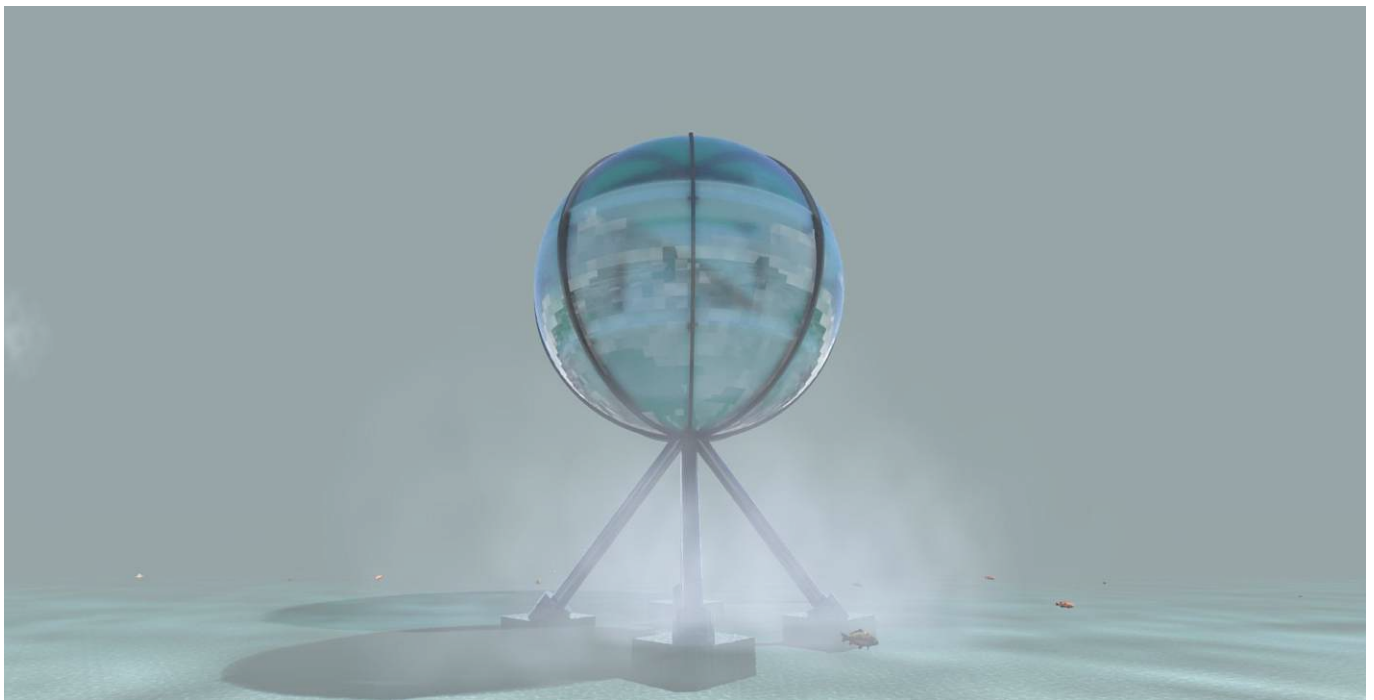


Abb. 57: Render 2

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.

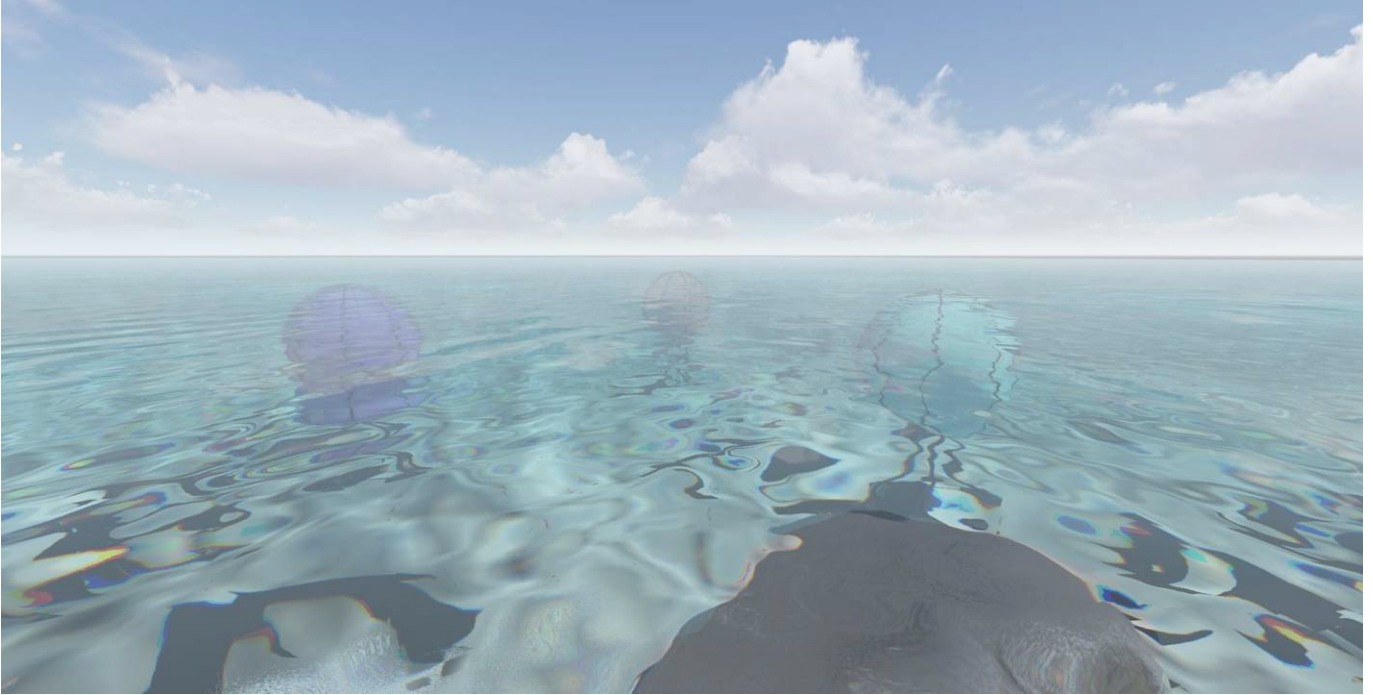


Abb. 58: Render 3



Abb. 59: Render 4

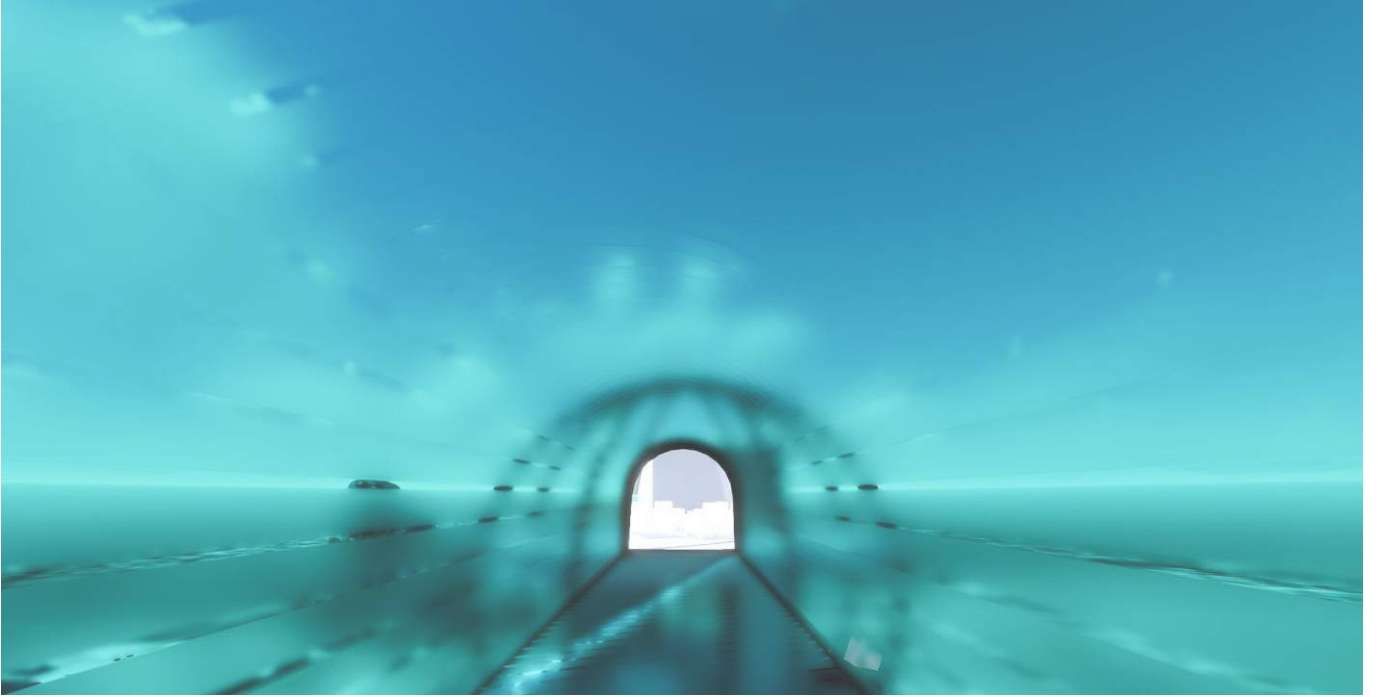


Abb. 60: Render 5

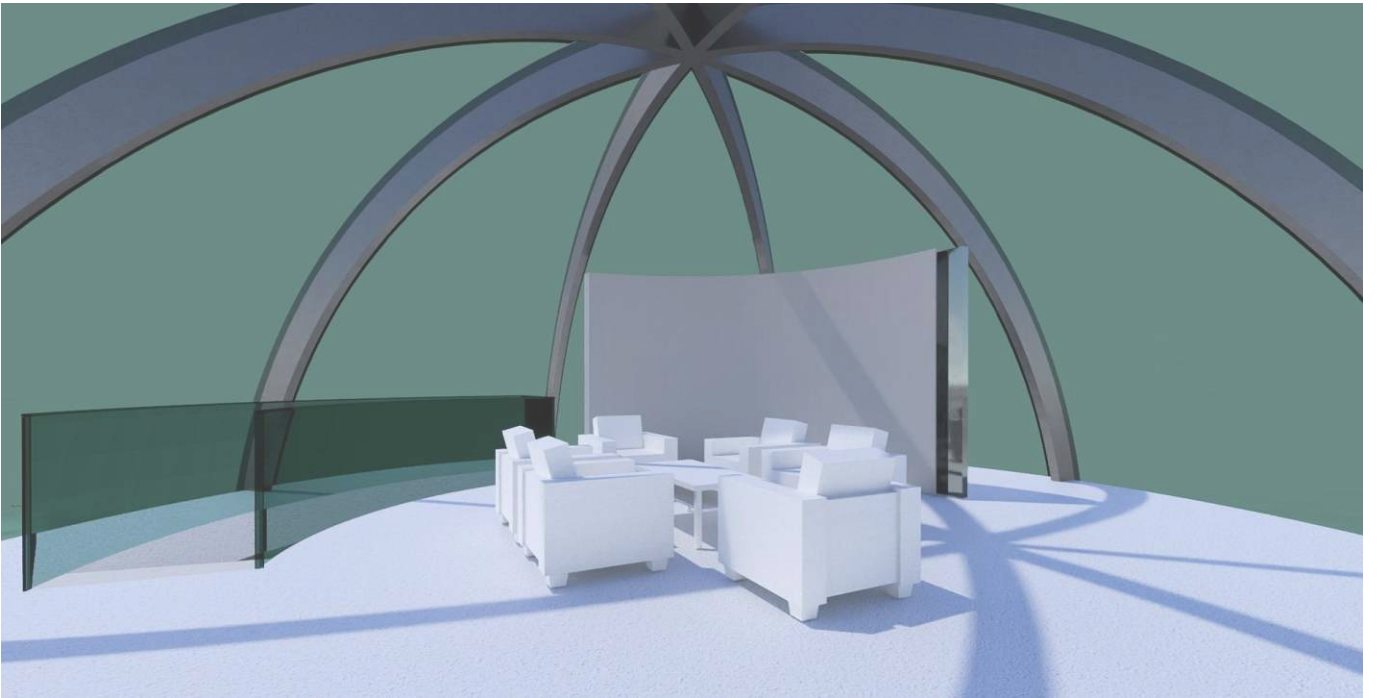


Abb. 61: Render 6

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.

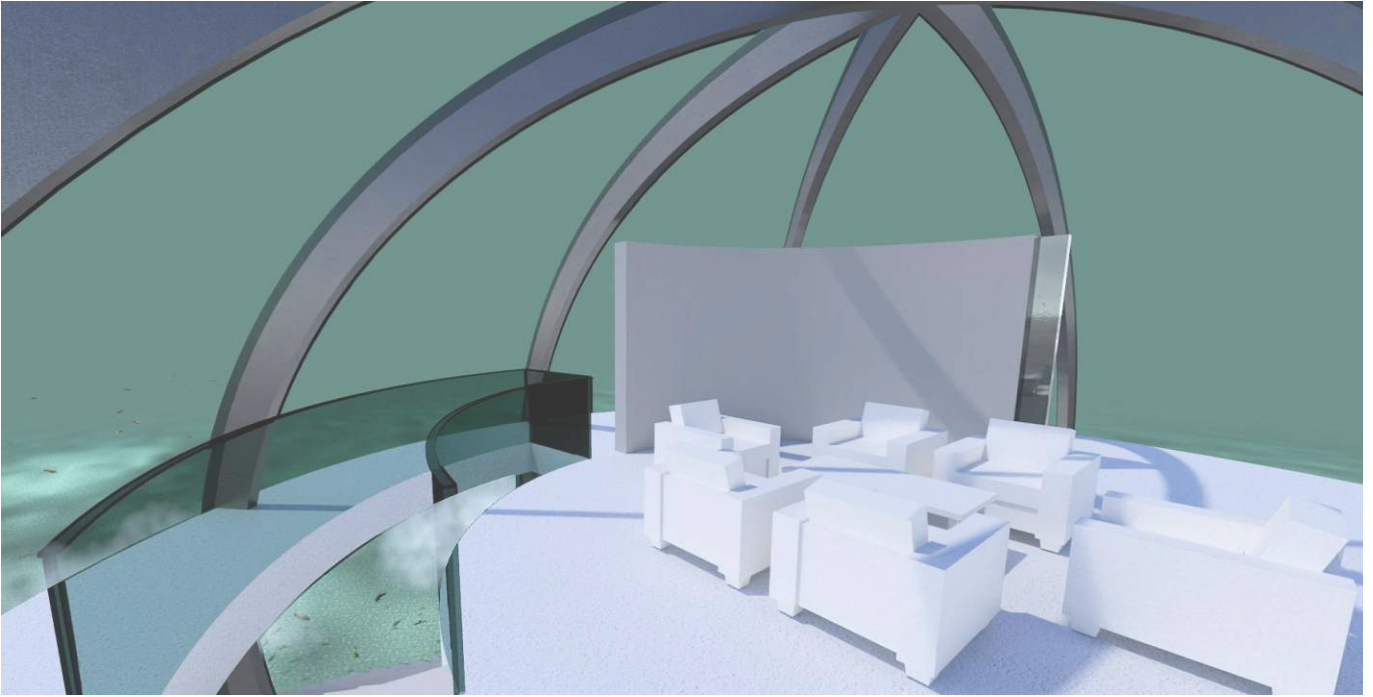


Abb. 62: Render 7

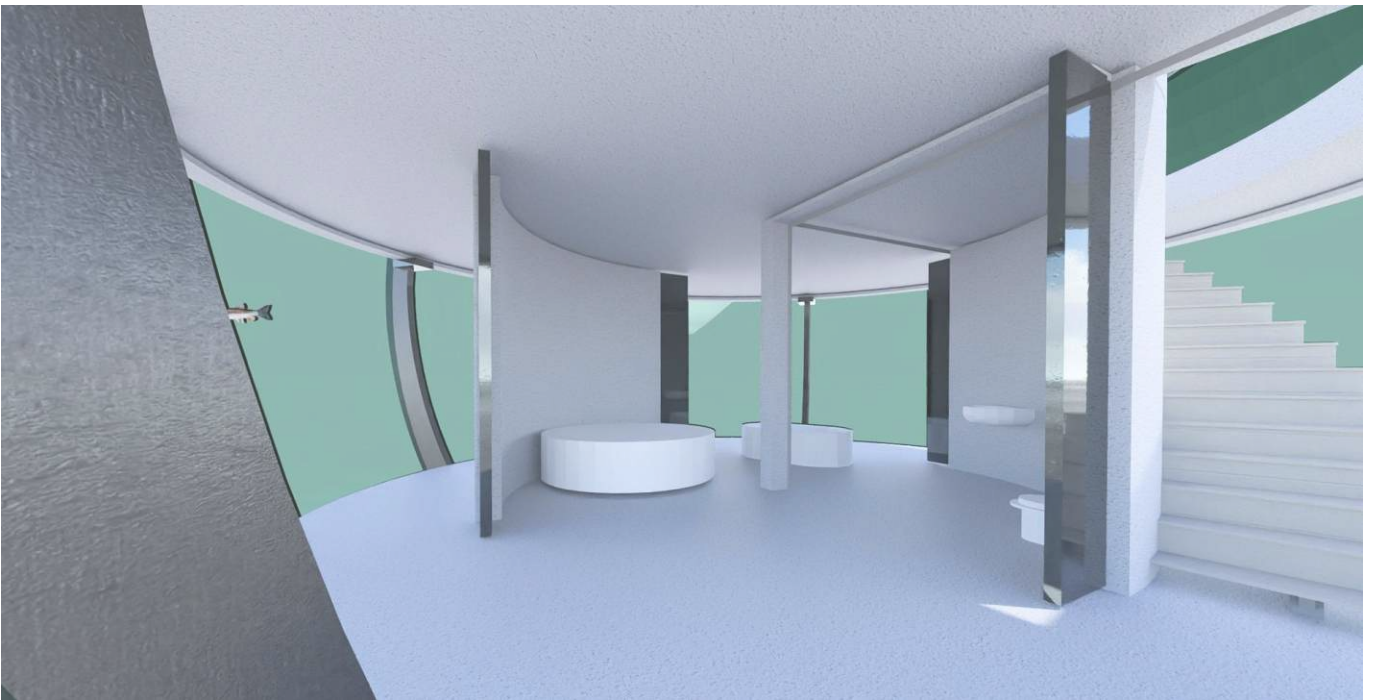


Abb. 63: Render 8

06- Bewertung

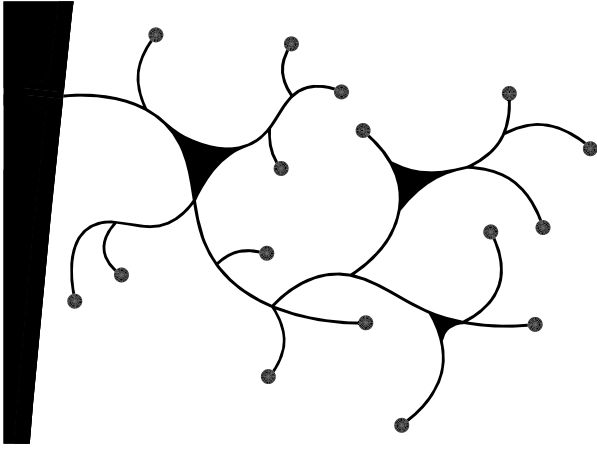


Abb. 67: Berechnung Sauerstoff

Berechnungen

Sauerstoffproduktion

1g Chlorella produziert 1,33 ml Sauerstoff
1,83 ml CO₂

284kg Chlorella benötigt pro Person/Tag

Sauerstoffproduktion pro Kapsel

$$\begin{aligned} \text{Taglich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,33 \\ &= 66,5\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Wochentlich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,33 \cdot 7 \\ &= 465\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Monatlich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,33 \cdot 30 \\ &= 1995\text{m}^3 \end{aligned}$$

Kohlendioxid zu O₂ umwandeln/Kapsel

$$\begin{aligned} \text{Taglich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,83 \\ &= 91,5\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Wochentlich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,83 \cdot 7 \\ &= 640\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Monatlich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,83 \cdot 30 \\ &= 2745\text{m}^3 \end{aligned}$$

Sauerstoffproduktion (gesamt)

$$\begin{aligned} \text{Taglich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,33 \cdot 16 \\ &= 1064\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Wochentlich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,33 \cdot 7 \cdot 16 \\ &= 7440\text{m}^3 \end{aligned}$$

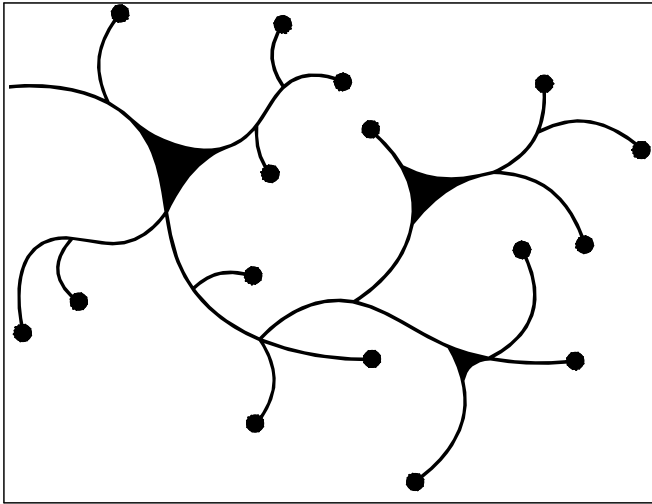
$$\begin{aligned} \text{Monatlich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,33 \cdot 30 \cdot 16 \\ &= 31920\text{m}^3 \end{aligned}$$

Kohlendioxid zu O₂ umwandeln(gesamt)

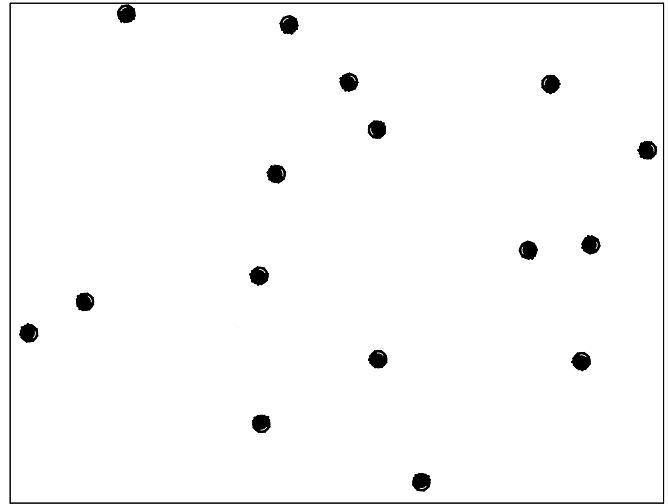
$$\begin{aligned} \text{Taglich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,83 \cdot 16 \\ &= 1464\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Wochentlich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,83 \cdot 7 \cdot 16 \\ &= 10248\text{m}^3 \end{aligned}$$

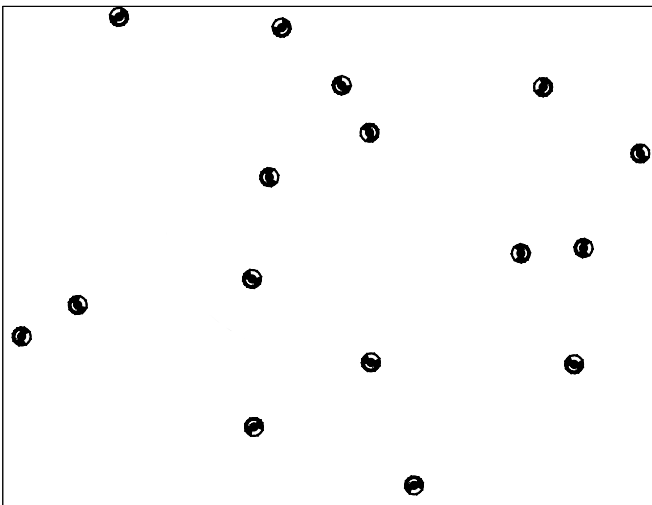
$$\begin{aligned} \text{Monatlich} &= 50\text{m}^3 \cdot 1,83 \cdot 30 \cdot 16 \\ &= 43920\text{m}^3 \end{aligned}$$



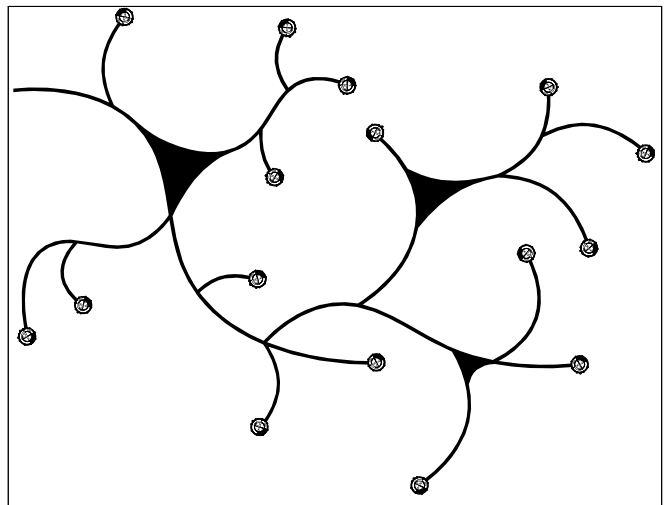
1.OG BGF: 63,1 qm je Einheit
1.OG BGF: 4741 qm insgesamt



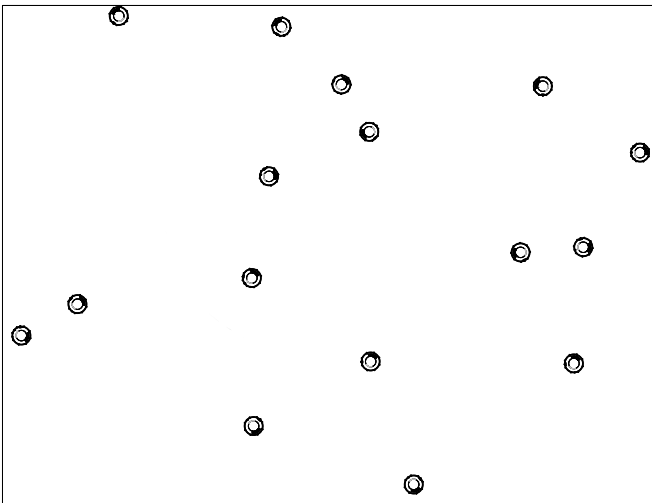
1.OG Nutzfläche: 51,96 qm je Einheit
1.OG Nutzfläche: 831,36 qm insgesamt



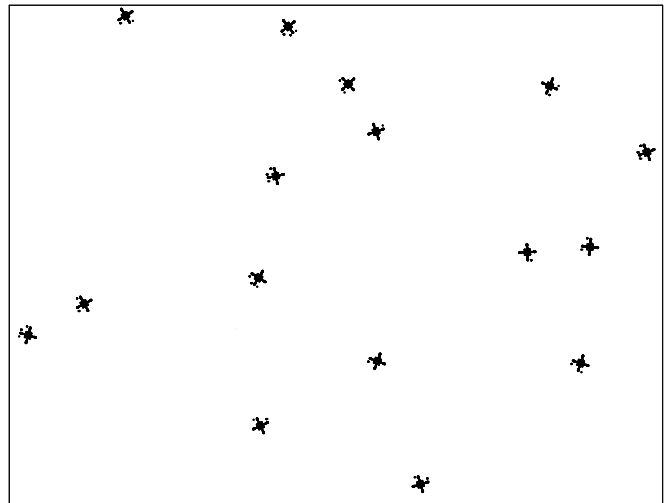
EG Nutzfläche: 65,43 qm je Einheit
EG Nutzfläche: 1046 qm insgesamt



1.OG Technik, Verkehrs- und Konstruktionsfläche: 11,14 qm je Einheit
1.OG Technik, Verkehrs- und Konstruktionsfläche: 3910 qm insgesamt



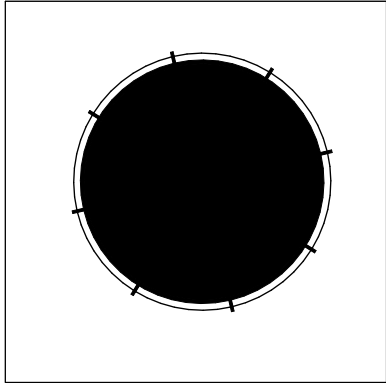
EG Technik, Verkehrs- und Konstruktionsfläche: 10,47 qm je Einheit
EG Technik, Verkehrs- und Konstruktionsfläche: 167,5 qm insgesamt



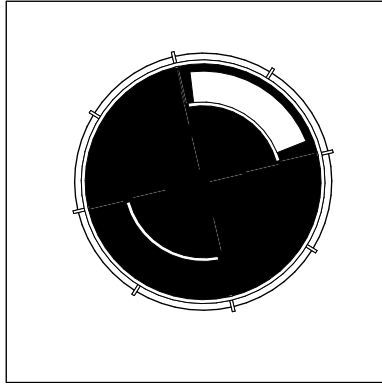
UG Technik, Verkehrs- und Konstruktionsfläche: 10,49 je Einheit
UG Technik, Verkehrs- und Konstruktionsfläche: 62,94 qm insgesamt

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.

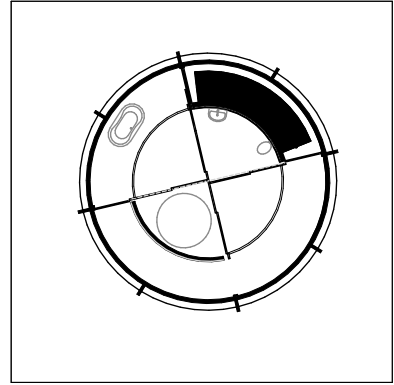
Abb. 68: Archicad Bewertung



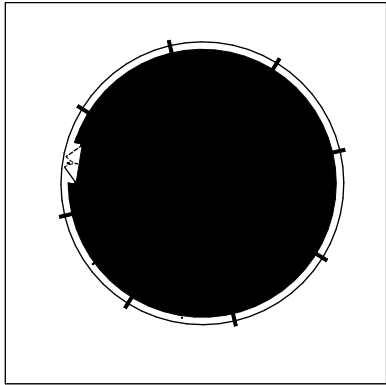
1.OG BGF:
63,1 qm je Einheit



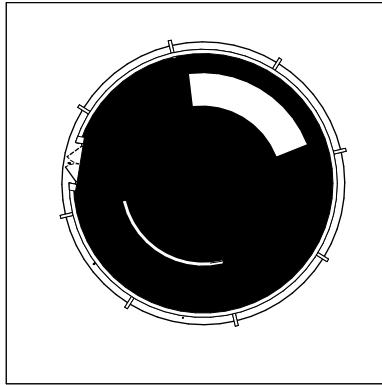
OG Nutzfläche:
51,96 qm



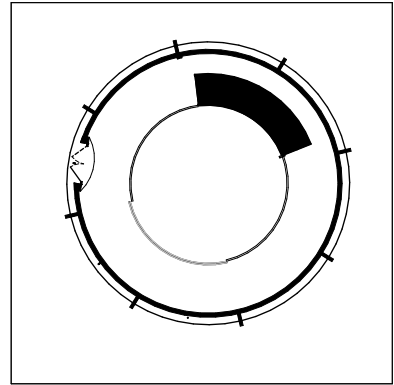
OG Technik, Verkehrsfläche
und Konstruktionsfläche:
11,14 qm



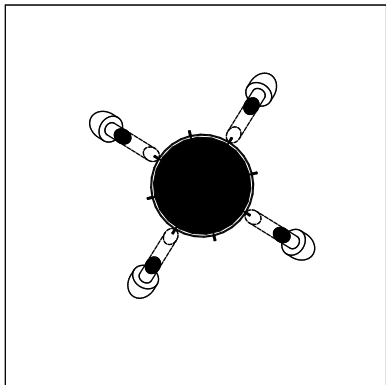
EG BGF:
75,9 qm je Einheit



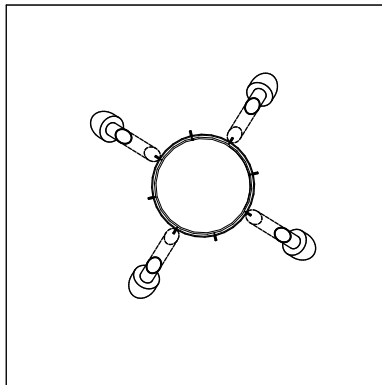
EG Nutzfläche:
65,43 qm



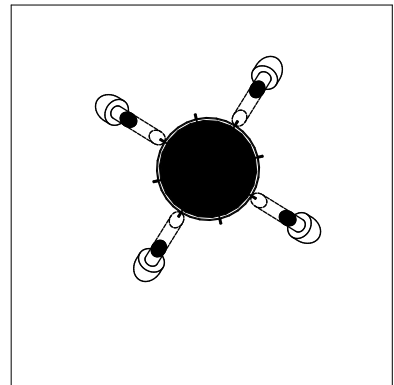
EG Technik, Verkehrsfläche
und Konstruktionsfläche:
10,47 qm



EG BGF:
10,49 qm je Einheit



UG Nutzfläche:
0 qm



UG Technik, Verkehrsfläche
und Konstruktionsfläche:
10,49 qm

07- Conclusio

Das vorgestellte Projekt stellt einen markanten Schritt in die Zukunft der urbanen Entwicklung und ökologischen Nachhaltigkeit dar. Angesichts der prognostizierten Zunahme der Weltbevölkerung und den damit einhergehenden Herausforderungen im Hinblick auf Überbevölkerung und Ressourcenknappheit, öffnet das Konzept eines Unterwasserhotels neue Horizonte. Der gewählte Standort Peberholm, nahe der strategisch wichtigen Öresundbrücke, präsentiert sich als hervorragende Wahl, um eine enge Verbindung zwischen Dänemark und Schweden zu nutzen und gleichzeitig eine naturnahe Erholungsoase zu schaffen.

Die Wasserwärmepumpe ist eine zentrale Technologie des Unterwasserhotels, die Wärme aus dem umgebenden Wasser bezieht, ohne die marine Ökologie zu stören. Das zeigt, wie Meeresenergie sinnvoll und nachhaltig genutzt werden kann.

Solarpaneele an den Fassaden des Hotels erfassen Sonnenenergie und wandeln sie in Elektrizität um. Dies trägt zur Energieunabhängigkeit des Hotels bei und reduziert den CO₂-Ausstoß.

Ein weiterer innovativer Ansatz ist die Kombination von Photobioreaktoren mit Künstlicher Intelligenz. Durch diese Kombination wird die Fotosynthese der Algen unterstützt, um die Sauerstoffversorgung im Hotel sicherzustellen. Mit Hilfe der KI werden die Bedingungen für die Algen kontinuierlich optimiert, sodass sie effizient Sauerstoff produzieren.

Zusätzlich kommt Argonglas mit speziellen Beschichtungen zum Einsatz. Die modernsten Technologien sind darauf ausgelegt, den Energieverbrauch zu reduzieren und die Meeresumwelt zu schützen.

Das Projekt bietet eine Antwort auf aktuelle und zukünftige Herausforderungen. Es werden modernste Technologien und nachhaltige Praktiken integriert, um eine einzigartige, umweltfreundliche und dennoch luxuriöse Unterkunft zu schaffen. Es zeigt einen Weg auf, wie die Menschheit in Harmonie mit der Natur leben kann, indem sie die Ressourcen schont und gleichzeitig das Ökosystem schützt und fördert.

08- Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

- Ángeles, R., Arnaiz, E., Gutiérrez, J., Sepúlveda-Muñoz, C. A., Fernández-Ramos, O., Muñoz, R., & Lebrero, R. (2020). Optimization of photosynthetic biogas upgrading in closed photobioreactors combined with algal biomass production. *Elsevier*, Vol. 38.
- Blankenship, R. E., & Hartman, H. (1998). The origin and evolution of oxygenic photosynthesis. *Trends in Biochemical Sciences*, Vol. 23, P. 94-97.
- Bösch. (O.A.). *Wasser-Wasser-Wärmepumpe: Energiequelle Grundwasser*. Von <https://www.boesch.at/produkte/heizen/waermepumpe/wasser> abgerufen
- Chapman, V. J., & Chapman, D. J. (1973). *The Algae*. Springer.
- Costa, E. S. (16. März 2022). *Öresundbrücke: die Verbindung zwischen Dänemark und Schweden*. Abgerufen am 10. 05 2023 von <https://www.costakreuzfahrten.at/costa-club/magazine/erbe/oresundbrucke.html>
- Dänemark.de. (2023). *Brücke Dänemark Schweden - Mit dem Auto über das Meer*. Abgerufen am 10. 04 2023 von <https://www.daenemark.de/bruecke-daenemark-schweden/>
- Davison, I. R. (1991). ENVIRONMENTAL EFFECTS ON ALGAL PHOTOSYNTHESIS: TEMPERATURE. *Journal of Phycology*.
- Farquhar, G. D., Caemmerer, S., & Berry, J. A. (2001). Models of Photosynthesis. *Plant Physiology*, Vol. 125.
- Ghallab, M. (2019). Responsible AI: requirements and challenges. *AI Perspect*.
- Glebe, D. W. (2011). Eine kurze Geschichte der Gezeiten. Ebbe und Flut. *Physik in unserer Zeit*.
- Heining, M., & Buchholz, R. (2015). Photobioreactors with internal illumination – A survey and comparison. *Biotechnology Journal*.
- Hollandt, J. (April 2009). *Infrarotstrahlung*. Abgerufen am 17. 07 2023 von <https://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/licht/elektromagnetisches-spektrum/infrarotstrahlung/>
- Lee, J., Job, J., Sample, C., & Matula, E. (2021). Design of an Artificial Intelligence-Based Commercial Photobioreactor for Optimal Algae Growth in Space Life Support. *Liebertpub*.

- Martinez, J., Deng, Z. D., Titzler, P. S., Duncan, J. P., Mueller, P., Trumbo, B. A., . . . Renholds, J. F. (2019). Hydraulic and biological characterization of a large Kaplan turbine. *Elsevier*, Vol. 131.
- Mooij, T. d., Guus de Vries, G. d., Latsos, C., Wijffels, R. H., & Janssen, M. (2016). Impact of light color on photobioreactor productivity. *Elsevier*, Vol 15, P. 32-42.
- Niederwieser, T., Kociolek, P., & Klaus, D. (2018). A review of algal research in space. *Elsevier*.
- Nilsson, S. (2022). Twenty-two years of vegetation succession on the constructed Danish island Peberholm. *An International Journal of Botany and Mycology*.
- O.A. (2014). *Peberholm Oresundsbron*. Von https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm_DE.pdf abgerufen
- Röhr, J. A., Sartor, B. S., Lipton, J., & Taylor, A. D. (2023). A dive into underwater solar cells. *Nature Photonics* .
- Schlichting, H. E. (1974). Survival of Some Fresh-Water Algae under Extreme Environmental Conditions. *Transactions of the American Microscopical Society*.
- Shalaby, E. (2011). Algae as promising organisms for environment and health. *Plant Signaling & Behavior*.
- Suh, I. S., & Choul-Gyun, L. (2003). Photobioreactor engineering: Design and performance. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, Vol. 8.
- Talaei, M., Mahdavinejad, M., & Azari, R. (2020). Thermal and energy performance of algae bioreactive façades: A review. *Elsevier*, Vol. 28.
- Wang, L., Min, M., & Li, Y. (2010). Cultivation of Green Algae *Chlorella* sp. in Different Wastewaters from Municipal Wastewater Treatment Plant. *Applied Biochemistry and Biotechnology*.
- WindowWorld. (20. 08 2023). *Replacement Windows*. Von <https://www.windowworld.com/products/windows> abgerufen
- Wu, T., Yue, L., Lili, Z., Ziquan, G., Jianxing, X., Shijie, L., . . . Zhong, C. (2018). Analyses of multi-color plant-growth light sources in achieving maximum photosynthesis efficiencies with enhanced color qualities. *Optics Express*.

Zhenzhu, X., Guangsheng, Z., & Hideyuki, S. (2009). Are plant growth and photosynthesis limited by pre-drought following rewatering in grass? *Journal of Experimental Botany*, Vol. 60, P. 3737–3749.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Øresund Brücke

<https://www.geographyrealm.com/europes-longest-road-railway-bridge/>
Zuletzt abgerufen am: 25.05.2023

Abb. 2: Peberholm im Jahr 2000

O.A. (2014). Peberholm Oresundsbron. Von https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm_DE.pdf

Abb. 3: Peberholm im Jahr 2014

O.A. (2014). Peberholm Oresundsbron. Von https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm_DE.pdf

Abb. 4: Lage Peberholm

https://www2.klett.de/sixcms/list.php?page=infothek_artikel&extra=TERRA-Online%20/%20Realschule&artikel_id=96177&inhalt=klett71prod_1.c.215304.de
Zuletzt abgerufen am: 25.05.2023

Abb. 5: Leben auf Peberholm

O.A. (2014). Peberholm Oresundsbron. Von https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm_DE.pdf

Abb. 6: Seltene Pflanzenarten

O.A. (2014). Peberholm Oresundsbron. Von https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm_DE.pdf

Abb. 7: Verschiedene Vogel- und Tierarten leben auf der künstlich angelegten Insel

O.A. (2014). Peberholm Oresundsbron. Von https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm_DE.pdf

Abb. 8: Verschiedene Tierarten

O.A. (2014). Peberholm Oresundsbron. Von https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm_DE.pdf
Zuletzt abgerufen am:

Abb. 9: Verschiedene Algenarten haben sich angesiedelt

O.A. (2014). Peberholm Oresundsbron. Von https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm_DE.pdf

Abb. 10: Ebbe und Flut, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Archicad 25

Abb. 11: Wellenhöhe, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Archicad 25

Abb. 12: Grünalgen, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Archicad 25

Zuletzt abgerufen am:

Abb. 13: Rotalgen, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Archicad 25

Abb. 14: Braunalgen, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Archicad 25

Abb. 15: Topografie, Google Maps

https://www.google.com/maps/place/Peberholm,+2770,+D%C3%A4nemark/data=!4m2!3m1!1s0x4653a913495e1b43:0x2ff8f77d9ea540d3?sa=X&ved=2ahUKEwiA_tfrv8OBAXUGKRAIHAS4AnUQ8gF6BAgPEAA&ved=2ahUKEwiA_tfrv8OBAXUGKRAIHAS4AnUQ8gF6BAgQEAI

Zuletzt abgerufen am: 25.05.2023

Abb. 16: Topografie, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Archicad 25

Abb. 17: Schutzgebiet, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Archicad 25

Abb. 18: Ökologische Zielsetzung

Quelle: <https://asc-aqua.org/learn-about-seafood-farming/aquaculture-environmental-impact/>
Zuletzt abgerufen am: 27.05.2023

Abb. 19: Algenauswahl, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Archicad 25

Abb. 20: Überlebensfunktion Algen

<http://aquarium.sailnator.de/wasserfloeh-mit-lebenden-algen-zuechten/>
Zuletzt abgerufen am: 01.06.2023

Abb. 21: Sauerstoffquellen, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 22: Fotosynthese, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 23: Plant response
<https://www.quora.com/Is-photosynthesis-possible-in-yellow-light>
Zuletzt abgerufen am: 20.06.2023

Abb. 24: Absorbed light colors
<https://thegrassisgreenh.weebly.com/why-does-it-appear-green.html>
Zuletzt abgerufen am: 20.06.2023

Abb. 25: Argonglas
<https://www.windowworld.com/products/windows>
Zuletzt abgerufen am: 23.06.2023

Abb. 26: Photobioreaktor
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/biot.201400572>
Zuletzt abgerufen am: 23.06.2023

Abb. 27: Fassade Photobioreaktor
https://www.dbz.de/artikel/dbz_Bioreaktoren-Fassade_als_Energielieferant_Lebende_Algen_als_Smart-1475544.html
Zuletzt abgerufen am:

Abb. 28: Fassade Photobioreaktor 2
https://www.dbz.de/artikel/dbz_Bioreaktoren-Fassade_als_Energielieferant_Lebende_Algen_als_Smart-1475544.html
Zuletzt abgerufen am:

Abb. 29: Solarenergie
https://www.scinexx.de/news/energie/solarzellen-fuer-den-unterwasser-einsatz/#google_vignette
Zuletzt abgerufen am: 25.06.2023

Abb. 30: Wasserwärmepumpe
<https://www.boesch.at/produkte/heizen/waermepumpe/wasser>
Zuletzt abgerufen am: 25.06.2023

Abb. 31: Kombination mit KI, Eigene Darstellung, Ege Barkin Calisgan
PowerPoint

Abb. 32: Lichtquelle Photobioreaktor mit KI, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 33: Photobioreaktor KI, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 34: Photobioreaktor transparent
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/06/PhotoBioreactor
Zuletzt abgerufen am: 26.06.2023

Abb. 35: Konzept, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 36: Konstruktion - Tragwerk, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 37: Konstruktion - Tragwerkskonzept, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 38: Flexibilität, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 39: Axonometrie 1, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 40: Axonometrie 2, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 41: Axonometrie 3, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 42: Schwarzplan M 1:10000, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 43: Schwarzplan M 1:5000, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 44: Lageplan M 1:10000, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 45: Lageplan M 1:5000, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 46: Grundrissequenz 1, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 47: Grundrissequenz 2, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 48: Grundrissequenz 3, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 49: Grundrissequenz 4, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 50: Ansicht Nord, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 51: Ansicht West, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 52: Schnitt A-A, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 53: Schnitt B-B, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 54: Fassadenschnitt, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 55: Details, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 56: Render 1, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Lumion

Abb. 57: Render 2, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Lumion

Abb. 58: Render 3, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Lumion

Abb. 59: Render 4, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Lumion

Abb. 60: Render 5, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Lumion

Abb. 61: Render 6, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Lumion

Abb. 62: Render 7, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Lumion

Abb. 63: Render 8, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Lumion

Abb. 64: Archimedisches Prinzip

Abb. 65: Krafteinwirkung, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 66: Berechnung, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 67: Berechnung Sauerstoff, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan
Archicad 25

Abb. 68: Archicad, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

Abb. 69: Archicad, Eigene Zeichnung, Ege Barkin Calisgan

09- Lebenslauf



Ege Barkin Calisgan

PERSÖNLICHES

Geburtsdatum: [REDACTED]

Staatsbürgerschaft: [REDACTED]

SPRACHEN

Türkisch

Deutsch

Englisch

INTERESSEN

Trainieren

Kochen

Schwimmen

Vorliebe zu Reisen

AUSBILDUNG

Masterstudium Architektur (10/2021 – HEUTE)

TU Wien, Österreich

Bachelorstudium Architektur (09/2016 –
08/2021)

TU Wien, Österreich

Gymanisum Istanbul (09/2015 – 06/2010)

Türkei

KENNTNISSE

Adobe Indesign

Adobe Illustrator

Adobe Photoshop

Lumion

Archicad

Blender

Unity

Sketchup