

SALZIG.

Bachelorthesis

Jost Wilbers

Bachelorthesis

SALZIG.

Solarthermische Meerwasserentsalzung

Produktgestaltung

Wintersemester 2024 / 2025

Jost Wilbers

Prof. Matthias Held

Prof. Dr. Susanne Schade

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Schwäbisch Gmünd, den 07.02.2025

Jost Wilbers

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jost Wilbers', with a stylized, cursive script.

INHALT

1.0 Exposé	6	6.6.1 Drei erste Ideen	64
2.0 Themennennung	10	6.6.1.1 „Kompost“	64
3.0 Planung ist alles	12	6.6.1.2 „Boje“	66
3.1 Zeitplan	12	6.6.1.3 „Spiegel“	68
3.2 Designtheorie	14	6.6.2 Weiterentwicklung	70
4.0 Problemdefinition	16	6.6.2.1 Spiegel 2	70
4.1 Wasserknappheit	18	6.6.2.2 Gewächshaus	72
4.2 Bestehende Lösungen	20	6.6.2.3 Gewächshaus 2	74
5.0 Recherche	24	6.6.2.4 Gewächshaus 3	76
5.1 Allgemeine Recherche	26	6.6.2.5 Wippe	78
5.1.1 Wasser	26	7.0 Projektrealisierung	80
5.1.2 Trinkwasseraufbereitung	32	7.1 Kanisterversuche	82
5.1.3 Ausflug in die Natur	34	7.2 Erster 3D Aufbau	86
5.1.4 Solarthermie & Wärmepumpe	36	7.3 Zweiter 3D Aufbau	88
5.2 Marktrecherche	38	7.4 Dritter 3D Aufbau	90
5.2.1 givepower	38	7.4.1 Baugruppen	92
5.2.2 Desolenator	40	7.4.1.1 Unterbau & Nachlauftank	92
5.2.3 Portable Solar Destiller	42	7.4.1.2 Grundkörper & Dach	94
5.2.4 Nemo’s Garden	44	7.4.1.3 Verdunstungswanne	98
5.2.5 NREL	46	7.4.1.4 Wasserauffang	100
5.2.6 Gefrierpresse	48	7.4.1.5 Leitungen & Verbindungen	102
5.2.7 innovatION	48	7.4.2 Fernwirkung	106
5.3 Methoden	50	7.4.3 Klappdach	108
6.0 Konzeption	52	7.4.4 Detailaufnahmen	110
6.1 Komplexitätsgrad	54	7.4.5 Wichtige Hinweise	116
6.2 Stakeholdermap	56	7.4.6 Bedienung der Anlage	120
6.3 pain points & how might we?	58	8.0 Quellenverzeichnis	126
6.4 Anforderungsliste	60	8.1 Informationsquellen	126
6.5 usecases	62	8.2 Bildquellen	128
6.6 Konzeptentwicklung	64		

1.0 EXPOSÉ

„Salzwasser“ (präferiertes Thema)

Wasser ist in vielen Teilen der Welt ein knappes Gut. In Folge der Klimaerwärmung und der wachsenden Population wird es ein noch viel knappeseres Gut werden.

Komisch eigentlich, dass wir Wassermangel beklagen, wenn doch rund 70% unserer Planetenoberfläche mit Wasser bedeckt ist. Dieses Wasser zu entsalzen ist erst einmal naheliegend und wird nicht nur in Gebieten mit stark eingeschränkten Süßwasserressourcen so praktiziert, wie Zum Beispiel Saudi Arabien oder den USA. Auch in Europa wird bereits in großem Stil das Salz vom Wasser getrennt. Jedoch sind nicht nur die Anlagen hierzu in der Anschaffung teuer, sondern auch der Betrieb benötigt viel Energie. Diese Energie wird oft durch Verbrennung von fossilen Brennstoffen gewährleistet, was die Betriebskosten und Emmisionen in die Höhe treibt. (Elsner, C., 2023) Das kann so nicht bleiben.

Ziel der Arbeit ist es, eine solarbetriebene, autonom funktionierende Meerwasserentsalzungsanlage zu kreieren.

Zur Erreichung dieses Zieles sind folgende Methoden denkbar und wurden in Teilen auch schon so umgesetzt:

1 Umkehrosmose	Salzwasser wird unter hohem Druck durch mehrere in Reihe geschalteten, semi-permeablen Membranen gepresst. Dabei bleibt vorallem das Salz im Filter zurück. (Dr.-Ing. Hirsch, U., 2024)
2 Photovoltaik	In der Photovoltaik-Anlage wird elektrische Energie erzeugt, die wiederum in thermische Energie umgewandelt wird, um das Salzwasser zu erhitzen. Das Wasser verdunstet und lässt sämtliche gelösten Stoffe zurück.
3 Solarthermie	Die Trägerflüssigkeit in den Kollektoren wird erhitzt und zu einem Wärmetauscher geleitet. Die gewonnene Energie wird dazu verwendet, um das Wasser in Haushalten zu erhitzen.
4 Parabolspiegel	Auf einem sehr kleinen Raum wird mit Hilfe des Spiegels eine sehr große Hitze erzeugt.

	zeugt. Das Wasser kann an dieser Stelle schnell verdunsten und trennt sich von den gelösten Stoffen.
5 Elektrodialyse	An das Salzwasser wird eine verhältnismäßig geringe Spannung angelegt, um durch Ionisierung das Salz vom Wasser zu trennen. Die benötigte Energie kann durch eine PV-Anlage gewonnen werden. (Dr.-Ing. Pietzka, C., 2024)
6 Gewächshaus	Die Wärme der Sonne wird eingefangen und gestaut, um das Salzwasser zu erhitzen und durch Verdunstung das Wasser zu kondensieren.
7 Biogasanlage	Aus dem Prozess der Kompostierung wird Wärme frei, die dazu verwendet werden kann, das Salzwasser zu erwärmen. Eine Kombination mit der vorherigen Methode bietet sich an.

Für mein Konzept, das ich am Ende ausgearbeitet haben werde, stehen mir viele Methoden zur Verfügung. Die gängige Methode, die zur Zeit die Lösung des Problems liefern soll, ist wohl die Umkehrosmose. Weltweit setzen rund achtzig Prozent der Entsalzungsanlagen auf dieses Verfahren und nur zwanzig Prozent basieren auf thermischer Entsalzung. Dabei bringt das Verfahren der Umkehrosmose auch viele Nachteile mit sich. Um das Wasser durch die feinen Membranen zu pressen, an denen die Salze aus dem Wasser zurück bleiben, muss ein sehr hoher Druck aufgebaut werden, der wiederum sehr energiebedürftig ist. Diese Energie wird meist aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Das macht den Prozess auch verhältnismäßig teuer. Die Anlage El Prat de Llobregat in Barcelona ist die größte Meerwasserentsalzungsanlage in Europa und produziert bis zu 200 Mio. Liter pro Tag für Haushalte, Landwirtschaft und Industrie im Raum Barcelona. (Elsner, C., 2023) „Sie produziert 1.000 Liter entsalztes Wasser zu einem Preis von 70 Cent. Zum Vergleich: Für die Aufbereitung der gleichen Menge Wasser aus dem Fluss Llobregat fallen 20 Cent an.“ (Elsner, C., 2023)

Aber das ist nicht alles. „Bei der Produktion von einem Liter Trinkwasser bleibt ein Liter hochkonzentrierte Salzsole zurück“. (Elsner, C., 2023) Diese ist nicht nur in sich giftig, sondern auch mit Stoffen versehen, die das Anlageninnere vor Korrosion schützen. Wenn dieses Konzentrat zurück in das Meer gelangt, was leider oft der Fall ist, da mit diesem Abfallprodukt nichts weiter anzufangen ist, schadet das vor allem küstennahen Ökosystemen und der Wasserqualität. Es muss also eine bessere Lösung her.

Unter anderen hat zum Beispiel das Fraunhoferinstitut Forschungsprogramme in die Wege geleitet. Es wird an Anlagen gearbeitet, die über die Elektrodialyse in Kombination mit kapazitiver Deionisierung das Wasser vom Salz trennt. Die unterschiedlich geladenen Teilchen werden dabei entweder von der Kathode oder der

Anode angezogen und können über Membranen herausgefiltert werden, die entweder nur positiv geladene oder nur negativ geladene Teilchen durchlassen. Zurück bleibt das reine Wasser. Da diese Methode mit verhältnismäßig wenig Spannung funktioniert, ist sie deutlich energiesparender als die Umkehrosmose. (Dr.-Ing. Pietzka, C.2., 2024)

Auch die Technische Universität Dresden arbeitet zum Beispiel im Rahmen des geförderten Bundesprojekts innovatION an Lösungen. Dabei geht es, ähnlich wie bei den Arbeiten des Fraunhoferinstituts um „selektive membrangestützte kapazitive Deionisierung zur Entfernung einwertiger Ionen“. (Technische Universität Dresden, 2024) Auf diese Weise werden nicht alle Salze aus dem Waasser gefiltert und man soll so auf die Mineralisierung verzichten können.

Eine US-amerikanische Firma mit dem Namen Desolenator kann als drittes Beispiel für Lösungsansätze mit nachhaltigkeitsanspruch genannt werden. Der Desolenator nutzt die Wärme der Sonne direkt, um das Salzwasser zu erwärmen und greift zusätzlich auf optimierte und patentierte Photovoltaikanlagen zurück. Mit der gewonnenen elektischen Energie wird weitere Wärme generiert und sorgt sogar dafür, dass die Anlage bei Nacht weiterlaufen kann. Dabei werden im Entsalzungsprozess keine Chemikalien verwendet und es entsteht keine giftige Salzsole.

Das Thema behandelt also ein relevantes Problem, das in der Zukunft nur noch größer werden wird. Es gibt bereits verschiedene Lösungsvorschläge, die teilweise im großen Stil in die Tat umgesetzt wurden. Die meisten sind jedoch zu teuer oder legen zu wenig Wert auf die Umwelt, als dass sie eine zeitgerechte Lösung bieten würden. Ich möchte mit meiner Arbeit eine Alternative bieten. Im Fokus der Arbeit soll die Einfachheit stehen. Einfach zu produzieren. Einfach zu bedienen. Einfach zu warten oder zu reparieren. Je einfacher die gestalterische Lösung am Ende für den Benutzer ist, desto besser. Es soll eine Anlage entstehen, die ausschließlich durch erneuerbare Energien funktioniert und von jeder Person bedient werden kann. Ob sie jetzt in Saudi-Arabien, in Afrika, in den USA, auf abgeschiedenen Inselstaaten oder in Spanien oder Italien verwendet wird. Genug Anwendungsgebiete und eine große Zielgruppe gibt es leider.

Zur Zeit kann ich noch keine Methode vollkommen vernachlässigen und vielleicht ist die Methode, für die ich mich am Ende entscheide, noch gar nicht auf meiner Liste. Aber jetzt gerade sehe ich im Parabolspiegel und der Biogasanllage/ Gewächshaus das größte Potential. Ich kann auch noch nicht sagen, ob ich mich auf Trinkwasser spezialisieren möchte oder ob die Anlage landwirtschaftlich oder industriell nutzbares Wasser produziert. Trinkwasser darf nur einen Salzgehalt von ca. 0,01% aufweisen, wobei viele landwirtschaftlich genutzte Pflanzen auch mit einem Salzgehalt von ca. 0,2% zurecht kommen. (Elsner, C., 2023) Die Qualität variiert also stark, je nach Anwendungsgebiet. Auch ist die Demineralisierung durch den Verdampfungspro-

zess ein großes Problem bei der thermischen Entsalzung. Gewisse Mineralien müssen dem Wasser wieder zugeführt werden, die bei der Destillierung verlohren gegangen sind. Ansonsten ist das Wasser auf lange Sicht für den Menschen unverträglich. Auch wird sich noch zeigen, ob die Anlage auf einen Filter angewiesen ist, der vor den eigentlichen Destillationsprozess geschaltet wird. Eventuell müssen größere Partikell frühzeitig aus dem Wasser entfernt werden, um die Anlage nicht zu verstopfen. Auf diese Weise könnte nicht nur Salzwasser, sondern jede Art von verunreinigtem Wasser destilliert werden. So würde ein größeres Anwendungsgebiet abgedeckt werden.

Literaturverzeichnis

Desolenator. (2020). Desolenator, waterproofing communities. Desolenator, waterproofing businesses. Desolenator, waterproofing the future. Desolenator. <https://www.desolenator.com/>. 2024, 27. September.

Dr.-Ing. Hirsch, U. (2024). Aus Salzwasser wird Trinkwasser: Optimierte Oberflächen bei Umkehrosmose-Modulen führen zu besserer Leistung. Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS. <https://www.imws.fraunhofer.de/de/kompetenzfelder/medizin-umwelt/highlights/InnovativeMembranspacer.html>. 2024, 27. September.

Dr.-Ing. Pietzka, C. (2024). Elektrodialyse. Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB. <https://www.igb.fraunhofer.de/de/forschung/wasser-abwasser/entsalzung/elektrodialyse.html>. 2024, 27. September.

Dr.-Ing. Pietzka, C.2. (2024). Kapazitive Deionisierung. Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB. <https://www.igb.fraunhofer.de/de/forschung/wasser-abwasser/entsalzung/cdi.html>. 2024, 27. September.

Elsner, C. (2023, 19. August). Ozeane - Die neue Quelle für Trinkwasser. zdf heute. <https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/meer-wasser-entsalzung-trinkwasser-100.html>. 2024, 27. September.

Technische Universität Dresden. (2024, 20. August). Online-Abschlusskonferenz „Selektive Entsalzung mit der mMCDI - Ergebnisse und Erfahrungen“ am 05.09.2024. Technische Universität Dresden. https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/isi/hvt/die-professur/news/copy_of_online-workshop-anforderungen-an-die-selektive-entsalzung-in-der-praxis?set_language=de. 2024, 27. September.

2.0 THEMENNENNUNG

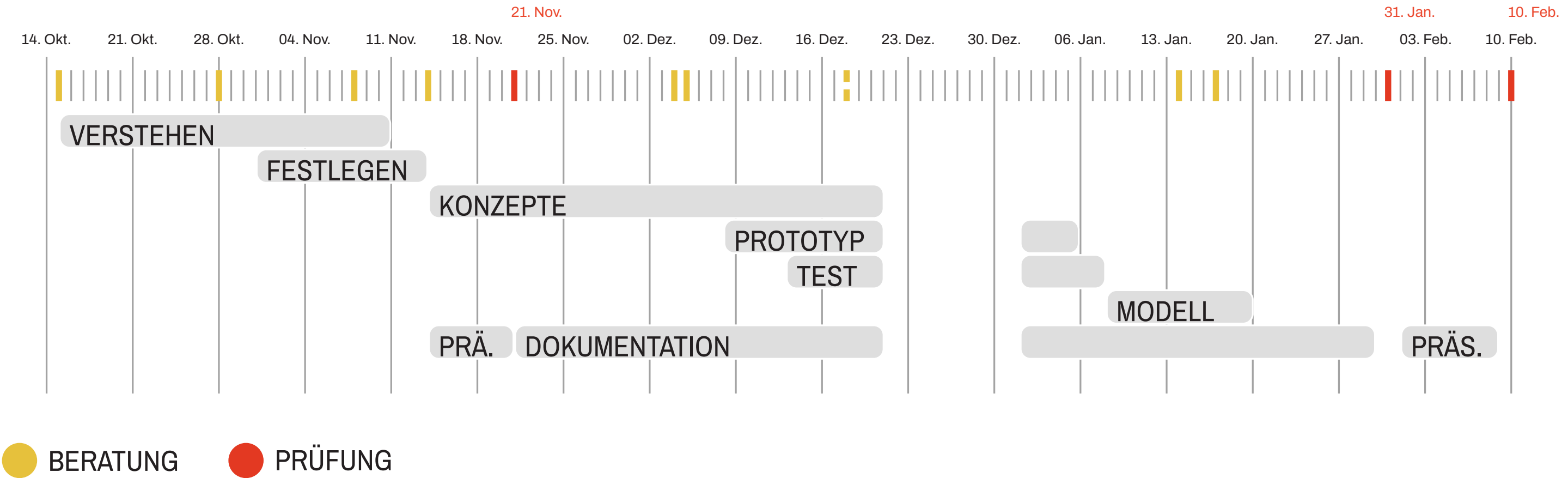
Im Prinzip ist die Grundidee sehr simpel. Und sehr alt. Schon seit Jahrhunderten wird Meerwasser in große, flache Becken geleitet, damit das Wasser schneller verdunstet und man so das, damals noch sehr wertvolle, Meersalz gewinnt. In meinem Projekt verfolge ich den gleichen Ansatz, nur dass ich dabei das Süßwasser gewinnen möchte und nicht das Salz. Dabei wird das Meerwasser durch die Sonne gezieht und direkt erhitzt, um den Verdunstungsprozess zu beschleunigen. Dieses verdunstete Wasser kondensiert im Anlageninneren und wird als gereinigtes Destillat gesammelt. Die Anlage ist nicht auf weitere externe Energiequellen angewiesen .

SALZIG. ist eine Kleinanlage zur solarthermischen Meerwasserentsalzung unter Verwendung der Destillation. Sie soll in schwerzugänglichen, trinkwasserarmen und küstennahen Gebieten zum Einsatz kommen, in denen sich große Meerwasserentsalzungsanlagen nicht lohnen würden.



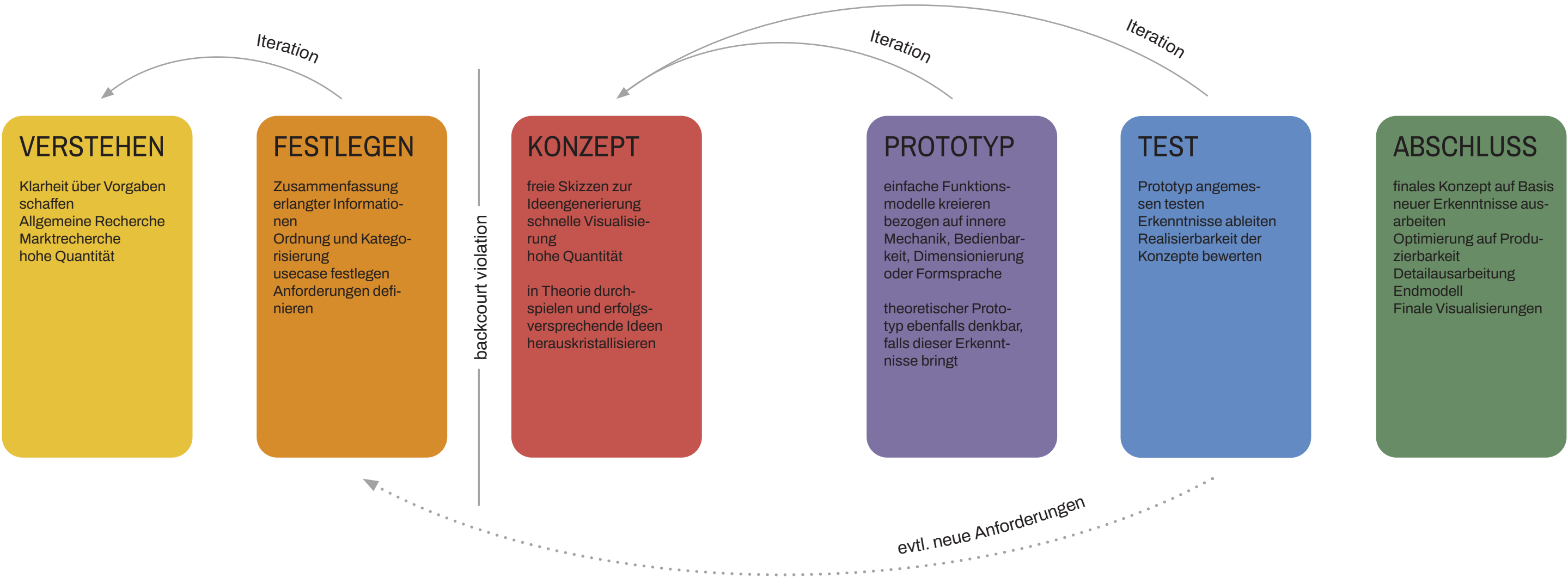
3.0 PLANUNG IST ALLES

3.1 ZEITPLAN



3.2 DESIGN THINKING

DIE STRUKTUR DES PROJEKTS



4.0 PROBLEMDEFINITION

Laut unicef haben mehr als 2 Milliarden Menschen weltweit keinen regelmäßigen Zugang zu sauberem Wasser. Das ist ein Viertel der Weltbevölkerung! (unicef, o.D.)

Wasser spielt in allen Bereichen unseres Lebens eine entscheidende Rolle und es wird tagtäglich für unterschiedliche Zwecke verwendet. Das Wasser, das für diese Verwendungszwecke benötigt wird, kann grob gesprochen in drei Kategorien unterteilt werden: Nutzwasser, Gebrauchswasser und Trinkwasser. Dabei wird Nutzwasser hauptsächlich in der Landwirtschaft (zum bewässern der Felder) oder der Industrie (zur Kühlung der Produktion) verwendet. Von Gebrauchswasser dagegen spricht man, wenn das Wasser im Allgemeinen zum Reinigen von Dingen oder zur Körperreinigung verwendet wird. In Gebieten mit zentraler Wasserversorgung wird das Gebrauchswasser also oft in sanierten Einrichtungen von Privatpersonen verbraucht. Anders als die ersten beiden Kategorien, besitzt das Trinkwasser einen höheren Anspruch an die Qualität. Sauberes Trinkwasser ist elementar wichtig für die Gesundheit des menschlichen Körpers, da es oft konsumiert werden muss und durch Verunreinigungen leicht zu schwerwiegenden Krankheitsbildern führen kann.

In vielen Regionen der Welt kann nicht auf Oberflächenwasser oder Grundwasser zurückgegriffen werden, da die örtliche Infrastruktur nicht zur Versorgung ausreicht oder man schlichtweg nicht an die Quelle herankommt, weil zum Beispiel der Grundwasserspiegel zu tief liegt. Faktoren wie die voranschreitende Klimaerwärmung und die Überbevölkerung sorgen für immer extremere Wetterereignisse wie langanhaltende Dürreperioden und minimieren die Ressourcen pro Kopf. (Young, H. & Schacht, K., 2024)



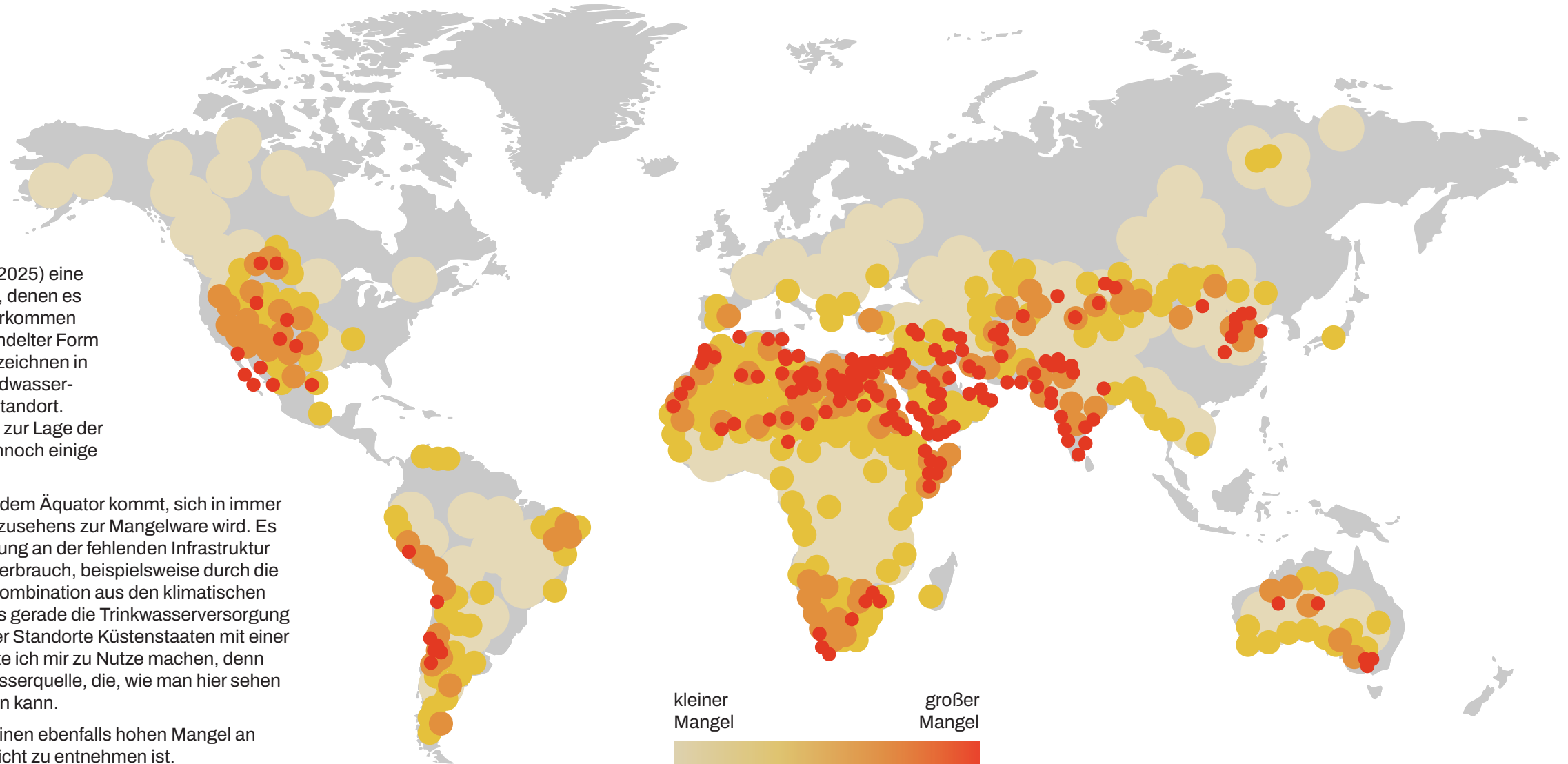
(Pompé, J. J., 2020)

4.1 WASSER-KNAPPHEIT

WWF stellt mit dem water risk filter (WWF Germany, 2025) eine aktuelle Übersicht zu den Standorten weltweit bereit, denen es mehr oder weniger stark an nutzbaren Süßwasservorkommen mangelt. Diese Übersicht ist hier in grafisch abgewandelter Form zu sehen. Die Nutzbaren Süßwasservorkommen bezeichnen in diesem Fall fast ausschließlich die Summe der Grundwasser- und Oberflächenwasservorkommen am jeweiligen Standort. Dieses Schaubild gibt zwar nur eine grobe Übersicht zur Lage der weltweiten Wasserknappheit, jedoch lassen sich dennoch einige Erkenntnisse ableiten.

Allgemein lässt sich sagen, dass man, je näher man dem Äquator kommt, sich in immer heißeren Gegenden aufhält und so das Süßwasser zusehens zur Mangelware wird. Es gibt aber auch andere Gebiete, in denen die Versorgung an der fehlenden Infrastruktur scheitert oder die Region einen sehr hohen Wasserverbrauch, beispielsweise durch die Industrie, aufzuweisen hat. Im ersten Fall ist es die Kombination aus den klimatischen Bedingungen und Folgen der Armut des Landes, was gerade die Trinkwasserversorgung der Menschen stark bedroht. Jedoch sind viele dieser Standorte Küstenstaaten mit einer direkten Anbindung an das Meer. Diesen Fakt möchte ich mir zu Nutze machen, denn das Meer ist eine noch viel zu selten genutzte Süßwasserquelle, die, wie man hier sehen kann, in vielen Fällen die Lösung für das Problem sein kann.

Außerdem ist zu sagen, dass kleinere Inselstaaten einen ebenfalls hohen Mangel an Süßwasser aufweisen, was dem Schaubild jedoch nicht zu entnehmen ist.



4.2 BESTEHENDE LÖSUNGEN

GIFTLAUGE ODER ABGASE

Natürlich bin ich nicht der erste, der das Potential der Meerwasserentsalzung erkannt hat. Es sind bereits rund 22 000 Anlagen in 170 Ländern in Betrieb, die tagtäglich fleißig Wasser entsalzen. Die meisten funktionieren über eines der beiden folgenden Prinzipien: ca. 80% verfallen auf die Umkehrosmose und ca. 20% auf die Destillation, mit der ich mich in meiner Arbeit beschäftige. (Elsner, C., 2023)

Die Abbildung gibt einen Einblick in die größte Meerwasserentsalzungsanlage Europas, die Anlage in El Prat de Llobregat, nahe Barcelonas. Sie versorgt seit 2009 Barcelona und das gesamte Umland mit Frischwasser und funktioniert über Umkehrosmose. Diese lässt sich in der Kurzform wie folgt erklären: Das Salzwasser wird unter sehr hohem Druck durch eine Reihe von semipermeablen Membranen gepresst und auf diese Weise gefiltert. Die Wassermoleküle sind kleiner in ihrem chemischen Aufbau, verglichen mit den Natriumchloridmolekülen, die im Wasser gelöst sind. Die Filter der Anlage besitzen also eine so dichte Struktur, dass Größenunterschiede auf molekularer Ebene den entscheidenden Unterschied machen. Abgesehen von den gelösten Salzen, halten die Membranen auch andere Verunreinigungen, wie zum Beispiel Krankheitserreger zurück. Dieser sehr effektive Filter bringt aber auch Probleme mit sich. Dadurch dass er so fein sein muss, verschmutzt dieser, trotz Vorreinigung des Wassers, schnell und muss gesäubert werden. Um diesem großen Wartungsaufwand entgegenzuwirken, wird das Anlageninnere mit Chlordioxid und Natriumhypochlorid desinfiziert, um es vor Verunreinigung und Korrosion zu schützen, was die Effizienz deutlich steigert. Jedoch entsteht auf diese Weise mit jedem Liter Trinkwasser auch ein Liter Salzlauge, der zudem auch noch giftige Chemikalien enthält. Diese stark konzentrierte Salzlauge wirkt sich in so großen Mengen und mit den oben genannten Stoffen versehen, sehr schädlich auf die Umwelt aus. Dennoch wird diese nicht weiter verwendbare Lauge, unweit von der Küste entfernt, wieder ins Meer zurückgeführt. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die Hochdruckpumpen, die die Anlage betreiben, mit Strom versorgt sein wollen, was das Klima zusätzlich belastet. (El Llobregat, 2024)



(Wikipedia-Autoren, 2004)

Die hier abgebildete Anlage Dschabal Ali ist die größte und produktionsstärkste Meerwasserentsalzungsanlage der Welt und steht in Dubai. Nirgends ist die Meerwasserentsalzung so wichtig geworden wie im Nahen Osten. Rund 70% des Trinkwassers Saudi Arabiens stammen aus dem persischen Golf (Stand 2019). Mit mehr als 200 anderen Anlagen an der Küste des persischen Golfs ist sie auch nicht die einzige in der Umgebung. Anders als ihr spanischer Kollege von der Seite zuvor, ist sie an ein Kraftwerk gekoppelt, denn, Meerwasser wird hier eigentlich nur nebenbei entsalzen. Denn in diesem Kraftwerk wird in einem mit Gas und Erdöl befeuerten Kessel Wasserdampf zur Energiegewinnung erzeugt. Dadurch werden mehrere Dampfturbinen angetrieben, die nebenbei bemerkt zwei Gigawatt Leistung produzieren. Das ist äquivalent zu der Leistung von zwei Atomkraftwerken. Der ohnehin entstandene Wasserdampf, der einen beträchtlichen Energieträger darstellt, wird nun im nachhinein umgeleitet, um zur Meerwasserentsalzung beizutragen. Hierbei wird von einem Verfahren Gebrauch gemacht, das sich „mehrstufige Entspannungsverdampfung“ nennt, was einer Unterkategorie der Destillation entspricht. Entspannungsverdampfung daher, weil die Temperaturen in eine Richtung der Verdampfungskammern immer weiter abnehmen, beziehungsweise zunehmen. Dabei wird das vorgefilterte Meerwasser über ein Rohrsystem in die acht besagten Verdampfungskammern gepumpt. Der rückgeführte Dampf aus der Stromerzeugung sorgt dabei beinahe augenblicklich dazu, dass das Wasser zum Kochen gebracht wird. Beim Rücklauf durch die Kammern, verdampft das Wasser, durch den herrschenden Unterdruck in diesen, schlagartig und kondensiert an den kühleren Rohrleitungen darüber, in denen das Meerwasser zuvor in die Kammern gelangt ist. Bei diesem Prozess der Destillation wird das destillierte, reine Wasser von allen gelösten oder enthaltenen Stoffen getrennt. Als Abfallprodukt bleibt eine konzentrierte Sole zurück, die anders als beim spanischen Kollegen, keine umweltschädlichen Chemikalien enthält, dennoch in ihrer hohen Salzkonzentration ungefiltert ins Meer zurückgepumpt wird. Dabei stellen nicht nur die schiere Menge an Salz, sondern auch die Hitze, die die Sole zu diesem Zeitpunkt immernoch mit sich führt, ein großes Problem für umliegende Ökosysteme dar. Im Bereich der Rückführung des Meerwassers kann daher kaum etwas gedeihen. Außerdem wird der Heißkessel zur Verdampfung des Wassers mit Unmengen an fossilen Brennstoffen betrieben. Wie auch in Barcelona sind die Umweltauswirkungen der Anlage in Dubai nicht vertretbar. Dennoch sind sie in solchen Regionen, mit derart selten vertretenen Süßwasservorkommen, nicht mehr wegzudenken. Es muss an Lösungen gearbeitet werden, die sowohl die Bewohner dieser Regionen mit Wasser versorgen, als auch die Umwelt schonen. (Eichhorn, C., 2021)



(Gates, E. G., 2024)

5.0 Recherche

5.1 ALLGEMEINE RECHERCHE

5.1.1 WASSER

5.1.2 TRINKWASSERAUFBEREITUNG

5.1.3 AUSFLUG IN DIE NATUR

5.1.4 SOLARTHERMIE & WÄRMEPUMPE

5.2 MARKTRECHERCHE

5.2.1 GIVEPOWER

5.2.2 DESOLENATOR

5.2.3 PORTABLE SOLAR DESTILLER

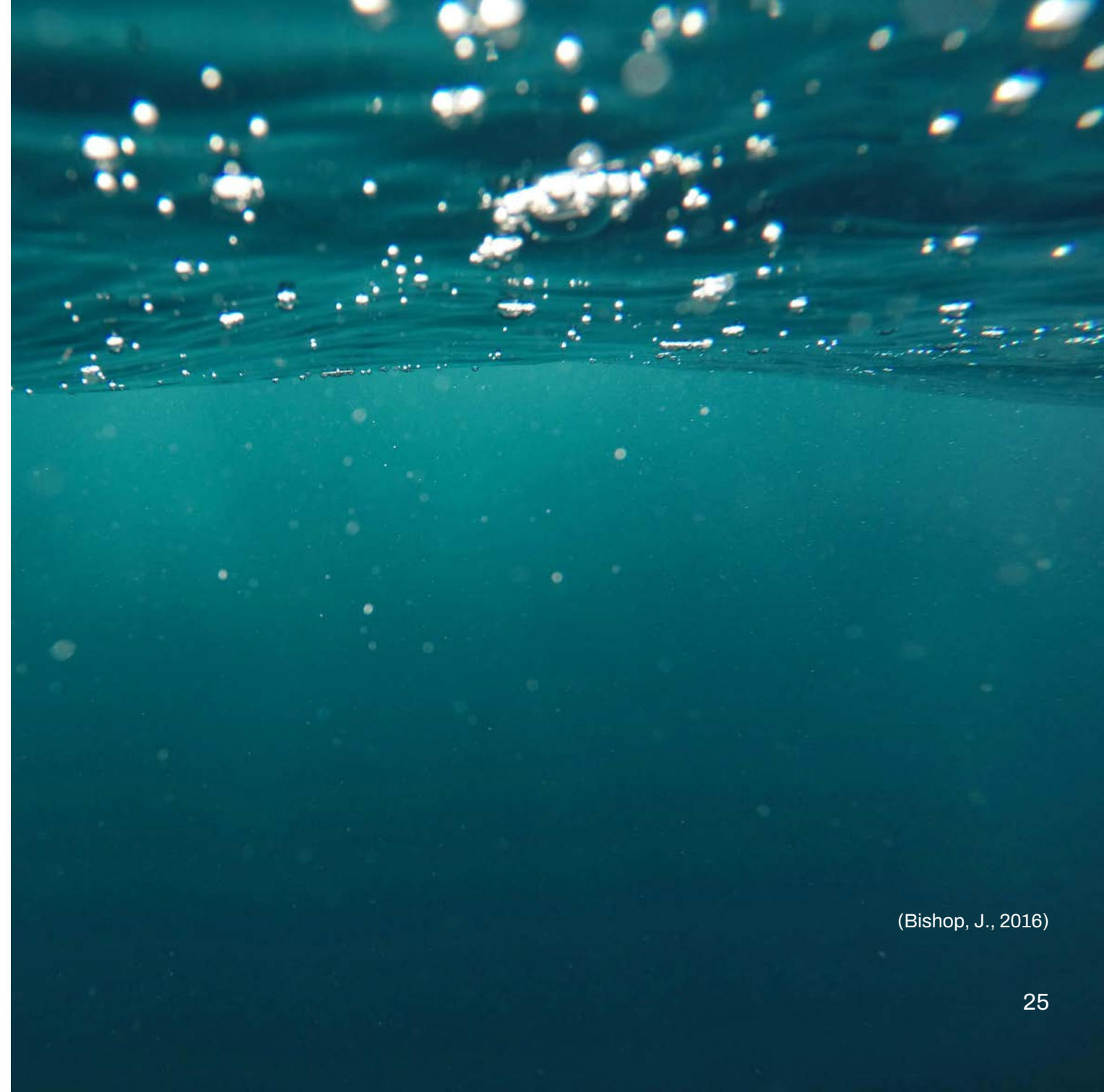
5.2.4 NEMO'S GARDEN

5.2.5 NREL

5.2.6 GEFRIERPRESSE

5.2.7 INNOVATION

5.4 METHODEN



5.1 ALLG. RECHERCHE

5.1.1 WASSER - EIN FASZINIERENDER STOFF

Wasser ist der Stoff, mit dem ich im Laufe dieses Projektes am meisten zu tun haben werde, also wäre es wahrscheinlich sinnvoll, sich darüber zu informieren, mit was man es hier eigentlich zu tun hat.

Die Erde wird nicht ohne Grund der blaue Planet genannt. Rund 70% der Planetenoberfläche sind mit Wasser bedeckt und als Außenstehender müsste man eigentlich davon ausgehen, dass von diesem Stoff kein Mangel ausgehen kann. Wasser nimmt eine essenzielle Rolle in jeder Art von Leben ein und bestimmt über dieses mehr als jeder andere Stoff. An sich ist Wasser tatsächlich in großen Mengen auf der Erde vorhanden, jedoch sind nur rund 2,5% davon tatsächlich in Form von Süßwasser genießbar. Die anderen 97,5% sind in den Weltmeeren enthalten und versalzen. Ein großer Teil des vorhandenen Süßwassers ist zudem an den Polkappen gefroren und nur ein sehr geringer Teil ist in Form von Grundwasser oder Oberflächenwasser direkt zugänglich. Wenn man sich nun mit den Bestandteilen von Meerwasser genauer auseinandersetzt, stellt man fest, dass es sich hierbei nicht nur um eine Mischung aus reinem Wasser und Kochsalz handelt. Im Mittel (an den Polkappen, am Äquator und in abgeschirmten Binnenmeeren ist die Salzkonzentration meist höher als andern Orts) sind es circa 3,5% der Masse des Meerwassers, die sich auf gelöste Stoffe zurückzuführen lässt. Hierzu bietet die Grafik auf der nächsten Seite eine Gute Übersicht. Des weiteren sind aber auch makroskopische Partikel, oranischer und anorganischer Art, Schwermetalle und bakterielle Krankheitserreger und Mikroorganismen im Wasser enthalten, was sich teilweise stark auf die Verträglichkeit auswirken kann. Zusätzlich sind im Meerwasser auch Gase gebunden, wie zum Beispiel Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid oder Stickstoff, was sich auf den pH-Wert des eigentlich pH-neutralen Rohwassers auswirkt. (Spektrum, o.D.) (Elsner, C., 2023)

Abgesehen von der Zusammensetzung des Meerwassers, besitzt der Stoff Wasser, ob mit gelöstem Salz oder ohne, Eigenschaften, die ihn einzigartig machen und die später in der Entwicklung alle hätten relevant werden können. Auch wenn längst nicht alle dieser Eigenschaften in meinem Projekt schlussendlich ausgenutzt wurden, möchte ich sie im weiteren wenigstens kurz erläutern.



2.5%
SÜßWASSER

97.5%
SALZWASSER

DICHTE ANOMALIE

Die meisten Stoffe ziehen sich bei geringer werdenden Temperaturen zusammen und dehnen sich bei größer werdenden Temperaturen aus. Natürlich besitzen unterschiedliche Stoffe auch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten, aber im Prinzip ist es das gleiche. Reines Wasser dagegen erreicht bei atmosphärischem Normaldruck und 4 Grad Celsius sein kleinstes Volumen, beziehungsweise seine höchste Dichte. Bei Erwärmung auf über 4 Grad Celsius, dehnt sich das Wasser aus, das heißt die Dichte nimmt ab. Interessanter Weise passiert bei der Abkühlung von 4 auf 0 Grad Celsius das gleiche, die Dichte sinkt. Das hat damit zu tun, dass die Eiskristalle, die sich mit Erreichung des Gefrierpunktes bilden, immer in sechseckigen Geometrien wachsen und diese automatisch eine kleine Lücke im Inneren lassen. Somit kann die Dichte nicht weiter steigen. (LEIFIchemie, 2025)

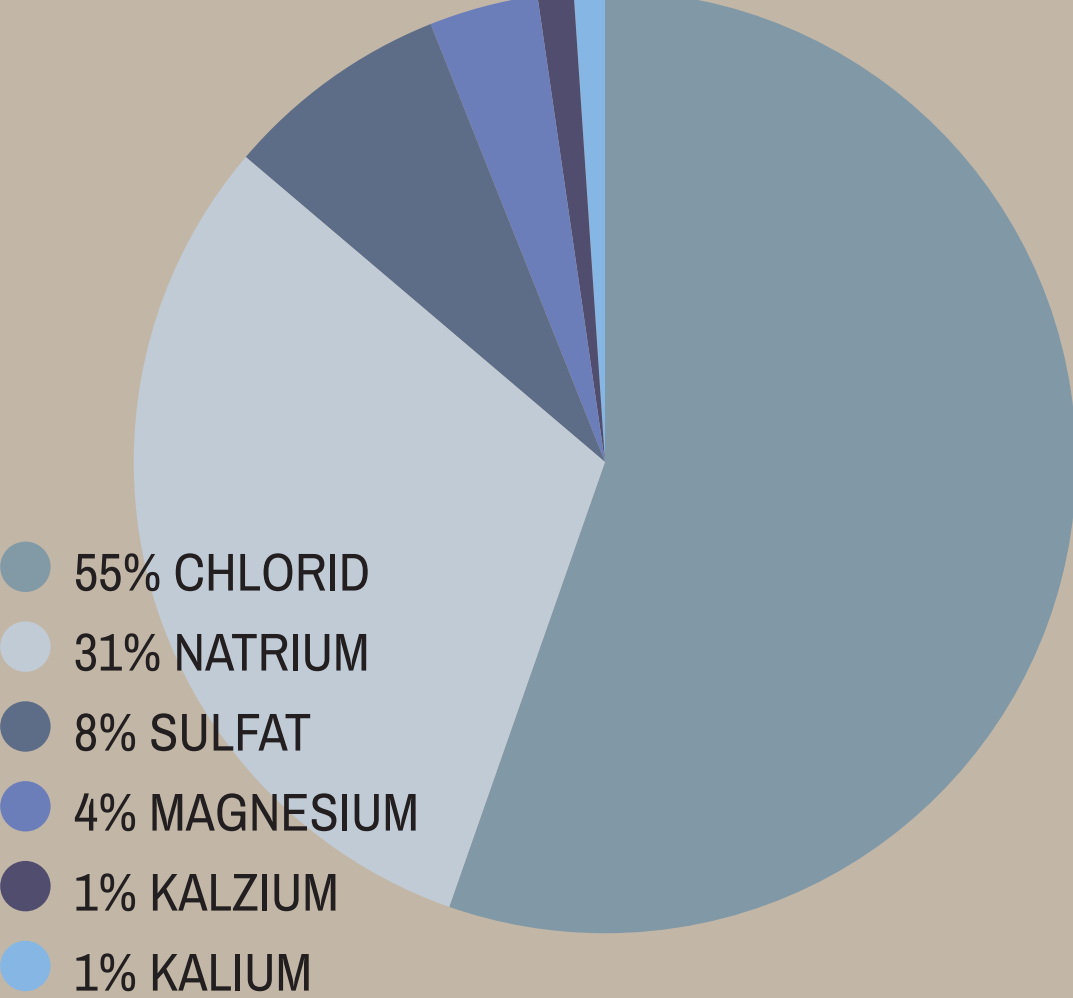
GEFRIERPUNKT & SIEDEPUNKT

Reines Wasser gefriert bei 0 Grad Celsius und siedet bei 100 Grad Celsius (bei Normalbedingungen). Jedoch hängt die Grenze zum Aggregatzustandwechsel nicht allein von der Temperatur, sondern auch vom atmosphärischen Druck ab. Ein besonders hoher oder niedriger Druck kann den Gefrierpunkt nur sehr geringfügig verschieben, wohingegen er sich sehr stark auf die Siedetemperatur auswirkt. Beispielsweise siedet Wasser auf einer Höhe von 3000 Metern bereits bei einer Temperatur von rund 90 Grad Celsius. Durch eine Vakuumkammer kann unter extrem geringem Druck das Wasser bereits bei Raumtemperatur siedend. Was das Gefrieren des Wassers stärker beeinflussen kann als der Druck der Atmosphäre, ist die Zugabe von Natriumchlorid. Das gelöste Kochsalz sorgt im Wasser in ausreichender Konzentration dafür, dass der Gefrierpunkt des Wassers in den negativen Celsiusbereich rutscht. Diesen Effekt kann man im Winter auf den gesalzenen Straßen beobachten. Das Salz senkt hier ebenfalls den Gefrierpunkt des Wassers und sorgt so dafür, dass die gefährliche Eisschicht auf der Straße verhältnismäßig harmlos und flüssig wird. Um diesen Prozess jedoch in seiner gesamten Tiefe zu verstehen, spielen deutlich mehr Faktoren in das Geschehen hinein. Nebenbei wird durch die Zugabe von Kochsalz auch die Siedetemperatur minimal angehoben.

WÄRMEKAPAZITÄT

Kein Stoff der Welt besitzt eine so hohe Wärmekapazität wie Wasser. Kein Stoff benötigt mehr Energie, als Wasser, um erhitzt oder abgekühlt zu werden. Um einen Liter Wasser von Raumtemperatur auf Siedetemperatur zu erhitzen sind etwas über 330 Kilojoule an Energie nötig. Übertragen auf einen Pkw der eine Tonne wiegt, was heutzutage schon sehr leicht ist, müsste dieser ungefähr 93 Kilometer pro Stunde fahren, um den gleichen Wert, in Form von kinetischer Energie, zu besitzen. Das ist schon was. (2LEIFIphysik, 2025)

3.5% GELÖSTE STOFFE



WÄRMELEITFÄHIGKEIT & ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT

Die Wärmeleitfähigkeit beschreibt, wie schnell und effektiv (also ohne große Verluste) ein Stoff thermische Energie transportieren kann. Reines Wasser besitzt eine relativ schlechte Wärmeleitfähigkeit und das ändert sich durch die Zugabe von Natriumchlorid auch nur geringfügig. Verglichen mit sehr guten Wärmeleitern wie Kupfer, welcher im sanitären Bereich oft in Heizungsrohren Verwendung findet, schneidet Wasser über 600 Mal schlechter ab. Auch was die elektrische Leitfähigkeit angeht, hat Kupfer klar die Nase vorne. Jedoch muss man sagen, dass durch die Zugabe von Kochsalz, die elektrische Leitfähigkeit des Wassers deutlich zunimmt, auch wenn sie dennoch nicht an die des Kupfers herankommt. Das liegt daran, dass dem Salzwasser deutlich mehr freie Ionen zur Verfügung stehen als reines Wasser. Diese werden zum Ladungstransport benötigt. (LEIFIphysik(2), 2025)

VERDAMPFEN & VERDUNSTEN

Es besteht ein elementarer Unterschied darin, ob das Wasser verdampft oder verdunstet. Das Verdampfen beschreibt den Wechsel des Aggregatzustandes vom Flüssigen ins Gasförmige im gesamten Volumen, wohingegen beim Verdunsten, dieser Übergang einzig und allein an der Oberfläche des Wassers stattfindet. Damit es zum Verdampfen kommen kann, muss das Wasser die Siedetemperatur erreichen. Erst dann, bilden sich im Wasser die charakteristischen Siedebällchen, Wasser das innerhalb der Flüssigkeit gasförmig wird. Zum Verdunsten ist keine so hohe Temperatur nötig. Selbst bei Minusgraden kann Wasser verdunsten, beziehungsweise sublimieren, denn hierbei wird der flüssige Aggregatzustand quasi übersprungen und das Wasser geht direkt von fest zu gasförmig über. Allerdings ist dennoch eine höhere Temperatur von Vorteil. Bei der Verdunstung können nur die Wassermoleküle an der Oberfläche genügend Energie erfahren, um sich von den gegenseitigen Anziehungskräften zu anderen Wassermolekülen loszureißen, weil hier die Molekülbewegung am wenigsten durch darüber liegende Moleküle behindert wird. Und je wärmer es ist, desto schneller bewegen sich die Moleküle innerhalb des Wassers und desto mehr Energie besitzen sie. Ein weiterer wichtiger Faktor, der über die Verdunstungsrate bestimmt, ist ob die darüber liegende Luft, den Wasserdampf überhaupt aufnehmen kann. Hierbei wird die relative Luftfeuchtigkeit interessant, denn je trockener die Luft, desto leichter kann sie Feuchtigkeit aufnehmen und das Wasser verdunstet schneller. Zusätzlich spielt außerdem der Wind, beziehungsweise irgend eine Art von Luftzirkulation über der Wasseroberfläche eine Rolle. Denn wenn die Luft, oberhalb des Wassers, von verdunsteter Feuchtigkeit gesättigt ist, das heißt die relative Luftfeuchtigkeit bei 100% liegt, kann keine weitere Feuchtigkeit verdunsten. Der Prozess stagniert und kommt schließlich zum Erliegen.

Abschließend kann man sagen, dass der Prozess der Verdampfung erheblich schneller abläuft als der der Verdunstung, jedoch am Ende die gleiche Menge Energie verwendet wurde, um die gleiche Menge an Was-

ser vom flüssigen in den gasförmigen Zustand zu befördern. Egal ob es sich am Ende um Verdampfung oder Verdunstung handelt, der Prozess verläuft in beiden Fällen schneller bei höherer Wassertemperatur, höherer Wasseroberfläche und geringerer relativen Luftfeuchtigkeit in der Luft darüber. (Lernhelfer, 2025)

KONDENSATION

Damit es zur Kondensation an einer Oberfläche kommen kann, muss die Fläche, an der sich der Wasserdampf niederschlagen soll, kühler sein, als der Taupunkt der Luft. Der Taupunkt ist die Temperatur, bei der die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, also eine relative Luftfeuchtigkeit von 100 % erreicht. Wie viel kälter die Fläche also letztendlich sein muss, hängt vor allem von der relativen Luftfeuchtigkeit ab. Je gesättigter die Luft ist, desto bereitwilliger ist sie, die Feuchtigkeit abzugeben. Somit kann die Kondensationsfläche bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit, die gleiche Temperatur haben, wie die feuchte Luft. Je weiter die relative Luftfeuchtigkeit der Luft sinkt, desto größer muss die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Fläche sein, damit sich Wasser niederschlägt. (Ecofort GmbH, 2014)



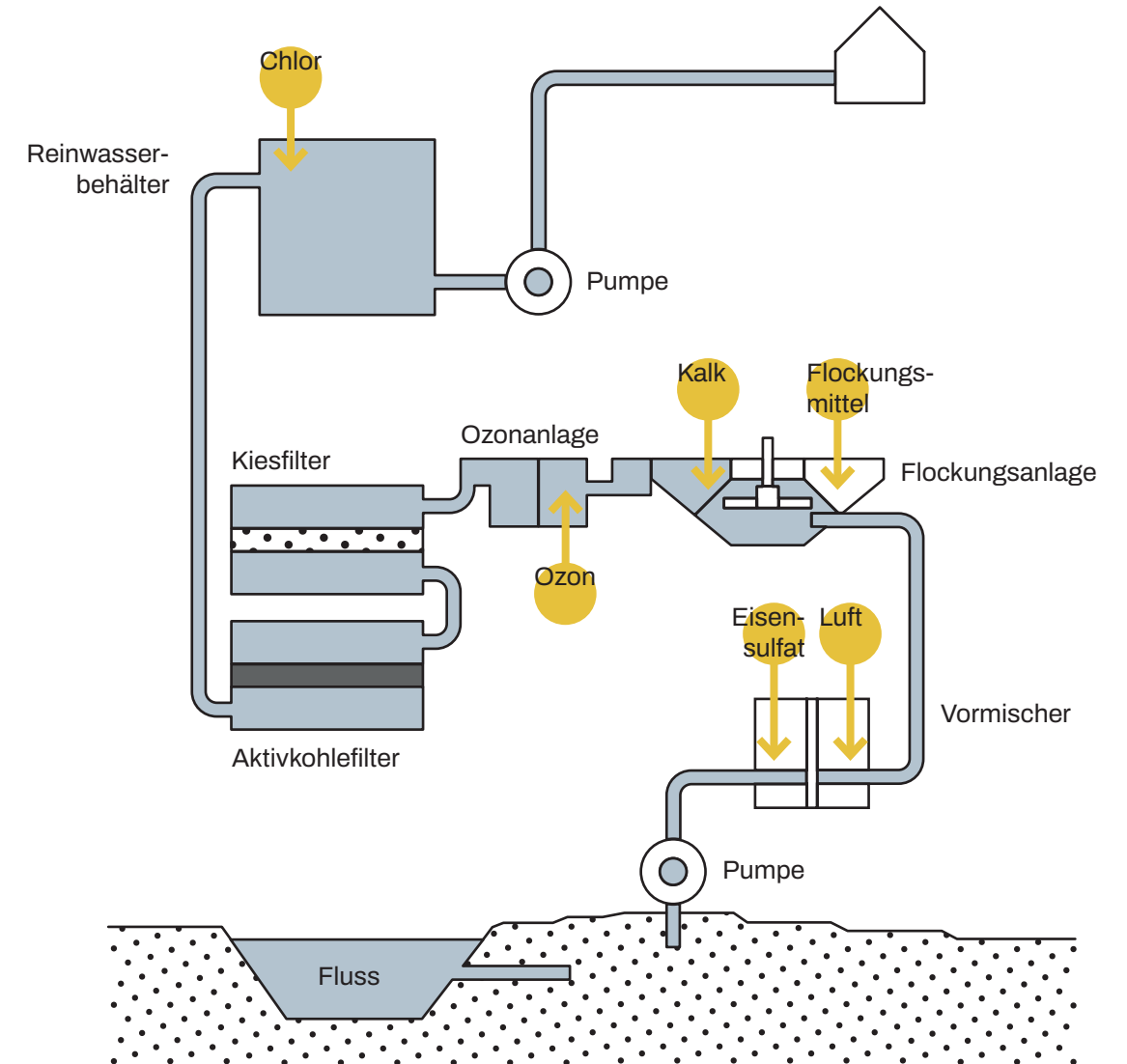
5.1.2 Wasseraufbereitung

WASSER IST NICHT GLEICH WASSER

Moderne Trinkwasseraufbereitung, so wie sie in der Abbildung dargestellt ist, hat zwar in erster Näherung nichts mit Meerwasserentsalzung zu tun, dennoch ist es wichtig zu wissen, welche Anforderungen Trinkwasser erfüllen muss, damit es sicher konsumiert werden kann.

Hier zu Lande wird vieles dadurch einfacher, dass das Wasser, das als Ergänzung zum Grundwasser, nicht entsalzen werden muss, sondern lediglich aufbereitet werden muss. Dabei wird Oberflächenwasser meist einem Fluss entnommen und durchläuft im Normalfall die folgenden Schritte: Sedimentation, Filtration, Flockung, Strippung, Konzentrationsausgleich, Oxidation und Ionenaustausch. Gerade im mitteleuropäischen Raum sind die Richtlinien für Trinkwasser verhältnismäßig strikt, was so einen Aufwand in der Aufbereitung begründet.

Zunächst wird das Rohwasser nahe des Flussufers entnommen und auf natürlichem Weg durch die Uferfiltration gereinigt, bevor es in die Anlage gerät. Im Vormischer wird Eisensulfat in Kombination mit Luft hinzugefügt. Zum einen reagiert das Eisensulfat mit dem Wasser zu Eisenionen, die Schwebestoffe und andere biologische Verunreinigungen neutralisieren. Zum anderen bindet es die enthaltenen Phosphate im Rohwasser zu unlöslichen Eisenphosphaten. Es kommt zur Flockenbildung durch die Eisenionen, dessen Oxidation durch den beigeführten Sauerstoff aus der Luft begünstigt wird. Im nächsten Schritt können in der Flockungsanlage, diese größeren Partikelklumpen leicht vom Wasser separiert werden. Im weiteren Verlauf wird zur Oxidation des Wassers Ozon hinzugegeben. Ozon ist sehr reaktionsfreudig und wirkt desinfizierend und schadstoffhemmend, vor allem auf organische Verschmutzungen. Außerdem entsteht bei der Oxidation Sauerstoff, der im Wasser gelöst wird und andere gelöste Stoffe wie zum Beispiel Kohlendioxid verdrängt. Das wirkt sich positiv auf den pH-Wert aus und stellt sicher, dass das Wasser nicht übersäuert. Eine Übersäuerung würde sich in Geruch, Geschmack und Gesundheitsverträglichkeit des Trinkwassers negativ bemerkbar machen. Zu diesem Zeitpunkt ist bereits ein großer Teil der gelösten Stoffe, enthaltenen Partikel und Krankheitserreger entfernt oder neutralisiert. Zum Schluss wird das Wasser durch einen Kies- und einen Aktivkohlefilter gepumpt, um eventuell bestehende minimale Verunreinigungen ausschließen zu können. Bevor es zum Endverbraucher gelangt, wird es meist mit sehr geringen Mengen an Chlor vermischt, was desinfizierend auf das Reinwasser wirkt und es somit haltbarer macht. (Fritsche, H., 2013)



(vgl. Fritsche, H., 2013)

5.1.3 AUSFLUG IN DIE NATUR

WASSERGEWINNUNG UNTER EXTREMEN BEDINGUNGEN

Der australische Dornteufel (links) und der namibische Wüstenkäfer (rechts) haben eine große Gemeinsamkeit: Um dringend benötigte Flüssigkeit aufzunehmen, müssen sie nichts weiter tun, als in der Gegend herumzustehen. Das Wasser kommt von ganz allein zu ihnen.

Ich habe diese beiden Überlebenskünstler in meine Recherche aufgenommen, da sie unter extremen Umweltbedingungen, auf besondere Art und Weise, an Trinkwasser gelangen, ähnlich wie ich es vorhabe. Meine Vorbilder nehmen jedoch nicht das Wasser aus dem Meer, sondern aus der Luft.

In der Wüste werden tagsüber weltweite Spizentemperaturen erreicht, jedoch fällt die Temperatur in der Nacht meist stark ab. Diese große Temperaturdifferenz innerhalb von 24 Stunden sorgt dafür, dass sich Morgentau niederschlägt. Das macht sich der australische Dornteufel zu Nutze. Denn abgesehen von den abschreckend wirkenden Dornen auf seiner Haut, befindet sich hier eine sehr feine Mikrostruktur, die in ihrer Funktion mit kleinen Strohhalmen verglichen werden kann. Diese ermöglicht es ihm, den Tau, der sich auf seinem Körper



(Fogden M. & Fogden P., 2018)



(reddit, 2021)

niederschlägt, effizient zu seinem Maul zu leiten. Sogar das Heraussaugen des Wassers aus nassem Sand ist über die Füße möglich. Für diese automatische Wasseraufsaug- und Weiterleitungsfunktion ist der Kapillareffekt verantwortlich, denn Wasser hat die faszinierende Eigenschaft, in sehr kleinen Röhren, sich der Schwerkraft entgegen zu bewegen. Auf diese Art gelangen auch alle Arten von Pflanzen an das Wasser, dass sie zum Leben benötigen. (Langley, L., 2018) Der Namibische Wüstenkäfer oder auch Nebelkäfer genannt, kann über eine vergleichbare Struktur auf seinem Panzer, das Wasser aus Nebelschwaden einfangen, die mehrmals im Monat über seine Heimatwüste ziehen. Dabei reckt er, wie im Bild zu sehen, sein Hinterteil in die Höhe, um dem vorheiziehenden Nebel möglichst viel Fläche zu bieten. (asknature, o.D.)

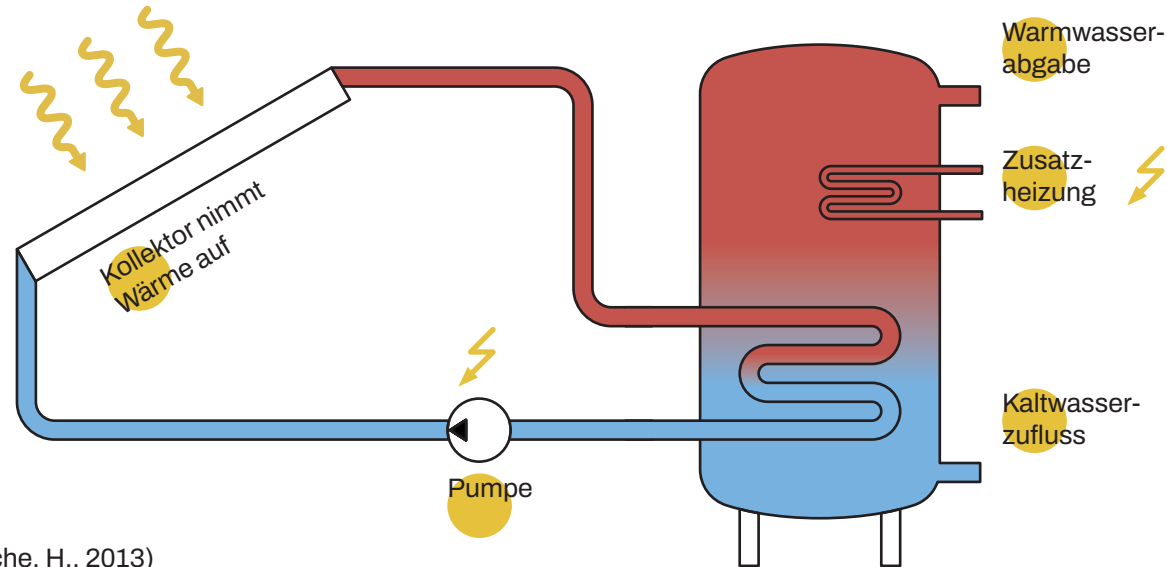
Der Kapillareffekt ist in sofern nicht ganz uninteressant für mich, da ich das Wasser auf irgendeine Weise in das Anlageninnere befördern muss und es nach der Trennung vom Salz von diesem separieren muss. Die Kapillarkraft könnte auf den ersten Blick die Lösung für beide Anwendungen sein. Jedoch ist es zwingend notwendig, dass die dafür benötigte Struktur so feinporig ist, dass man sie mit dem bloßen Auge schwer erkennen kann. Da aber Salzwasser dazu neigt, einen Teil der gelösten Stoffe abzulagern, würde diese Struktur, anders als bei meinen Vorbildern, sehr schnell verstopfen und wäre nicht weiter funktionsfähig.

5.1.4 SOLARTHERMIE & WÄRMEPUMPE

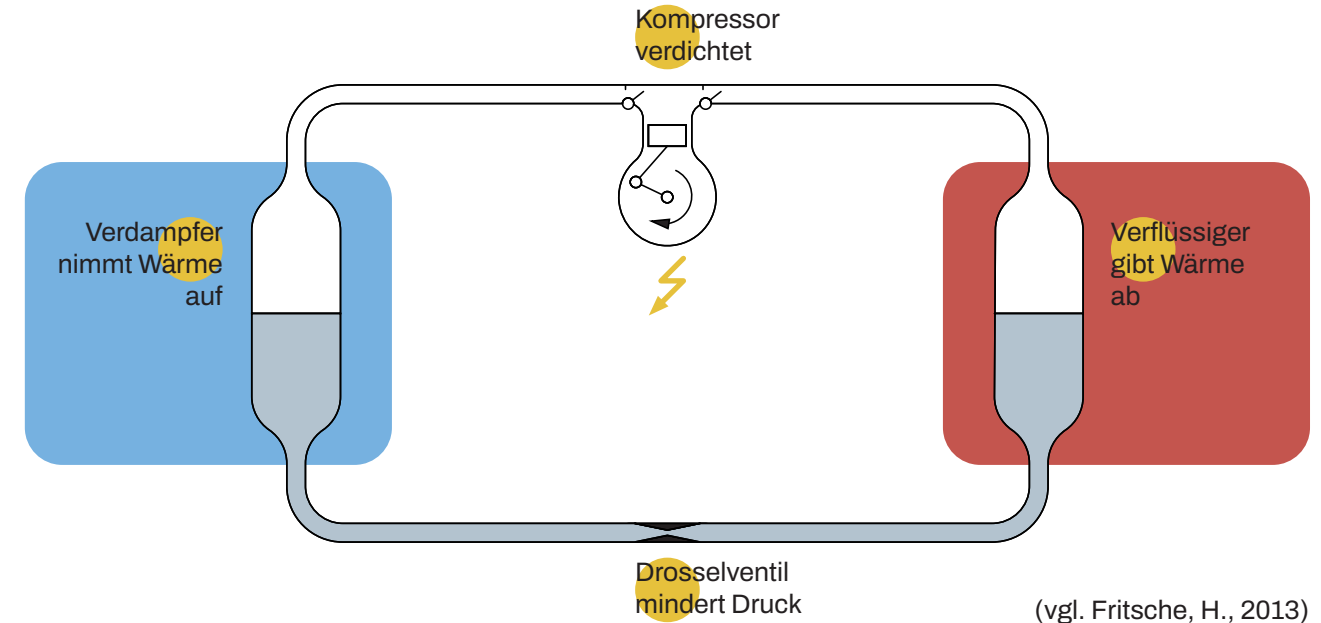
Als Option zur Holz-, Öl-, oder Gasverbrennung, um im privaten Bereich zu heizen, werden im mitteleuropäischen Raum die Solarthermie und die Wärmepumpe immer beliebter, da sie deutlich umweltschonender und günstiger im Betrieb sind als ihre Vorgänger. Da ich mich in meiner Arbeit auch mit der Erwärmung von Wasser beschäftige, sollte ich wenigstens kurz auf diese Standarts eingehen.

Die Grundidee ist bei beiden Verfahren die gleiche: Ein Wärmetauscher. Dabei wird ein Sekundärmedium, meist mit Zusätzen für Frostschutz und dergleichen versehenes Wasser, erwärmt, um dann im weiteren Durchlauf durch die Anlage, ihre gewonnene Wärme wieder abzugeben. Sie gibt diese Wärme an das Primärmedium ab, also das Medium, was zum eigentlichen Heizen verwendet wird, wie zum Beispiel das Wasser in den Heizkörpern.

In der unteren Abbildung ist eine sehr reduzierte Form der Solarthermie zu sehen (aus Übersichtsgründen feh-



(vgl. Fritsche, H., 2013)



(vgl. Fritsche, H., 2013)

len hier Bauteile zur Steuerung und Druckregulierung). Das Sekundärmedium wird beim Durchfluss durch die Sonnenkollektoren gezieht erwärmt. Dies geschieht durch geschwätzte und wärmeisolierte Rinnen, durch die sehr wenig Wasser auf einmal gepumpt wird. Das somit heiß gewordene Rohr dahinter verläuft anschließend in gewickelter Form durch den Boiler, um schnellstmöglich die Wärme an das enthaltene Primärmedium abgeben zu können. Die Zusatzheizung wird erst in Betrieb genommen, wenn die Sonne nicht genügend Energie bereitstellen kann.

In der oberen Abbildung ist die grobe Funktionsweise einer Wärmepumpe zu sehen. Im Verdampfer nimmt das flüssige Kältemittel genug Energie aus der Umgebung auf, um in den gasförmigen Zustand überzugehen, hierzu sind keine hohen Temperaturen nötig. Der Kompressor verdichtet das Gas anschließend, heißt es damit stark auf und befördert es in den Verflüssiger. Dort kondensiert der Dampf wieder zu einer Flüssigkeit und gibt dabei seine Energie in Form von Wärme an die Umgebung ab. Diese Abwärme wird zum Heizen des Primärmediums verwendet. Durch das Drosselventil, welches den Druckausgleich innerhalb der Anlage schafft, gelangt das abgekühlte Kältemittel zurück in den Verdampfer, wo es wieder neue Energie der Umgebung aufnehmen kann. (Fritsche, H., 2013)

5.2 MARKTRECHERCHE

5.2.1 GIVEPOWER - UMKEHROSMOSE MAL ANDERS

In der Marktrecherche geht der Blick nach links und rechts, um sich über die Kollegen, im Bereich der Entsalzung, einen Marktüberblick zu verschaffen. Hierbei kommt man automatisch auf den aktuellen Stand der Dinge und eventuell auch auf neue Ideen. Dabei geht es mir nicht um kommerzielles Konkurrenzdenken (darum sollte es übrigens in erster Näherung nie gehen), sondern darum, die beste Lösung für das Problem zu finden. Alle hier aufgeführten Anlagen sind laut Entwicklerangaben umweltneutral, was auch einen großen Anspruch an meine Anlage ausmacht.

Die Anlage, die hier zu sehen ist, wird von der Firma givepower bereitgestellt. Sie ist stationiert in Kiunga, Kenia, im Küstengebiet nahe der somalischen Grenze. Sie beliefert das kleine Fischerdorf von 3500 Einwohnern täglich mit genügend frischem Trinkwasser, denn es muss seit Jahren, außerhalb der Regenzeit, schweren Dürren trotzen. Die einzige bisherige alternative Trinkwasserquelle für die Bewohner Kinguas, bestand aus einem verschmutzten Brackwasserloch, welches sich eine Stunde vom Dorf entfernt, befindet. Das Wasserloch wird auch von den Tieren aus dem Umland genutzt, was das ohnehin schon stark verunreinigte Wasser, oft zu einer Quelle der Krankheit macht. Daher spielt givepower nun eine ganz entscheidende Rolle im Leben der Dorfbewohner.

givepower ist sicherlich eine der technisch aufwendigeren Kleinanlagen zur Meerwasserentsalzung in meiner Marktrecherche. Das Dach besteht ausschließlich aus Photovoltaikpanelen, welche in der Sonne Kenias genug Energie produzieren, um die Pumpen zur Umkehrosmose Tag und Nacht zu betreiben. Um die Energie zu erlangen, sie zu verwenden und sie auch für die Nacht zu speichern, sind verschiedene technische Komponenten nötig, die auch auf eine Steuereinheit nicht verzichten können. Das Alles und die Frischwassertanks werden von dem Dach beschattet, was sowohl die technischen Komponenten vor der Sonneneinstrahlung schützt und zusätzlich das Wasser kühl lagert, was es weniger anfällig für Bakterienbefall macht. Ich konnte keine Informationen darüber finden, ob das destillierte Wasser innerhalb der Anlage mineralisiert wird.

(Hayes, B., 2018)



(Hayes, B., 2018)

5.2.2 DESOLENATOR

DESTILLATION MIT DAMPFRÜCKFÜHRUNG

Das dänische Unternehmen Desolenator baut 2020 die leistungsstärkste Anlage der Sammlung und ähnlich wie die Lösung von givepower, ist sie eine technisch relativ aufwendige. Es wird damit geworben, dass ein Kubikmeter Wasser für einen US-Dollar produziert werden kann, was durchaus konkurrenzfähig in der herkömmlichen Wasseraufbereitung wäre. Eine modulare Anlage, wie diese hier in Dubai stationierte, kann bis zu 250 000 Liter Frischwasser am Tag produzieren. Diese großen Zahlen können in einer verhältnismäßig kleinen Anlage nur durch zusätzlichen Nachtbetrieb erreicht werden. Dabei spielt die Art der Energiegewinnung eine zentrale Rolle, denn hierbei handelt es sich um zwei unterschiedliche Verfahren. Zum einen wird zur reinen Energiegewinnung in elektrischer Form, auf eine ganze Reihe von Photovoltaikpanelen zurückgegriffen. Zum anderen beinhaltet die Anlage aber auch eigens patentierte solarthermische Photovoltaikpanele oder kurz PV-T-Panale. Diese verbinden optimal die Vorteile von Solarthermieanlagen und Photovoltaikpanelen, denn durch die Paneele fließt Salzwasser, dass dadurch vorgewärmt wird und die PV-Einheit darüber kühlt, was ihre Effizienz steigert. Auf diese Weise sind sie viermal effizienter als herkömmliche PV-Paneele und das Salzwasser gelangt vorgewärmt in die eigentliche Anlage. Die ebenfalls eigens patentierten Kesseleinheiten, die auch auf dem Bild zu sehen sind, destillieren Wasser durch Verdampfung, leiten dabei aber den entstehenden Dampf wieder zurück in den Kessel, um ihn effizienter zu beheizen. Das dabei entstehende Destillat wird in eine weitere Einheit gefördert, die das Wasser wieder remineralisiert, um es für alle Zwecke verwendbar zu machen. Dabei lässt sich das Wasser auch je nach Verwendungszweck, sei es beispielsweise zum Trinken oder zu industriellen Zwecken, individuell mineralisieren. Um die Effizienz der Anlage zu steigern, operiert sie, wie bereits erwähnt, auch nachts. Die nötige Energie hierzu wird ebenfalls durch die PV- und PV-T-Paneele generiert und über Nacht in großen Batterien und Wärmespeichertanks mit gekoppelter Wärmebatterie gespeichert. (Desolenator, 2020)



(Desolenator, 2020)

5.2.3 PORTABLE SOLAR DESTILLER

WASSER ENTSALZEN GEHT KAUM EINFACHER

Henry Glogau hat 2021 mit seinem Projekt portable solar destiller eine faszinierend einfache Lösung zur Wasserdestillation geschaffen. Hierzu kann, wie bei allen Destillationsanlagen, jede Art von verunreinigtem Wasser gesäubert werden. Außerdem wird hier aber auch das Regenwasser aufgefangen, als Ergänzung zum Destillat. Die Konstruktion ist sehr einfach gedacht, sowohl herzustellen, als auch zu installieren und ist zusätzlich auch ganz leicht umzuziehen. Vom baulichen Aufwand und den verwendeten Komponenten, kommt es mit dem Minimum aus und kann somit auch an sehr abgelegenden Orten lokal hergestellt werden. Glogau stellt zusätzlich zu seiner Idee auch eine einfache Bauanleitung mit modularem Ansatz zur Verfügung, die es auch Privatpersonen mit einfachen Mitteln ermöglicht, seine Idee umzusetzen.

Die rotationssymmetrische und faltbare Bambusunterkonstruktion bildet den Fuß der Anlage und spannt gleichzeitig die zweischichtige Planenfläche auf. Diese ist geschlossen und die Oberseite lässt Licht eindringen. Die innen liegende Unterseite ist schwarz, was sie schneller heiß werden lässt. Sie wird manuell, beispielsweise mit einem Kanister, mit verunreinigtem Wasser befüllt. Das Wasser, das an der lichtdurchlässigen Planendecke kondensiert, fließt durch die zentrale Neigung dieser, zur Mitte der Anlage. Auf die gleiche Weise wird auch das Regenwasser in der Mitte gesammelt. Durch ein zentrales doppelwandiges Bauteil wird so die Summe aus Destillat und Regenwasser durch einen herabführenden Schlauch in einem Kanister aufgefangen. Auf diese Weise generiert die Anlage zwar weniger destilliertes Wasser als die meisten anderen in dieser Auflistung, jedoch auch auf die mit Abstand einfachste Weise. Zur Reinigung des Anlageninneren habe ich keine Informationen finden können, sie wird aber sicherlich, ähnlich wie die Befüllung, manuell ablaufen. Des weiteren ist die Konstruktion verhältnismäßig leicht und bietet dem Wind viel kopflastige Fläche um darunter zu greifen. Die Sturmsicherung wird allein durch Sandsäcke bewerkstelligt, welche die Standfüße der Anlage beschweren. Außerdem wird die Mineralisierung des Wassers nicht erwähnt. (Glogau, H., 2021)



(Glogau, H., 2021)

5.2.4 NEMO'S GARDEN

UNTERWASSERGENÜSEGARTEN

Der italienische Unternehmer Sergio Gamberini gründete 2012 Nemo's Garden an der Küste Liguriens, ein Konzept das schon bald eine ernstzunehmende Option zum Gemüse- und Obstanbau auf Feldern oder Plantagen werden könnte. Dabei ist die Grundidee simpel: Nutzpflanzen auf dem Meeresgrund züchten. Dabei ist nicht die Rede von einer Art Meeresgras, das sich auf dem Meeresgrund wohl fühlt, sondern eher von Pflanzen wie Erdbeeren oder Basilikum, die sonst eher im Vorgarten als auf dem Meeresgrund zu finden sind. Das macht die Umsetzung der Idee auch nicht unbedingt einfacher, aber dennoch machbar. Etwa fünfzig Meter vor der Küste und sechs Meter unterhalb der Meeresoberfläche, liegen die lichtdurchlässigen Sphären quasi vor Anker, denn sie müssen fest mit dem Meeresboden verbunden sein, um an Ort und Stelle zu bleiben. Die Sturmsicherung ist tatsächlich ein wiederkehrendes Problem. Dennoch baut das Projekt auf vielen Vorteilen: Die Pflanzen sind nicht auf umweltschädliche Pestizide angewiesen, denn Käfer gibt es am Meeresboden keine. Außerdem kann über entsprechende Sensorik genauestens die atmosphärische Zusammensetzung innerhalb der Sphären reguliert werden, denn die meisten Pflanzen kommen mit weniger Sauerstoff und dafür mehr Kohlenstoffdioxid entschieden besser zurecht. Auch der atmosphärische Druck von 1,8 Bar der dort unten herrscht, scheint manchen Pflanzenarten sehr gut zu tun. Des weiteren ist die Temperatur in Nemo's Garden sehr stabil und kann leicht beeinflusst werden, was ebenfalls zu effizienterem Wachstum beiträgt. Und das beste kommt erst noch: Die Pflanzen die hier unten wachsen sind nicht auf frisches Süßwasser zur Besserung angewiesen. Sie verwenden das Meerwasser und ein technisches Substrat, das alle nötigen Nährstoffe enthält. Somit wird nährstoffreicher Boden überflüssig. Natürlich kommen einige Pflanzen anfangs nicht so gut mit dem Salzwasser zurecht wie andere, aber wenn einmal Wasser durch die Pflanze aufgenommen wurde, verdunstet es über ihre Blätter wieder und wird aufgefangen. Das heißt ab da, versorgt sich die Pflanze von ganz alleine mit Süßwasser. Das und der Fakt, dass der Platz für bewirtschaftbare Ackerflächen immer knapper werden wird und die Unterwasserflächen vor den Küsten umweltneutral genutzt werden können, sind wahrscheinlich die größten Pluspunkte für das Konzept. (Ocean Reef Inc., 2025)

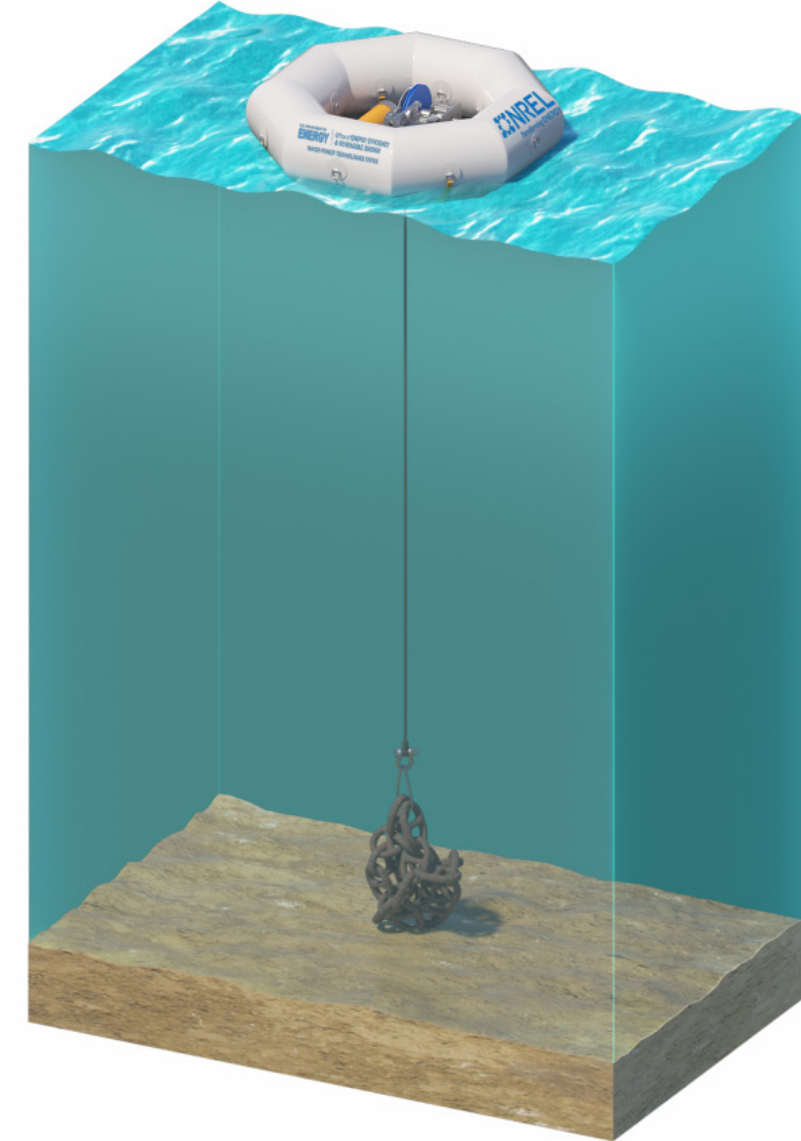


5.2.5 NREL

KINETISCHE ENERGIE ZUR UMKEHROSMOSE

Das National Renewable Energy Laboratory, oder kurz NREL, hat 2021 im Rahmen eines Entwicklungswettbewerbs die hier abgebildete Anlage zur Meerwasserentsalzung konzipiert. Voraussetzung hierbei war es, ein Konzept zu entwickeln, das alleine durch den Wellengang auf der Meeresoberfläche genug kinetische Energie erzeugt, um eine Art von Wasserentsalzung zu betreiben. Außerdem war jedes Entwicklungsteam dazu angehalten, eine Anlage zu entwickeln, die, abgesehen von der Verankerung mit dem Meeresboden, das Volumen von einem Kubikmeter nicht überschreitet. Denn am Ende soll eine Akutlösung entstehen, die einfach und schnell in Kriesengebieten aufgebaut und in Betrieb genommen werden kann. Dabei wurde sich schon frühzeitig für die Umkehrosmose entschieden, da sie zum jetzigen Zeitpunkt die erfolgsversprechende Lösung für die Zukunft zu sein scheint. Des weiteren stand die Frage im Raum, ob die mechanisch gewonnene Energie, der Hub- und Senkbewegung des Meeres, auch mechanisch weiter verwendet werden kann oder ob sie zunächst in elektrische Energie umgewandelt werden muss. Zum einen ist die mechanische Lösung deutlich simpler was den Aufbau und die Bauteile angeht, zum anderen könnte eine elektrische Energiequelle aber mehr Teile der Anlage betreiben, die sich in ihrer Funktion stark unterscheiden. Doch das Hauptproblem bei allem ist: Sowohl auf die eine, als auch auf die andere Art bleibt das Meer unvorhersehbar. Die kompakt konstruierte Umkehrosmoseeinheit auf der Schwimminsel benötigt gleichbleibend hohen Druck, um zu funktionieren. Jedoch sind manche Wellen kaum stark genug, um den Druck in der eigentlichen Druckkammer zu übertreffen und können somit keinen Beitrag zur Entsalzung liefern. Andere Wellen sind wiederum so stark, dass sie drohen, die Mechanik der Anlage zu zerstören. Aus diesem Grund wurde zwischen mechanischer Aufnahme der kinetischen Energie der Wellenbewegung und der Übertragung auf die Druckkammer eine Gaskammer zwischengeschaltet. Ein Gas lässt sich im Vergleich zu einer Flüssigkeit komprimieren. Somit kann die Gaskammer auch kleinere Wellenstöße als Energie speichern. Für die ganz großen Wellen wurden Überdruckventile eingebaut, die den Druck in der Kammer regulieren. Auf diese Weise kann die Umkehrosmoseeinheit regelmäßig mit gleichbleibender Energie versorgt werden. (Goodier, R., 2021)

Zusammenfassend ist wohl zu sagen, dass die direkte Anlageninstallation auf dem Wasser dennoch viele Probleme mit sich bringt, die vor allem Sturmsicherung und Wartung der Anlage betreffen.



(Goodier, R., 2021)

5.2.6 GEFRIERPRESSE

REINES WASSER FRIERT „ANDERS“ ALS SALZHALTIGES

Kurz vorab: Zu den nun folgenden zwei Arbeiten konnte ich leider kein veranschauendes Bildmaterial finden, weshalb ich sie hier zusammengefasst auf einer Doppelseite präsentiere.

Dr. Lars Erlbeck entwickelte 2021 mit seinem Entwicklungsteam an der Hochschule Mannheim, eine Entsalzungsanlage, die Salzwasser zunächst gefriert, um im Anschluss das Salz herauszupressen. Das funktioniert folgendermaßen: Das Salzwasser wird bis auf -10 Grad heruntergekühlt, so dass es in großen Teilen friert, denn das gelöste Salz senkt den Gefrierpunkt der Lösung. Dieser Prozess, also das Wasser von rund 20 Grad Celsius auf -10 Grad Celsius abzukühlen, benötigt entscheidend weniger Energie, als es zum Sieden zu bringen, also auf 100 Grad Celsius zu erhitzen. Das soll die Anlage deutlich energieeffizienter machen, als Verdampfungsanlagen. Das nun gefrorene Salzwasser wird im weiteren Verlauf durch verschiedene Walzen gepresst, die gleichzeitig als Förderband fungieren. Bei dem Druck, der dabei immer wieder auf das Eis wirkt, kann ein Teil des Eises nicht seine kristalline Struktur beibehalten und wird wieder flüssig. Unter optimalen Bedingungen tropft sehr salzhaltiges Wasser nach unten und zu den Seiten ab und zurück bleibt das reine Wasser, das seine kristalline Struktur beibehält. (Einfach genial, 2021)

Als Manko ist an dieser Stelle aufzuführen, dass auf wärmeren Inselgebieten mit Trinkwassernot, auf denen die Anlage später einmal eingesetzt werden soll, es sich energetisch nicht lohnt, das Salzwasser gefrieren zu lassen, sondern es doch eher zu erhitzen, um den Verdunstungsprozess zu beschleunigen.

5.2.7 INNOVATION

SELEKTIVE ENTFERNUNG MONOVALENTER IONEN

Die Technische Universität Dresden hat 2021 unter dem Namen innovatION ein Membranverfahren entwickelt, das die selektive Entfernung monovalenter Ionen ermöglicht. Dabei handelt es sich um ein Verfahren, das in abgewandelter Form der Umkehrosmose entspricht. Der große Unterschied ist jedoch, dass dem Wasser, anders als bei der Umkehrosmose, nicht nahezu alle gelösten oder enthaltenen Bestandteile entzogen werden. Denn gerade wenn es um Trinkwasseraufbereitung geht, muss das Wasser nach der Entsalzung wieder remineralisiert werden. Viele Mineralien, die unser Körper braucht, weil er sie nicht selbst herstellen kann, befinden sich zwar bereits im Salzwasser, werden aber bei der Entsalzung vom Wasser separiert. An dieser Stelle greift das neu entwickelte Verfahren. Denn bei der selektiven Entfernung monovalenter Ionen, werden, wie der Name schon sagt, ganz gezielt nur einfach geladene Ionen, wie zum Beispiel Natrium- oder Chloridionen, dem Wasser entzogen. So kann die Mineralisierung des Wassers schon während der Entsalzung sehr effektiv gesteuert und zusätzlich auch unterschiedlichen Anwendungsgebieten angepasst werden. Nur bietet dieses Verfahren nicht so eine umfassende Säuberung des Wasser, wie andere Entsalzungsverfahren. Hierzu muss das Salzwasser, laut den Entwicklern, vorab von Verschmutzungen anderer Art komplett befreit werden. (Griebe, B., 2021)

5.3 METHODEN

WELCHE METHODE IST KONZEPTWÜRDIG?

Die hier aufgelisteten Methoden zur Entsalzung von Meerwasser, ergeben die Zusammenfassung der möglichen methodischen Optionen, die mir nach meinem Wissensstand und einer ausgiebigen Recherche zur Verfügung stehen. Um in der Konzeptphase mit meiner Idee auf einer bestehenden Methode aufbauen zu können, habe ich mich für drei dieser Methoden zur näheren Auseinandersetzung entschieden.

WINDENERGIE

autonome Windenergieerzeugung

ELEKTROLYSE

Aufspaltung chemischer Verbindungen mit Hilfe el. Stroms & Separierung dieser durch spezifizierte Membranen

WÄRMEPUMPE

Sekundärmedium wird durch Komprimierung erhitzt und gibt Wärme an Wärmetauscher ab um Primärmedium zu erwärmen

SOLARTHERMIE

Sekundärmedium wird gezielt durch Sonne erhitzt & gibt Wärme an Wärmetauscher ab um Primärmedium zu erwärmen

BOILER

Verbrennungshitze wird zur Wassererwärmung genutzt

UMKEHROSMOSE

Salzwasser wird unter hohem Druck durch semipermeable Membranen gepresst

PARABOLSPIEGEL

konzentriert Sonnenstrahlen auf kleine Fläche und erhitzt diese sehr stark

BIOGASANLAGE

Abwärme Gärungsprozess & entstehende Gase als Wärmequelle nutzen

GEWÄCHSHAUS

Sonnenwärme stauen und isolieren

PHOTOVOLTAIK

autonome Solarstromerzeugung

KINETISCHE ENERGIE

natürliche Abläufe wie Gezeiten zur Gewinnung kinetischer Energie nutzen

VAKUUMVERDAMPFUNG

niedriger Druck senkt die Siedetemperatur von Wasser

GEFRIERPRESSE

reines gefrorenes Wasser behält unter Druck kristalline Struktur bei

6.0 KONZEPTION

6.1 KOMPLEXITÄTSGRAD

6.2 STAKEHOLDERMAP

6.3 PAIN POINTS & HOW MIGHT WE?

6.4 ANFORDERUNGSLISTE

6.5 USECASES

6.6 KONZEPTENTWICKLUNG

6.6.1 DREI ERSTE IDEEN

6.6.1.1 „KOMPOST“

6.6.1.2 „BOJE“

6.6.1.3 „SPIEGEL“

6.6.2 WEITERENTWICKLUNG

6.6.2.1 SPIEGEL 2

6.6.2.2 GEWÄCHSHAUS

6.6.2.3 GEWÄCHSHAUS 2

6.6.2.4 GEWÄCHSHAUS 3

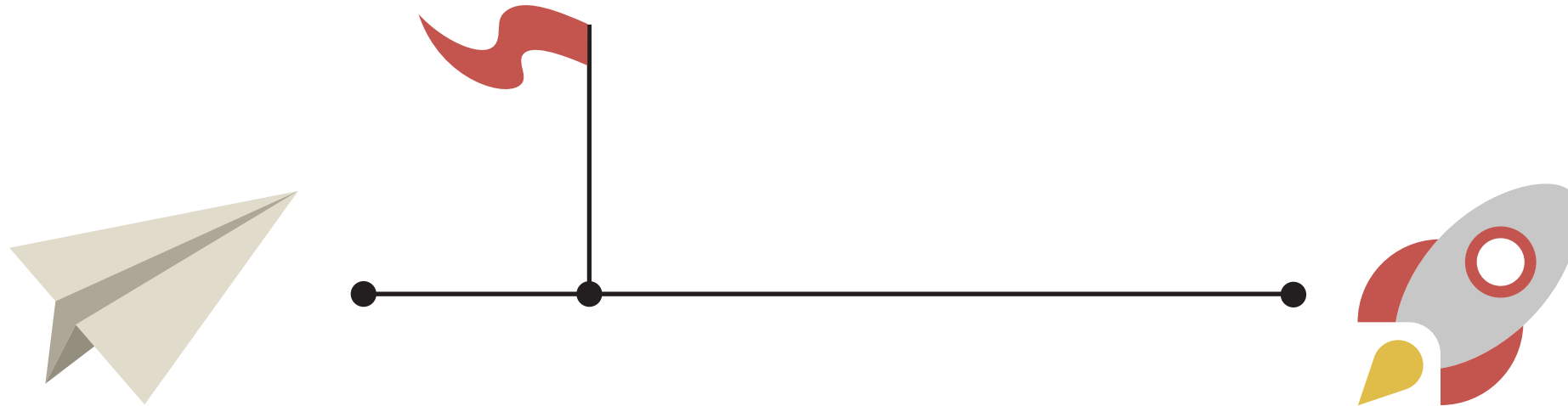
6.6.2.5 WIPPE



6.1 KOMPLEXITÄTSGRAD

EIN EINFACHER VERGLEICH

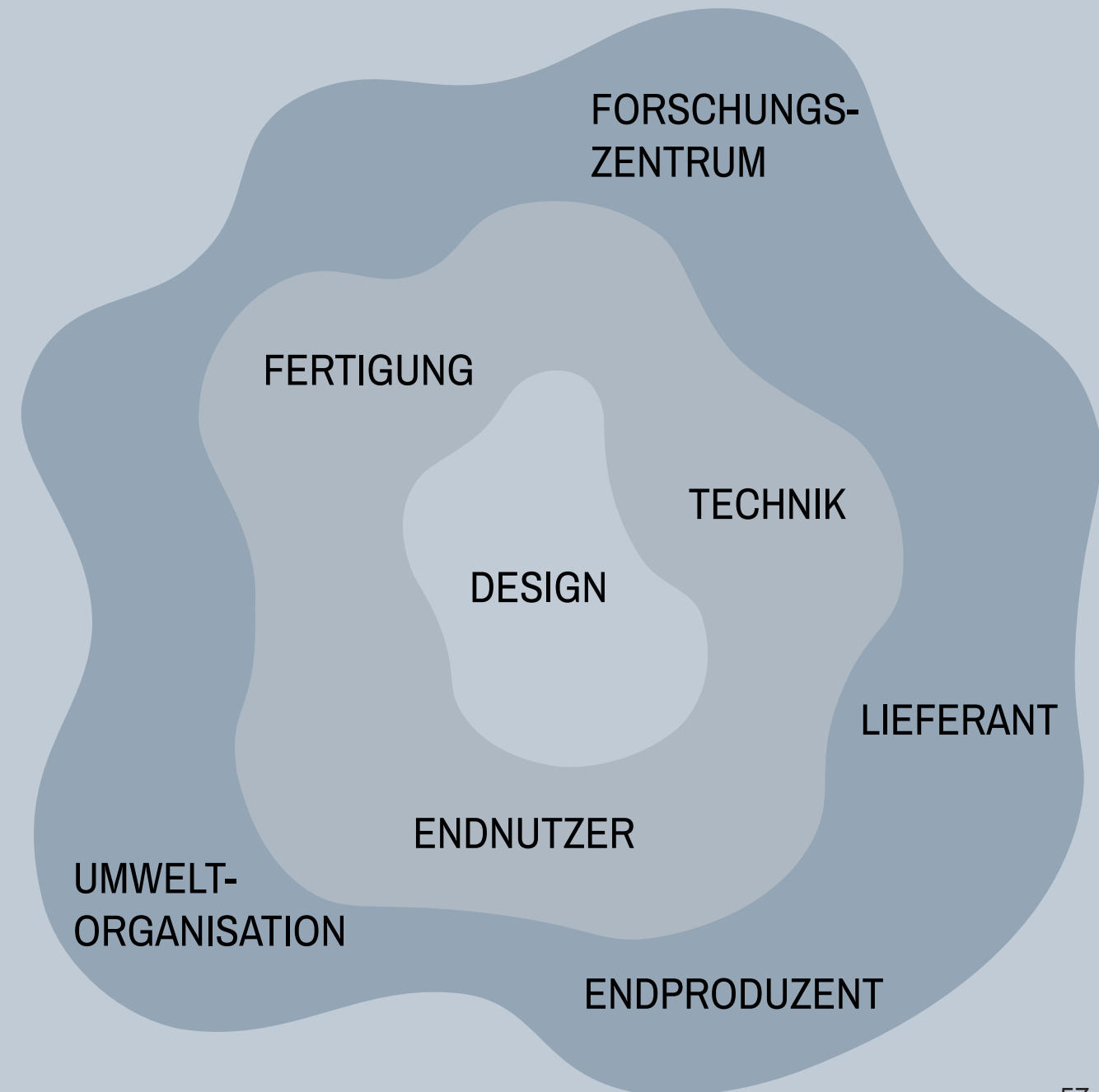
In diesem Projekt wird keine Raketentechnik betrieben. Man kann auch mit deutlich weniger fliegen. Ein Papierflieger zum Beispiel ist mit die einfachste Lösung für das Problem. Meine Arbeit soll auch eine möglichst einfache Lösung für mein Problem liefern. Ein wenig komplexer als ein Papierflieger wird es aber vermutlich doch werden. In Wirklichkeit ist eben doch alles gar nicht so leicht wie es scheint. Trotzdem soll die Einfachheit im Vordergrund stehen, denn einfach ist besser. Einfacher zu bedienen, einfacher zu warten, einfacher zu produzieren, einfacher zu reparieren.



6.2 STAKEHOLDERMAP

Mit wem haben wir es hier überhaupt zu tun? Wer ist eher weniger in den Entwicklungsprozess integriert und wer ist überhaupt nicht wegzudenken? Auf wessen Bedürfnisse muss besonders geachtet werden? All diese Fragen dürfen während des Prozesses nicht in den Hintergrund rücken, weshalb es Sinn ergibt, alle involvierten Parteien auf einen Blick zu haben.

Das Design steht hier klar im Zentrum, da in meinem Projekt natürlich die gesamte Entwicklungsarbeit von mir, dem Design, ausgeht. Ich informiere mich ausreichend zu allen relevanten Teilgebieten (und auch oft unwissend darüber hinaus), die so ein Projekt mit sich bringt, denn meine Aufgabe ist es, alle optimal im Produkt zu vereinen. Auf der nun folgenden Ebene sehe ich vor allem den Endnutzer, aber auch die Gebiete Technik und Fertigung. Das Design muss sich in den Endnutzer hineinversetzen um seine Bedürfnisse an das Produkt zu erkennen und diese möglichst optimal zu befriedigen. Möglichst sage ich daher, weil mit dem Produkt zwar an erster Stelle der Nutzer bedient und bereichert werden soll, jedoch wird aber natürlich auch ein allgemeines Ziel verfolgt, in diesem Fall ist es die Entsalzung von Meerwasser. Die Technik im Inneren der Anlage, mit der der Benutzer wohlmöglich niemals näher interagiert, muss funktionstüchtig und fertigbar sein. Andernfalls wird eine realistische Umsetzbarkeit des Projekts zu keinem Zeitpunkt möglich sein. Zuletzt dürfen die Parteien nicht vergessen werden, die im Entwicklungsprozess vielleicht keine so zentrale Rolle spielen, jedoch später bei der tatsächlichen Umsetzung, umso bedeutender werden. Denn am Ende sollte die Anlage möglichst vor Ort herstellbar sein, um Lieferwege zu minimieren. Dennoch muss es von der Fertigungsstelle zum Endnutzer kommen und in Betrieb genommen werden, das heist auf eine Art von Lieferant oder Liefersystem kann nicht vollständig verzichtet werden. Zusätzlich existieren Forschungszentren und Umweltorganisationen, die das gleiche Interesse an solchen Projekten zeigen könnten wie ich, nämlich den Menschen in Wassernot umweltschonend zu helfen. Auf diese Weise sind, im späteren Verlauf des Projekts, Unterstützungen nicht ausgeschlossen.



6.3 PAIN POINTS

PRODUZIERBARKEIT DER ANLAGE

EFFIZIENTE WASSERPRODUKTION

REMINERALISIERUNG DES DESTILLATS

NACHFÜLLEN DES MEERWASSERS

VERSCHMUTZUNG DES ANLAGENINNEREN

ENTSORGUNG DER RÜCKSTÄNDE

STURMSICHERUNG

HOW MIGHT WE?

WIE KANN DIE KONSTRUKTION AUSSEHEN, DIE EINE EINFACHE PRODUKTION BEGÜNSTIGT?

WIE KANN FÜR EINE RENTABLE WASSERPRODUKTION FÜR DEN ENDNUTZER GESORGT WERDEN?

WIE KANN DIE RÜCKFÜHRUNG DER MINERALIEN OHNE GROSSEN MEHRAUFWAND ERFOLGEN?

WIE KANN DIE ANLAGE MIT MÖGLICHST GERINGEM NUTZERAUFWAND MIT MEERWASSER BEFÜLLT WERDEN?

WIE KANN DER AUFWAND ZUR ANLAGENREINIGUNG AUF EIN MINIMUM REDUZIERT WERDEN?

WIE KANN DER NUTZER DAS ZURÜCKBLEIBENDE SALZ UND ANDERE RÜCKSTÄNDE UMWELTNEUTRAL ENTSORGEN?

WIE KANN DIE ANLAGE AUCH IM STURM SICHER STEHEN?

6.4 ANFORDERUNGSLISTE

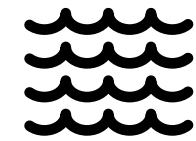
GESETZT IST GESETZT

Die Anforderungsliste wird verhältnismäßig früh im Prozess verfasst und sollte im weiteren Verlauf nur ergänzt und nicht vollständig abgeändert werden. Das macht es manchmal schwieriger und manchmal leichter, während der Entwicklung, diese gesetzten Ziele auch einzuhalten. Die Anforderungen an das Projekt sind hier in drei Kategorien eingeteilt: 1. Wichtige Ziele, 2. Wünschenswerte Ziele, 3. Fragliche Ziele.

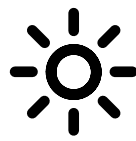
In Kategorie 1 sind folgende Anforderungen an das Projekt enthalten: Die Anlage produziert allein unter der Energie, die die Sonne bereitstellt, aus salzhaltigem oder anderweitig verschmutztem Wasser, sauberes Frischwasserdestillat. Sie ist von jedem erwachsenen und zurechnungsfähigen Menschen der Welt zu bedienen und kann eine Kleinfamilie mit Trinkwasser versorgen. Die Anlage ist möglichst einfach konstruiert, was die Reparierbarkeit und die Produzierbarkeit begünstigt. Außerdem wird aus Umweltgründen auf eine kreislauffähige Verarbeitung geachtet. Des Weiteren ist die Sturmsicherung ein großes Thema, denn die Anlage wird unter freiem Himmel stehen.

In Kategorie 2 sind folgende Anforderungen an das Projekt enthalten: Die Anlage sollte für den Endverbraucher möglichst einfach zu bedienen sein, das bedeutet einfache Reinigung und einfache Befüllung mit Meerwasser. Außerdem sollte sie möglichst lange ihre Arbeit verrichten und das an so vielen Standorten der Welt wie möglich.

In Kategorie 3 sind folgende Anforderungen an das Projekt enthalten: Es wäre wünschenswert, dass die Anlage autonom die Entsalzungsarbeit verrichtet, jedoch ist unsicher, ob dies bei der angestrebten Komplexität möglich ist. Auch ist nicht klar, ob die Anlage auf eine Art vorgeschalteten Filter, zur Bereinigung grobe Verschmutzungen, angewiesen ist und ob die Remineralisierung des Wassers innerhalb der Anlage erfolgt.



Wasser entsalzen
& reinigen



solarbetriebene
Destillation



für jeden



vertretbare Rate



Produzier-
barkeit



Reparier-
barkeit



kreislauffähige
Verarbeitung



Sturm-
sicherung



einfache
Reinigung



einfache
Befüllung



long life



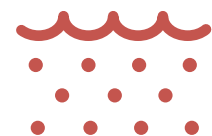
viele Anwen-
dungsgebiete



Autonomität



Pre-Filtration



Remineralisierung

6.5 USECASES

Mit diesen fünf möglichen Anwendungsgebieten, in denen mein Projekt eingesetzt werden könnte, werden möglichst unterschiedliche Szenarien abgedeckt, wenn es um den eigentlichen Verwendungszweck des Frischwasser geht. Soll Nutzwasser, Gebrauchswasser oder Trinkwasser dabei entstehen?

Die verschiedenen Optionen unterscheiden sich vor allem in Qualität und Produktionsmenge des Wassers. Nutzwasser und Gebrauchswasser kommen so gut wie immer mit einem erheblich schlechterem Reinheitsgrad des Wassers aus als Trinkwasser, es muss jedoch auch deutlich mehr produziert werden können. Bei der Trinkwasserproduktion ergeben schon relativ kleine Mengen einen Sinn, da ein Mensch nicht die Menge an Wasser zu sich

nimmt, die man benötigt, um ein Feld zu bewässern. Jedoch sind hier die Ansprüche an die Wasserqualität entscheidend höher. Außerdem darf man bei alledem nicht die Dringlichkeit der verschiedenen Probleme außen vor lassen. Definitiv sind alle hier aufgeführten Arten des Wassermangels ernstzunehmende Probleme der heutigen Zeit, jedoch zieht die Trinkwasserversorgung die akutesten und schwerwiegendsten Folgen nach sich.

SPANISCHE KÜSTE

Nutzwasser

ausgeprägte Landwirtschaft in Küstennähe wird von widerkehrenden Dürren bedroht; zu wenig Nutzwasser zur Bewässerung verfügbar

GRIECHISCHE INSELN

Gebrauchswasser

beliebtes Touristenziel, unverzichtbarer Wirtschaftsfaktor der Gegend; Gebrauchswasserverbrauch steigt

MALLORCA, SALINEN

Gebrauchswasser

gleicher Grund für steigenden Gebrauchswasserverbrauch; adaptiver Ansatz an großen Salinen der Gegend

SOMALISCHE KÜSTE

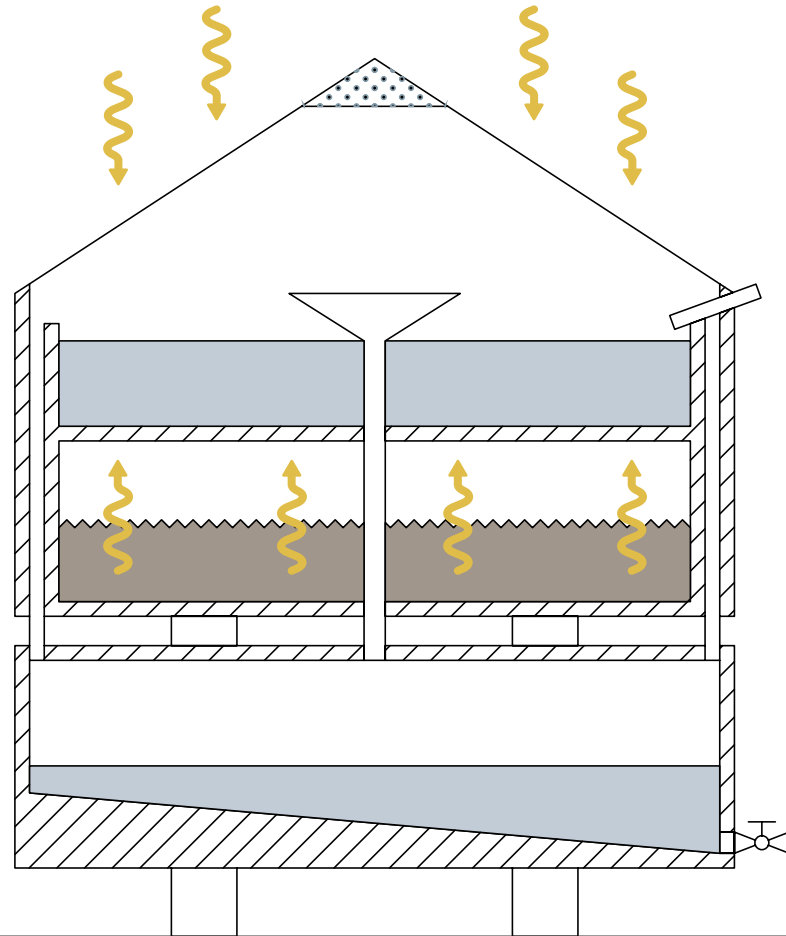
Trinkwasser

akut von starkem Trinkwassermangel betroffen; kleine Küstendörfer oft besonders schlecht an Infrastruktur und Wasserversorgung angebunden

MALEDIVEN, INSELN

Trinkwasser

vor allem in Trockenzeit von Trinkwassermangel betroffen; Grundwasser nur äußerst begrenzt verfügbar & auf Monsunregen angewiesen



6.6 KONZEPTIONIERUNG

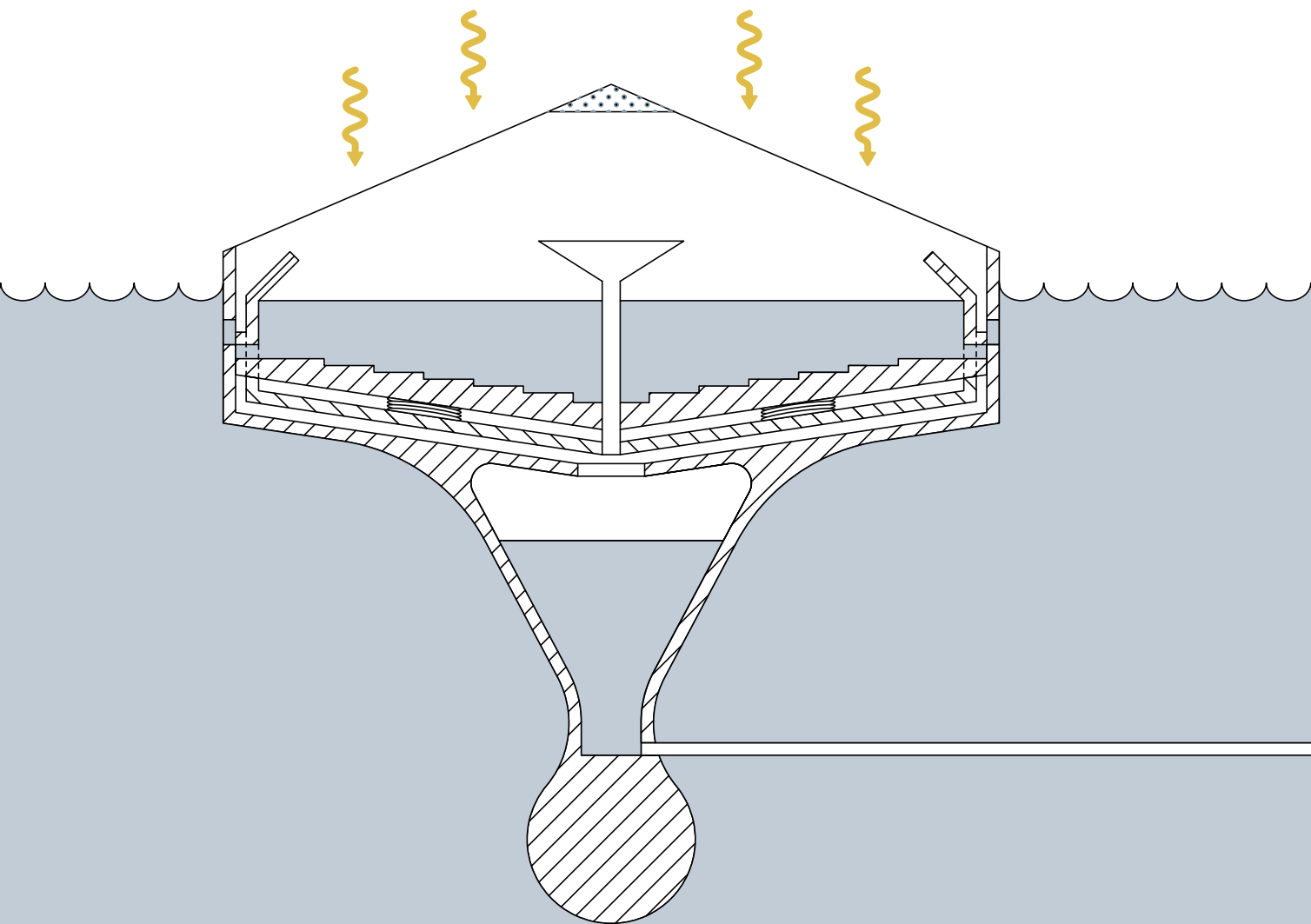
6.6.1 DREI ERSTE IDEEN

6.6.1.1 „KOMPOST“ - ZWEI FLIEGEN MIT EINER Klappe

Die ersten drei Ideen bauen direkt auf den usecases auf.

Die erste Idee „Kompost“ ist als Ansatz für den Nutzwassermangel in der Landwirtschaft gedacht. Dabei soll nicht nur Frischwasser zur Bewässerung entstehen, sondern auch kompostierter Bioabfall, der sowohl die Wasserproduktion begünstigt, als auch als Dünger weiterverwertet werden kann. Um in diesem Fall die Wasserverdunstung zu begünstigen, befindet sich der Behälter mit den Bioabfällen unterhalb des Salzwassertanks, um mit der Abwärme, die im Prozess der Kompostierung entsteht, den Salzwassertank von unten zusätzlich zu erwärmen. Die Hauptenergiequelle, die die Wasserverdunstung betreibt ist hier jedoch die Sonne. Durch das lichtdurchlässige Dach kann viel Wärmestrahlung der mediterranen Sonne hineingelangen und wird hier gestaut, ähnlich wie bei einem Gewächshaus. Der Kompostbehälter und der Salzwassertank sind aus einem dünnen Stahlblech oder der gleichen gefertigt und werden, durch die Außenwände und das Dach der Anlage, nach außen hin isoliert. Auf diese Weise kann die Wärmestrahlung, die von oben und von unten auf die Zwischenebene von Salzwasser und Kompost wirkt, effizient aufgenommen und an das Salzwasser abgegeben werden. Das nun verdunstete Wasser kondensiert größtenteils an der saugfähigen Spitze, die durch die Wasseraufnahme zunächst die relative Luftfeuchtigkeit im inneren der Anlage niedrig hält. Bei Sättigung tropft die Spitze sehr kontrolliert in den zentral angeordneten Trichter ab und wird im unteren Süßwassertank aufgefangen. Zusätzlich wird das kondensierte Wasser, das sich an der Dachinnenseite niederschlägt, über, in der Zwischenwand geführte Rohre, ebenfalls in den Süßwasser geleitet. Der Süßwassertank ist an der unteren Ecke über ein Ventil zu entleeren und der Salzwassertank über einen Zugang an der oberen rechten Ecke der Anlage nachzubefüllen.

Um in kurzer Zeit genügend Wasser für die Feldbewässerung zu produzieren, müsste die Anlage relativ groß dimensioniert sein, andernfalls könnte die zu erreichende Produktionsrate nicht bewerkstelligt werden. Außerdem besteht die Frage, ob die Unterbodenwärme des Kompostierungsprozesses für einen so entscheidenden Unterschied sorgen kann.



6.6.1.2 „BOJE“

ENTSALZUNG AUF DEM WASSER

Mit der zweiten Idee „Boje“ wird die Option der Wasserstationierung behandelt. Sie soll im Fall der griechischen Inseln zum Einsatz kommen. Die Anlage ist schnell in Betrieb zu nehmen und verbraucht keinen, ohnehin schon knappen, Platz auf der Insel.

Der Salzwassertank und das Dach mit der Abführung des entstehenden Kondensats unterscheiden sich in ihrer Funktion zur solarthermischen Destillation durch Kondensation grundlegend nicht von Idee „Kompost“. Dennoch gibt es eine Neuerung, was die Befüllung des Salzwassertanks belangt. Diese muss nicht mehr manuell durch ein Zugangsrohr erfolgen, sondern sie erfolgt von allein. Der Salzwassertank ist innerhalb des Schwimmkörpers durch Federbolzen gelagert und ist in unbefüllter Form durch kleine seitliche Öffnungen nach außen geöffnet. Durch diese kleinen Öffnungen strömt Meerwasser in den Salzwassertank und drückt diesen mit größer werdender Masse, innerhalb der Anlage immer weiter nach unten. Diese Bewegung bewirkt zusehens die Schließung der seitlichen Öffnungen. Auf diese Weise stellt sich immer automatisch das Niveau des Meeresspiegels innerhalb der Anlage ein, egal wie viel Wasser durch Verdunstung dem Salzwassertank entnommen wird. Außerdem fallen die stufenhaften Aussparungen an der Oberseite der Salzwassertankgrundfläche auf. Diese bewirken den Rückhalt von Verunreinigungen im Wasser.

Wie bereits erwähnt, wird, das bei der Verdunstung entstehende, Kondensat durch den zentralen Trichter und durch die, am Rande verlaufenden, Leitungen in den Süßwassertank darunter geleitet. Dadurch, dass dieser so tief liegt und die Konstruktion, durch ihre Außenform, ohnehin schon eine hohe Wasserverdrängung aufweist, ist das untere Gewicht verhältnismäßig groß dimensioniert. Es sorgt zu dem auch dafür, dass der Schwimmkörper zentriert wird und sicher im Wasser liegt. Zusätzlich wird er mit dem Meeresboden über einen Anker oder ähnliches verbunden, damit die Anlage nicht abtreiben kann. Durch eine Leitung, die an der Unterkante des Süßwassertanks ansetzt, kann das Frischwasser an Land befördert werden.

Die Anlage bringt große Probleme der Sturmsicherung mit sich. Es ist außerdem unklar, in wie weit die Nachfüllmechanik bei starkem Wellengang ihre Funktion beibehalten kann. Zur Verdunstung lässt sich sagen, dass die Anlage im Wasser, stark von ihrer Umgebung gekühlt wird, was den Verdunstungsprozess nicht begünstigt. Auf eine Pumpe kann bei der Befüllung zwar verzichtet werden, jedoch wird immernoch ein Pumpe benötigt, um das Frischwasser an Land zu befördern.

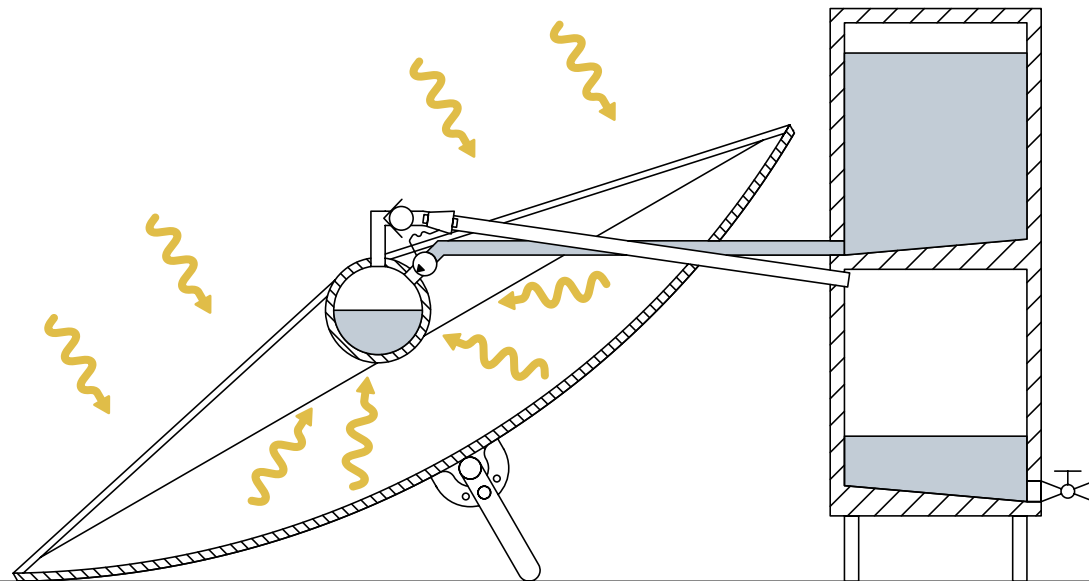
6.6.1.3 „SPIEGEL“

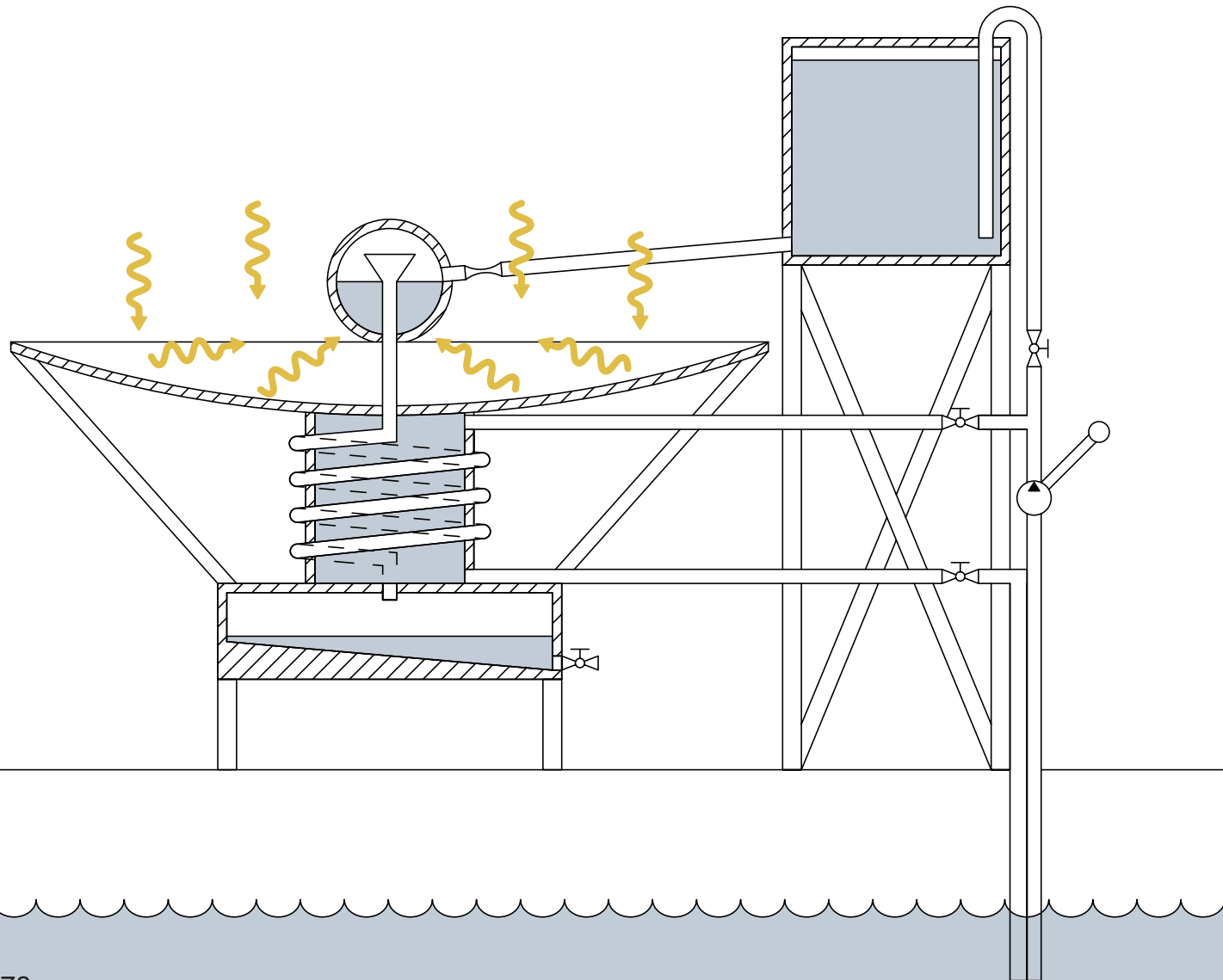
VERDAMPFEN STATT VERDUNSTEN

Die Idee „Spiegel“ ist mit Abstand die technisch aufwendigste Version der drei bisherigen Konzepte. Außerdem wird hier das Wasser auf eine andere Art destilliert als zuvor. Bisher wurde die Verdunstung des Wassers durch gezielte Isolierung der Wärmestrahlung der Sonne begünstigt. Dagegen kann der Parabolspiegel diese Strahlung der Sonne auf einer so kleinen Fläche fokussieren, dass hier erheblich größere Temperaturen erreicht werden. Mit der richtigen Dimensionierung des Salzwasserkessels, welcher sich im Brennpunkt des Spiegels befindet, kann so das enthaltene Salzwasser schätzungsweise zum Sieden gebracht werden. Das Wasser verdunstet also nicht mehr länger, es verdampft. Dieser Prozess verläuft deutlich schneller und sorgt so für eine höhere Produktionsrate. Das bedeutet, er eignet sich für Anwendungszwecke, in denen größere Wassermengen benötigt werden, was eher für Nutz- und Gebrauchswasserproduktion sprechen würde. Außer die Anlage wird kleiner dimensioniert, dann kann sie sehr effizient Trinkwasser generieren. Hier ist die Entscheidung auf letzteren Punkt gefallen. Im konkreten usecase somalische Küste, wären auch tagtäglich längere und intensivere Sonnenstunden gegeben, als in manch anderen aufgeführten Anwendungsgebieten. Das macht den Spiegel sehr passend für diesen usecase, da dieser, mehr als die beiden vorherigen Konzepte, auf direkte und intensive Sonneneinstrahlung angewiesen ist.

Zum Aufbau lässt sich direkt feststellen, dass ein Nachlauf tank hinzugefügt wurde. Dieser befindet sich in einer separaten Baugruppe oberhalb des Süßwassertanks und ist mit Meerwasser gefüllt, welches im Tank bereits durch die Sonne vorgewärmt wird. Wenn nun der Kessel durch den Spiegel soweit erhitzt wurde, dass das Wasser darin anfängt zu verdampfen, baut sich ein immer größer werdender Dampfdruck auf. Ab einem bestimmten Druck, kann dieser durch ein Überdruckventil entweichen, wobei die Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes sehr hoch wird, was ihn schlagartig abkühlt und dafür sorgt, dass er in der Leitung dahinter kondensiert. Mit dem Dampf stoff wird aber außerdem eine kleine Dampfturbine sporadisch angetrieben, welche die Nachlaufpumpe mit kleinen Energiestößen versorgt. Diese Energiestöße sind gerade ausreichend, um aus dem Nachlauf tank, dem Kessel die Menge an Flüssigkeit zuzuführen, die er durch den Dampfstoß soeben verloren hat. Der Niederschlag in der Leitung hinter der Düse läuft von alleine in den Süßwassertank. Um den Spiegel je nach Umgebung optimal nach der Sonne ausrichten zu können, ist dieser winkelve stellbar.

Der Spiegel besitzt mehrere elektronische und feinmechanische Einzelkomponenten, die eigentlich nicht ganz meinen Komplexitätsansprüchen gerecht werden. Außerdem sind die Funktionen sehr fein auf einander abgestimmt und dadurch, dass das Salzwasser Rückstände hinterlassen wird, kann es hier schnell zu Disfunktionen kommen. Die Anlage ist also eher wartungsintensiv.





6.6.2 WEITERENTWICKLUNG

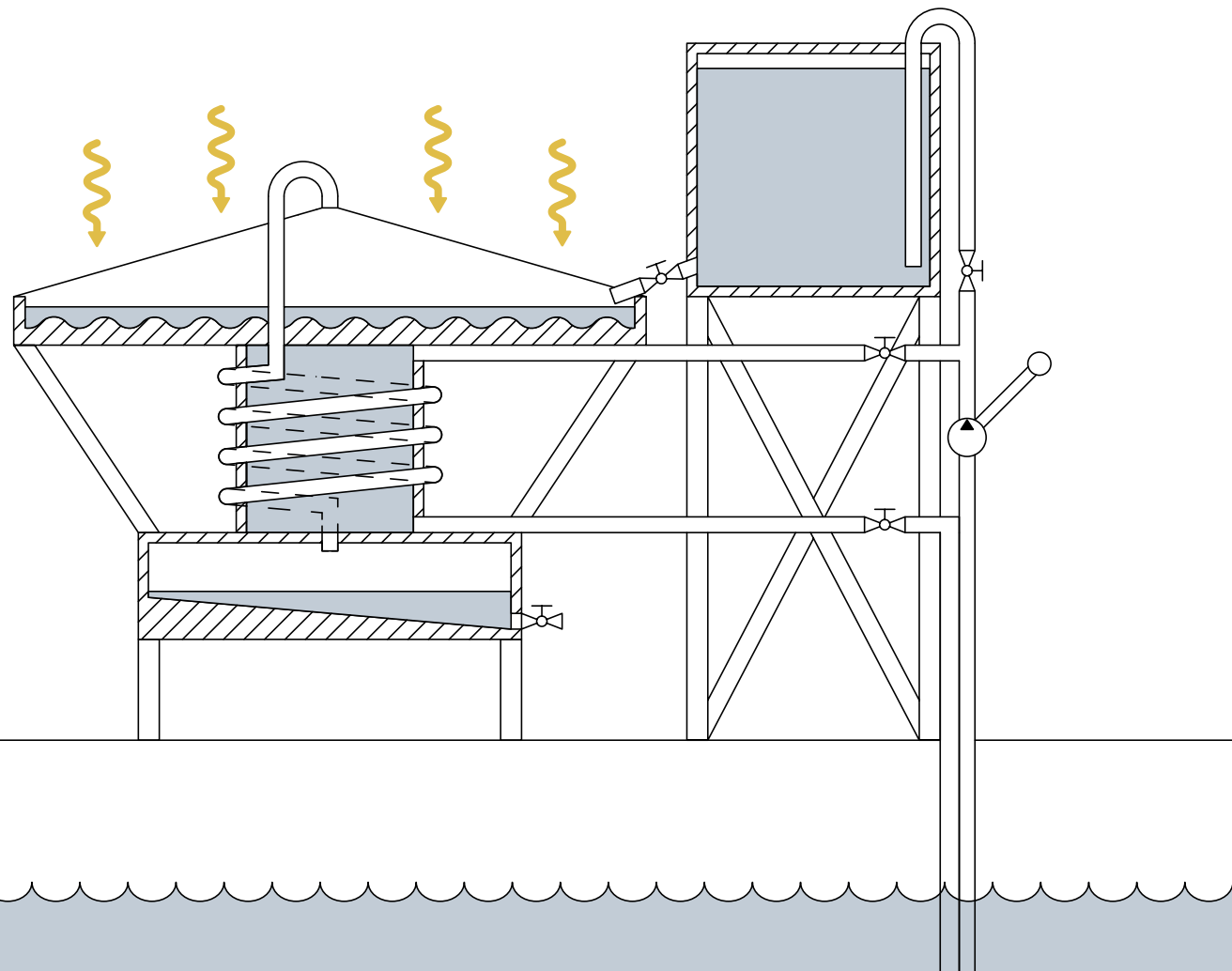
Ab diesem Punkt in der Entwicklung, sind alle folgenden Konzepte darauf bedacht, Trinkwasser zu generieren. Dementstreichend stehen die die konkreten usecases der somalischen Küste und der Malediven im Vordergrund. Allgemein gesprochen, ist die Anlage also für einen küstennahen Standort gedacht, der schlecht an eine Trinkwasserversorgung angebunden ist, oder an dem die Trinkwasserquellen generell sehr begrenzt sind.

6.6.2.1 „SPIEGEL 2“ DAMPFKÜHLUNG

Bei der zweiten Version des Spiegels wird, bei gleichbleibender Funktion, die Komplexität heruntergeschraubt, auch wenn vielleicht der erste Eindruck dem nicht ganz gerecht wird. Auf den ersten Blick fällt vor allem auf: Deutlich mehr Stützen und deutlich mehr Leitungen. Auf den zweiten Blick ist auch ein neuer Tank hinzugekommen. Das hat folgenden Grund.

Der Dampfaustritt aus dem Kessel wird nicht länger über ein Überdruckventil geregelt. Sobald sich Dampfdruck im Kessel aufbaut, wird der Dampf durch den zentralen Anschluss nach unten gedrückt. Hier wird er innerhalb einer Spirale, die um den Kühltank führt, soweit abgekühlt, dass er kondensiert und von alleine in den Süßwassertank abläuft. Der Kühltank kann, falls das Salzwasser darin zu warm wird, über die nun verbauete Handpumpe mit frischem Meerwasser befüllt werden, dabei wird gleichzeitig das gebrauchte Wasser zurück ins Meer gepumpt. Auf gleichem Weg wird auch der Nachlauftank deutlich bedienfreundlicher befüllt. Dieser ist über eine, am Schluss verengte, Leitung mit dem Kessel verbunden. Auf diese Weise wird der Kessel dauerhaft mit sehr wenig Salzwasser nachbefüllt. Dabei muss diese sehr gedrosselte Menge dem Dampfverlust des Kessels entsprechen, um deuerhaft die gleiche Füllhöhe im Kessel beizubehalten. Sowohl beim ersten Spiegel, als auch hier, wird so ein sehr geringer Temperaturverlust innerhalb des Kessels erreicht, was die Effizienz der Anlage erhöht. Als letzter Unterschied ist in diesem Konzept der Spiegel, statt winkelverstellbar, fest verbaut und zentral nach oben gerichtet. Das stellt neue Anforderungen an die Gegebenheiten vor Ort.

Trotz erfolgreicher Senkung des Komplexitätsgrades in Bezug auf die elektronischen Bauteile, ist die Funktionsfähigkeit der Anlage an Stellen wie des Drosselventils immernoch auf Wartungsarbeiten des Endbenutzers angewiesen. Des weiteren muss eine dauerhafte Dichtigkeit der Anlage gegeben sein, ansonsten würde sie sehr stark an Produktionsleistung verlieren, beziehungsweise ihre Funktion einstellen.



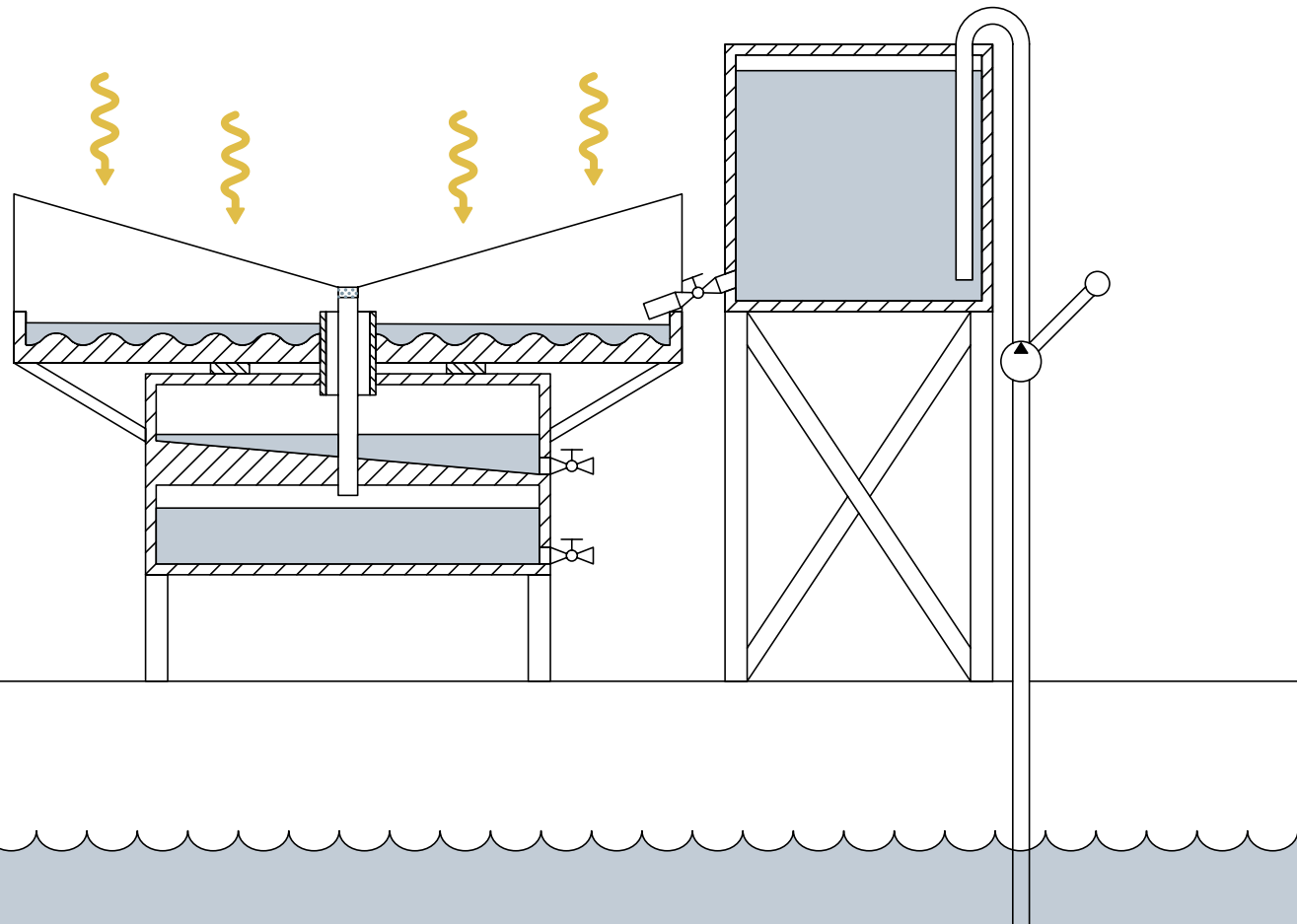
6.6.2.2 „GEWÄCHSHAUS“ VERDUNSTEN STATT VERDAMPFEN

Wie der Titel schon sagt, bin ich mit dem „Gewächshaus“ vom Verdampfen zum Verdunsten zurückgekehrt. Dies wirkt vielleicht zuerst wie ein Rückfall in der Entwicklung, da die Verdampfung eine deutlich höhere Produktionsraten verspricht, jedoch setzt die Verdampfung eine luftdichte Anlage voraus, um nicht stark eben diese Rate zu hemmen. Daher zurück zu Verdunstung, denn diese kann, bis zu einem gewissen Grad, deutlich besser mit produktionsbedingten Undichtigkeiten im System zurechtkommen.

Der Grundaufbau entspricht dem des Vorgängers, nur ist statt dem Dampfkessel eine gewellte Verdunstungswanne verbaut. Diese wird über eine relativ große Fläche hinweg mit Meerwasser befüllt, jedoch ist der Füllstand dabei relativ gering. Diese Dimensionierung und die wellige Struktur der Verdunstungswanne, erhöhen die Oberfläche des Wassers in Relation zu seinem Volumen. Dadurch wird zum einen die Fläche, auf der Wasser verdunsten kann, erhöht, zum anderen aber auch die Wärmeübertragung zwischen Verdunstungswanne und Wasser verbessert. Beide Faktoren begünstigen die Verdunstung. Dabei ist die Wanne aus einem Material wie Edelstahl gefertigt, die gute Wärmeleitfähigkeiten aufweist und so das Wasser schnell erhitzt.

Der einzig andere Unterschied zum Vorgänger besteht darin, dass die Befüllung der Verdunstungswanne über ein manuelles Ventil geregelt wird. Dieses ist erheblich wartungsärmer als das Drosselventil, da es längst nicht so leicht verschmutzen kann. Dies sorgt zudem für keinen nennenswerten Mehraufwand, da der Nachlauftank, nach teilweiser Entleerung in die Verdunstungswanne, selbst durch die Pumpe wieder befüllt werden sollte, um so viel Wasser wie möglich, im Nachlauftank durch die Sonne, vorwärmen zu können.

Es ist fraglich, ob oberhalb der Verdunstungswanne genügend Dampfdruck aufgebaut werden kann, um den Dampf, gegen die Tendenz aufzusteigen, nach unten zu pressen. Auch besteht die Frage, ob die Kühleinheit in diesem Aufbau eine derart wichtige Rolle einnimmt, oder ob man nicht vielleicht auch ohne Kühltank auskommen könnte.



6.6.2.3 „GEWÄCHSHAUS 2“ ZENTRALE ABLEITUNG & REGENWASSERAUFFANG

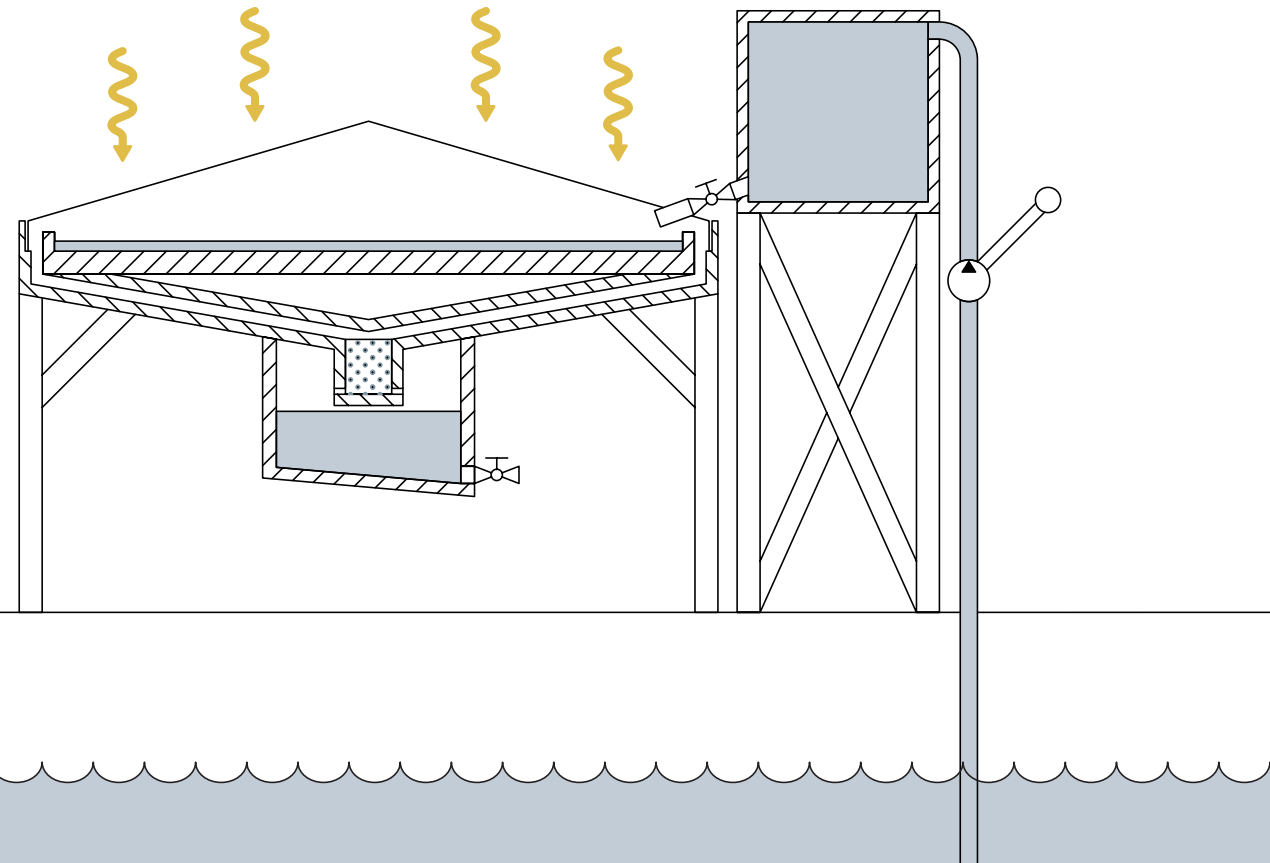
Die Überarbeitung von Konzept „Gewächshaus“ wurde um die Dampfkühleinheit reduziert, was den Kühltank, mehrere Wasserleitungen und den Rücklauf ins Meer betrifft. Jedoch ist wieder ein neuer Tank hinzugekommen, der keinen Dampf kühlt, sondern Regenwasser speichert. Auch die Form des lichtdurchlässigen Dachs hat sich verändert, es ist nicht mehr zu den Seiten abfallend wie es bei einem Hausdach der Fall ist, sondern es fällt zentral nach innen ab. So kann das Regenwasser, oder anderweitig kondensierendes Wasser, durch ein zentrales Rohr in den untersten Tank geleitet werden. Diese Separierung des Regenwassers vom destillierten Wasser, hat den Grund, dass, je nach örtlichen Gegebenheiten, die Atmosphäre, beispielsweise durch Feinstaub, verschmutzt sein könnte. Wenn es dann zum Niederschlag kommt, regnen solche Luftverschmutzungen zusammen mit dem Regenwasser ab und sind in diesem enthalten. Durch die Separierung besteht die Möglichkeit, dieses, eventuell verschmutzte, Wasser anderweitig zu verwenden. Damit es nicht zu makroskopischen Verschmutzungen des Regenwassers kommen kann, ist am oberen Ende des Rohres ein Filter verbaut, der gelegentlicher Reinigung bedarf.

Das eigentlich produzierte, destillierte Wasser der Anlage, wird an der Innenseite des gekippten Dachs ebenfalls in die Mitte geleitet. Dort angekommen, tropft es durch ein deutlich größer dimensioniertes Überwurfrohr, an der Außenseite des Regenwasserfallrohres entlang, in den Süßwassertank ab. Dieser befindet sich direkt oberhalb des Regenwassertanks. An den restlichen Funktionen hat sich nichts verändert.

Die Bereinigung der Meerwasserrückstände und die Remineralisierung des Wassers sind bislang in den Hintergrund getreten, da der grobe Anlagenaufbau dafür erst stehen muss. Zum ersten Punkt, muss zunächst die Verdunstungswanne leichter zugänglich sein. Zum zweiten Punkt, muss man sich die Frage stellen, ob die Mineralisierung erst nach oder während der Frischwassergewinnung erfolgt.

6.6.2.4 „GEWÄCHSHAUS 3“

MINERALISIERUNG DURCH MINERALSTEIN



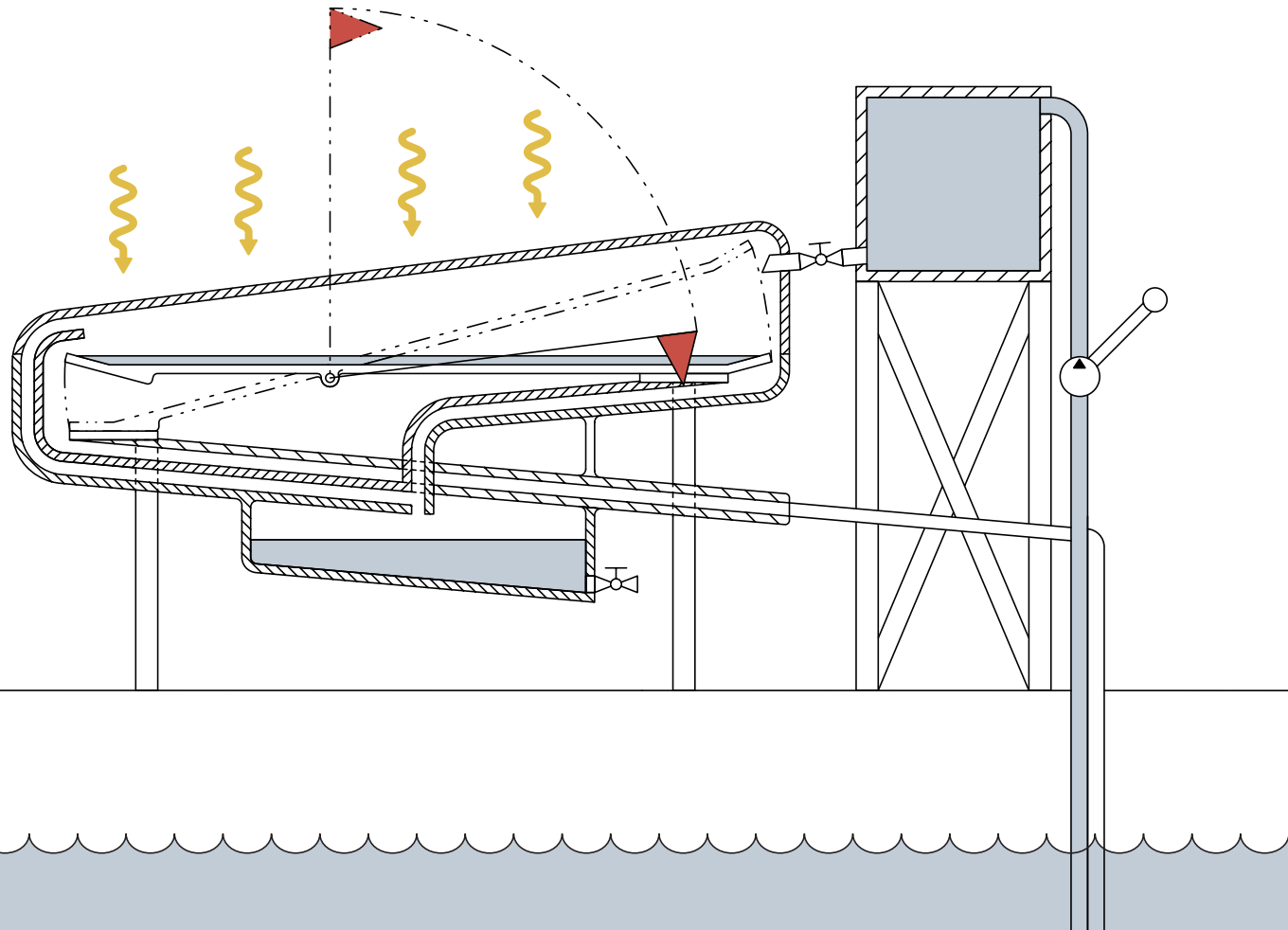
Die traditionelle Form des, zu den Seiten abfallenden, Dachs hat sich wieder etabliert. Die zentrale Abführung des Kondensats von zuvor, sorgt dafür, dass die Verdunstungswanne schwerer zugänglich ist. Daher wird das Kondensat nur noch zu den Seiten hin abgeleitet und über Leitungen mit dem entsprechenden Gefälle, im weiter unten, zentral angeordneten Süßwassertank aufgefangen. Bevor es jedoch in diesen gelangen kann, wird es gezwungen, durch den porösen Mineralstein zu sickern. Der Mineralstein enthält alle nötigen Mineralien, um das destillierte Wasser zu remineralisieren. Er ersetzt den natürlichen Prozess der Mineralisierung, bei dem das Regenwasser durch verschiedene Gesteinsschichten sickert und auf diesem Weg die Mineralien aus dem Stein löst. Durch seinen porösen Aufbau und den ständigen Abtrag durch Frischwasser, muss der Mineralstein bei vollständigem Verbrauch ausgewechselt werden. Dies kommt jedoch nur selten vor.

Die Verdunstungswanne ist nicht nur durch das Dach jetzt besser zugänglich für Reinigungsarbeiten geworden, sondern auch die wellige Ausformung der Wanne ist hier geglättet. Das ist leichter zu reinigen, denn an dieser Stelle wird sich schnell eine Salzkruste bilden, die es zu entfernen gilt, bevor die Wärmeübertragung von Wanne zu Wasser maßgeblich behindert wird.

Der Nachlauftank hat sich in zwei Punkten verändert. Zum einen fasst er nur ein deutlich geringeres Volumen, da die Verdunstungswanne ebenfalls deutlich weniger fasst. Auch das Argument, dass man mit einem größeren Nachlauftank möglichst viel Wasser vorwärmen könnte, greift auch nicht immer. Eine größere Menge Wasser benötigt auch mehr Zeit zum Erwärmen und diese Zeit muss auf den Nachlaufzyklus in die Verdunstungswanne abgestimmt sein.

Außerdem ist die Befüllleitung, an der die Handpumpe angeschlossen ist, nun dauerhaft mit Meerwasser gefüllt. Zu diesem Zeitpunkt habe ich die falsche Vorstellung, mithilfe des absackenden Volumens des Nachfülltanks (bei Befüllung der Wanne) einen Unterdruck zu erzeugen, der groß genug ist, um neues Meerwasser in den Tank zu ziehen. Ich gehe später in dieser Arbeit (Seite 82 - 85) noch darauf ein, warum diese Vermutung keinen Falls bestätigt werden kann.

Um bei Bedarf den Mineralstein ohne großen Mehraufwand austauschen zu können, muss er besser für den Endnutzer zugänglich sein. Aber vor allem muss die Reinigbarkeit der Verdunstungswanne verbessert werden, auch wenn sie bereits deutlich besser zugänglich ist. Denn auf der Wanne kann sich so eine immer wiederkehrende und hartnäckige Salzkruste bilden.



6.6.2.5 „WIPPE“

SCHWEMMEN STATT KRATZEN

Die „Wippe“ ist der finale Aufbau, mit dem ich in die Realisierung starte. In einem Punkt unterscheidet er sich grundlegend von den anderen, zuvor aufgeführten Konzepten: Die Verdunstungswanne besitzt eine Drehachse. Davon abgesehen, ist sie auf keine andere Weise mit einem anderen Bauteil fest verbunden. Über diese Mechanik wird der manuelle Säuberungsprozess der Verdunstungswanne automatisiert und ist mit erheblich weniger Wartungsarbeit verbunden. Das funktioniert folgendermaßen:

Es fällt auf, dass die Drehachse nicht mittig unterhalb der Wanne angebracht ist, sondern leicht zur Seite verstetzt. Somit würde die Wippe eine Unwucht besitzen, da der Hebel hier auf der rechten Seite der Achse größer ist als auf der linken (in horizontaler Neutralstellung: Tendenz im Uhrzeigersinn zu rotieren). Dieser Unwucht wird durch eine Ausformung am linken Wannenende entgegengewirkt, die die ursprüngliche Unwucht sogar übertrumpft (in horizontaler Neutralstellung: Tendenz gegen Uhrzeigersinn zu rotieren). Durch die Befüllung der Wanne mit Wasser, dreht sich das Blatt der Kräfteverteilung jedoch erneut. Durch die Verschiebung der Achse, ist die Drehmomentdifferenz zwischen dem Drehmoment des Wassers auf der linken Seite und dem des Wassers auf der rechten Seite der Achse, größer, als das Drehmoment der Wannenausformung, die die Wanne im leeren Zustand aus dem Gleichgewicht bringt (in horizontaler Neutralstellung: Tendenz im Uhrzeigersinn zu rotieren). Das bedeutet, dass die Wanne im befüllten Zustand, auf der rechten Seite der Achse auf der Unterkonstruktion aufliegt und von alleine in dieser Position verharrt. Wenn nun Wasser verdunstet und die Wanne damit auf der gesamten Länge an Masse verliert, wird die eben angesprochene Drehmomentdifferenz immer geringer. Bis zu einem Punkt, an dem die Wannenausformung, auf die totale Masse der Wanne gesehen, die Überhand zurückerlangt und die Wanne aus dem Gleichgewicht gerät. An diesem Punkt dreht sie sich gegen den Uhrzeigersinn und entleert ihren überbliebenen Inhalt automatisch zurück ins Meer. Der zurückgebliebene Inhalt, ist Wasser, das salzhaltiger ist als das ursprüngliche Meerwasser. Wasser kann relativ viel Salz in sich lösen, bevor es gesättigt ist und die Salzkristalle anfangen sich auszubilden. Somit muss der Punkt, an dem die Wanne aus dem Gleichgewicht gerät, spätestens bei einem Salzgehalt des Wassers von etwas mehr als einem massenbezogenem Drittel (Paál, G., 2024) liegen, damit das Salz zusammen mit dem Wasser ausgespült werden kann.

Abschließend ist zu erwähnen, dass die Drehachse mit einer Anzeige zur Fernwirkung ausgestattet ist. Da die Befüllung immernoch eine, wenn auch vereinfachte, Bedienung erfordert, kann man auch von weitem erkennen, ob diese bereits nötig ist oder nicht.

7.0 REALISIERUNG

7.1 KANISTERVERSUCHE

7.2 ERSTER 3D AUFBAU

7.3 ZWEITER 3D AUFBAU

7.4 DRITTER 3D AUFBAU

7.4.1 BAUGRUPPEN

7.4.1.1 UNTERBAU & NACHLAUFTANK

7.4.1.2 GRUNDKÖRPER & DACH

7.4.1.3 VERDUNSTUNGSWANNE

7.4.1.4 WASSERAUFFANG

7.4.1.5 LEITUNGEN & VERBINDUNGEN

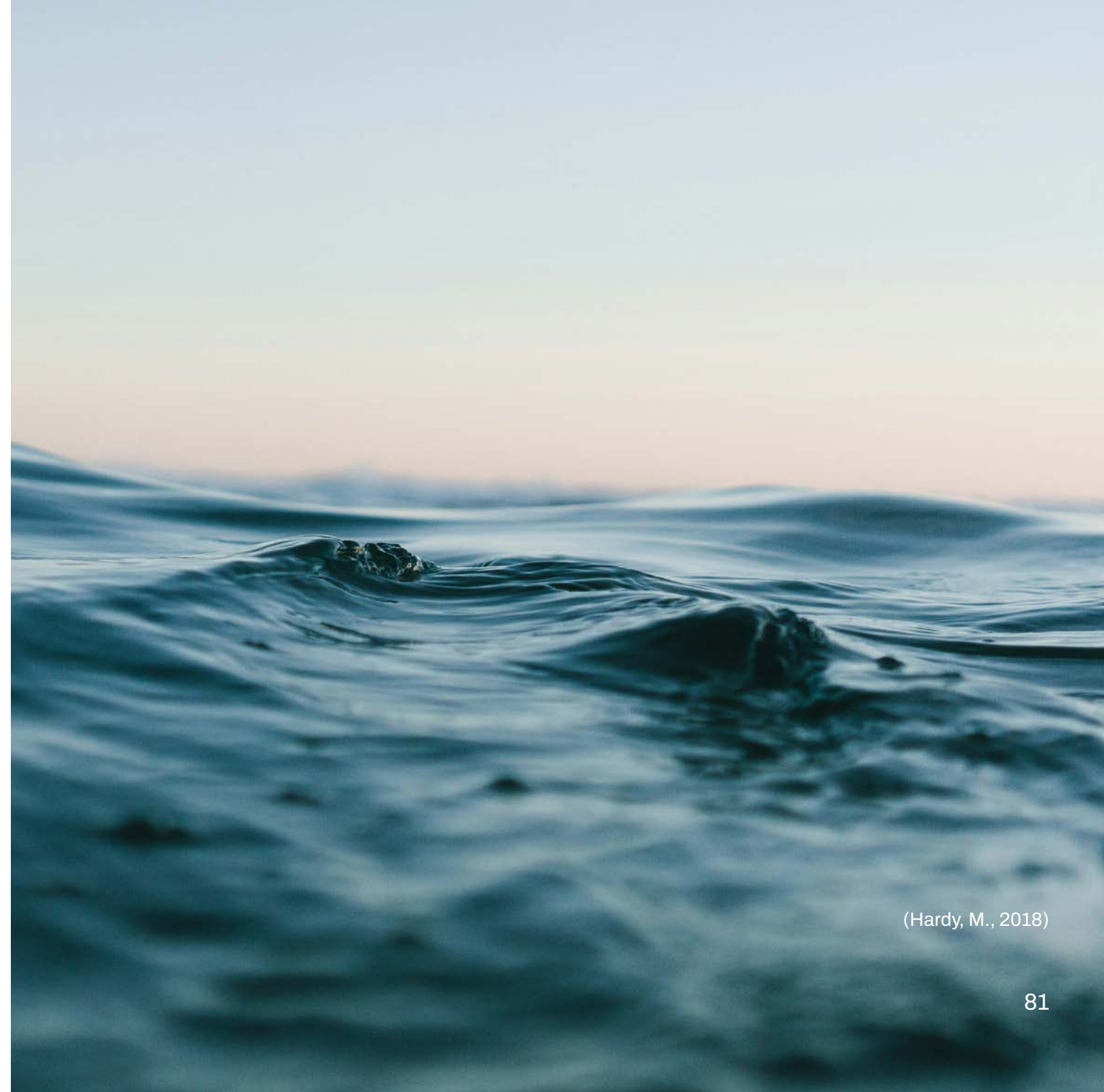
7.4.2 FERNWIRKUNG

7.4.3 KLAPPDACH

7.4.4 DETAILAUFNAHMEN

7.4.5 WICHTIGE HINWEISE

7.4.6 BEDIENUNG DER ANLAGE



7.1 KANISTERVERSUCHE

KLEINER & GROßER KANISTER

Diese Versuche bestätigen, dass die Annahme von Seite 77, der Nachlauftank könne mithilfe des eigenen absackenden Innenvolumens (bei Befüllung der Wanne) einen Unterdruck erzeugen, der groß genug wäre, um neues Meerwasser in den Tank zu ziehen, falsch ist. Der Versuch wurde mit zwei unterschiedlichen Kanistergrößen durchgeführt. Anfangs bestand die Annahme, der Unterschied im Volumen der beiden Kanister könnte sich auf die förderbare Hubhöhe des Wassers auswirken. Die Kanistergröße nahm jedoch keinen Einfluss auf den Ausgang des Versuchs.

VERSUCHSAUFBAU

Der Versuchsaufbau dazu ist simpel und hier auf der rechten Seite abgebildet. An den Kanister, in diesem Fall an den kleinen, wird am oberen rechten Ende wasserdicht ein Schlauch angeschlossen. Dazu wird ein passgenaues Loch in den Kanister gebohrt, Umfeld der Bohrung und der Schlauch werden angeraut, in einander gesteckt und mit Silikonkleber abgedichtet. Der Schlauch führt vom Kanister in einen Eimer, der mit Wasser gefüllt ist. Das zweite Loch im Kanister wird am linken unteren Ende von diesem gebohrt. Aus Gründen der Zugänglichkeit, kann das Auslassventil mit einem Dichtungsring verschraubt werden. Zum Schluss müssen Schlauch und Kanister restlos (ohne Lufteinschlüsse) mit Wasser gefüllt werden und der Kanister auf der gewünschten Hubhöhe platziert werden.

VERSUCHSBEOBACHTUNG UND DEUTUNG

Als erstes fällt auf, dass der Kanister sich beim Anheben zusammenzieht und der Schlauch kurzzeitig ein wenig Wasser verliert. Das ist damit zu erklären, dass das Wasser im Schlauch, durch das Anheben des Kanisters, nach unten gezogen wird und durch den Schlauch entweichen möchte. Jedoch ist die einzig andere Öffnung, durch die ein Druckausgleich erfolgen könnte, geschlossen. Solange sich die dünne Kanisterwand zusammen ziehen kann, strömt ein wenig Wasser durch den Schlauch in den Eimer. Da das Schlauchende aber unter Wasser ist, kann auch hier keine Luft in das System strömen, um den Druckunterschied auszugleichen. Der Fluss bricht ab und das System verharrt in seinem Zustand.

Bei Betätigung des Auslassventils fließt nicht, wie zuerst gehofft, Wasser durch den Auslass und das Wasser zieht neues Wasser durch den Tank nach sich. In Wirklichkeit lässt der Auslass in regelmäßigen Abständen Luft in den Tank eindringen, sodass das Schlauchende am Kanister ziemlich schnell nicht mehr unter Wasser



steht. Das Restwasser im Schlauch fließt zurück in den Eimer und das Wasser im Kanister entleert sich restlos durch das Auslassventil. Es ist keine Art von Pump- oder Saugwirkung zu beobachten, die durch den Aufbau entsteht.

PRINZIP DER VERBUNDENEN RÖHREN

Nach dem Prinzip der verbundenen Röhren, stellt sich in Behältern, die mit Wasser befüllt und miteinander verbunden werden, im gesamten System die gleiche Füllhöhe ein. Dabei sind Größe und Form der Behälter irrelevant. Diese Eigenschaft des Druckausgleichs kann, wie zum Beispiel bei einem Siphon, dazu verwendet werden, das Wasser über einen Hochpunkt hinüber zu fördern. (LEIFIphysik, 2025) Das klassische Beispiel hierzu ist: Um Kraftstoff nur mit Hilfe eines Schlauchs aus einem Autotank zu pumpen, muss der Schlauch bis runter in den Kraftstoff ragen und an dem anderen Ende des Schlauchs baut man mit dem Mund einen Unterdruck auf. Sobald man den Kraftstoff über den höchsten Punkt des Schlauchs angesaugt hat, zieht die Schwerkraft alleine die Flüssigkeit zur anderen Seite wieder nach unten. Befindet sich das Schlauchende außerhalb des Tanks weiter unten als das andere, erzeugt die Schwerkraft eine Saugkraft, die groß genug ist, um den Tank vollständig zu entleeren. Dabei ist das Gesamtvolumen, das gefördert wird, nicht von Bedeutung.

FAZIT

Ich war mir nicht sicher, ob der Aufbau funktionieren kann, da der Auslass oberhalb des Wasser zapfenden Schlauchendes liegt. Jedoch bestand die Vermutung, dass das Innenvolumen des Kanisters den Versatz dieses Punktes in irgend- einer Form aufwerten könnte. Die einfachste Begründung, warum dies keines Falls sein kann, ist der Satz der Energieerhaltung. Wenn dieser Aufbau funktionieren würde, hätte das nachströmende Wasser im Kanister beim Hinaufströmen potenzielle Energie generiert. Eine unerschöpfliche Energiequelle wäre geschaffen und ich hätte mein bisheriges Projekt auf Grund von mangelnder Relevanz verwerfen können.



7.2 ERSTER 3D AUFBAU

GRUNDSÄTZLICH RICHTIG

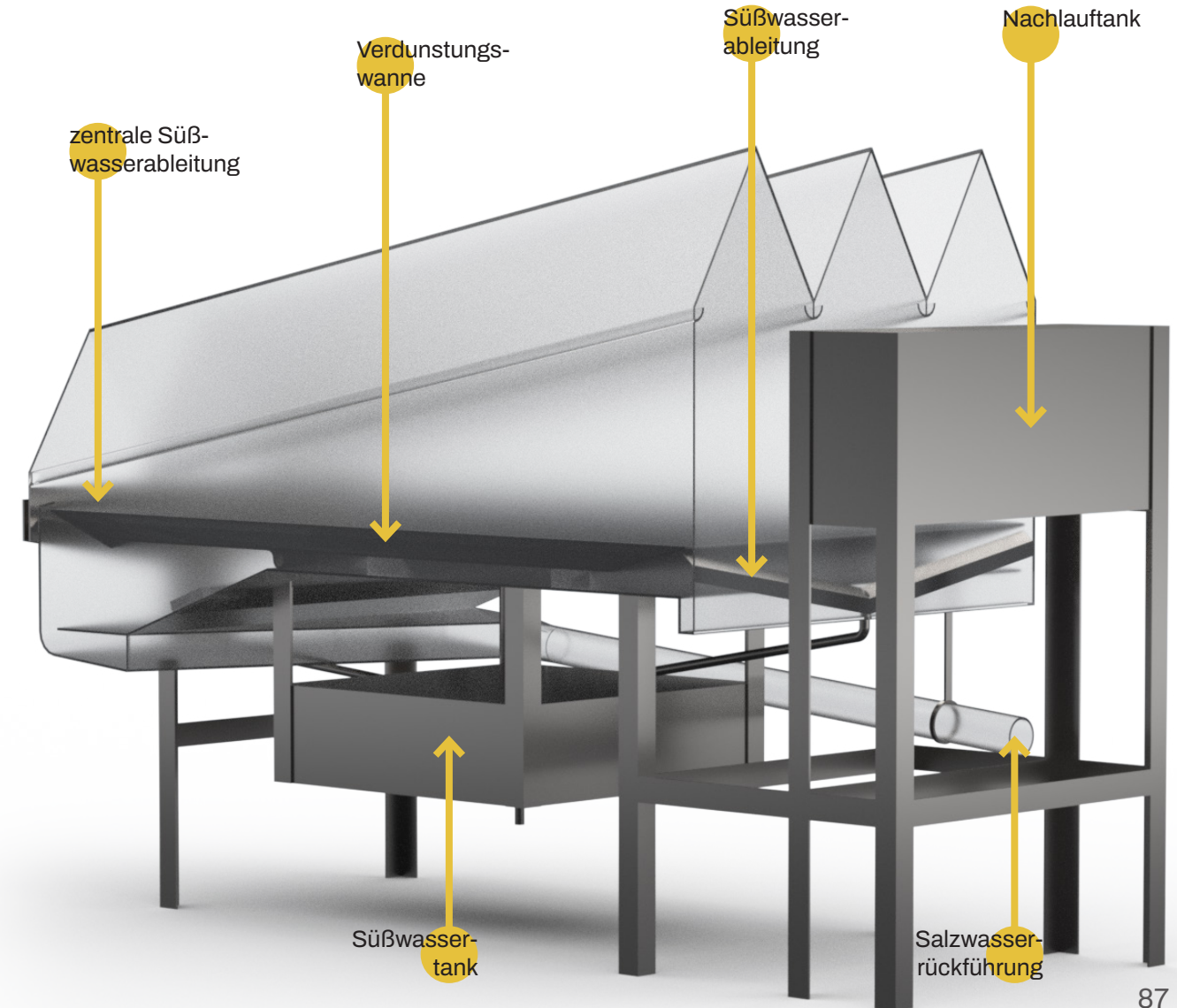
Der erste Aufbau wirkt zunächst etwas kastig. Das darf er aber auch ruhig, denn hierbei geht es mir mehr um die generelle Dimensionierung und vor allem Positionierung aller Bestandteile der Anlage. Der Nachlauf tank muss oberhalb der Verdunstungswanne liegen. Die Verdunstungswanne muss trotz niedrigen Füllstandes relativ viel Wasser fassen können. Nach Auslösung der Kippmechanik, muss das restliche Salzwasser schnellstmöglich von der Anlage abgeführt werden. Das Süßwasser, das sich als Kondensat im Anlageninneren niederschlägt, muss möglichst vollständig abgeleitet und aufgefangen werden. Hierzu müssen alle Auffangrinnen, zur Süßwasserableitung, ein Gefälle von 5° besitzen, damit das Wasser, das an dieser Stelle aus einzelnen Tropfen zusammen läuft, abfließen kann. Bei diesem Gefälle handelt es sich, um sicher zu gehen, um die doppelte Neigung der üblichen Entwässerungsneigung im Straßenbau. (Grimm, R., 2024)

Es handelt sich bei diesem ersten Aufbau also lediglich um den Versuch, allen Anforderungen gerecht zu werden, wenn man sich einmal mit realistischen Zahlen auseinandersetzt. Optik, Bedienbarkeit und Produzierbarkeit sind hier erst einmal zweitrangig.

Um nun genauer auf die Unterschiede zur Konzeptskizze einzugehen, hier folgendes: Im Vergleich zur finalen Konzeptskizze von Seite 78 fällt vor allem auf, dass sich das Dach stark verändert hat. Von der schmalen Seite aus betrachtet, besitzt das Dach nun drei Giebel mit insgesamt sechs Dachschrägen, die wiederum abfallend über die Längsseite des Dachs verlaufen. Das hat den Grund, dass das Wasser, das an der Anlageninnenseite kondensiert, sich in Form von kleinen Tröpfchen ausbildet. Diese kleinen Tröpfchen sind durch ihre Oberflächenspannung, die Wasser nunmal so mit sich bringt, relativ bewegungsfaul. Man kann umgangssprachlich davon reden, dass sie am Ort ihrer Kondensation regelrecht kleben bleiben, es sei denn, diese Kondensationsfläche besitzt ein Gefälle von 30° (Broncesval SL., 2021) oder mehr (je hydrophober und glatter die Materialoberfläche, desto weniger Gefälle ist nötig).

In diesem Fall besitzen die Dachschrägen ein Gefälle von 60°, da auf diese Weise die Oberfläche des Dachs, im Vergleich zu einer flachen Platte, verdoppelt werden kann. Das begünstigt die Kühlung des Dachs erheblich, denn mehr Oberfläche, kann effizienter Wärme abgeben, die zum Beispiel durch die Kondensation hinzugefügt wird. Wie bereits im Recherche teil auf Seite 31 erwähnt, muss die Kondensationsfläche zumindest geringfügig kühler sein, als die feuchte Luft, damit es zur Kondensation kommt. Daher ist ein relativ kühles Dach essentiell wichtig für die Funktionalität der Anlage.

Allgemeine Dimensionen: B 2305mm; H 1570mm; T 1015mm; Zapfhöhe (ZH) 200mm

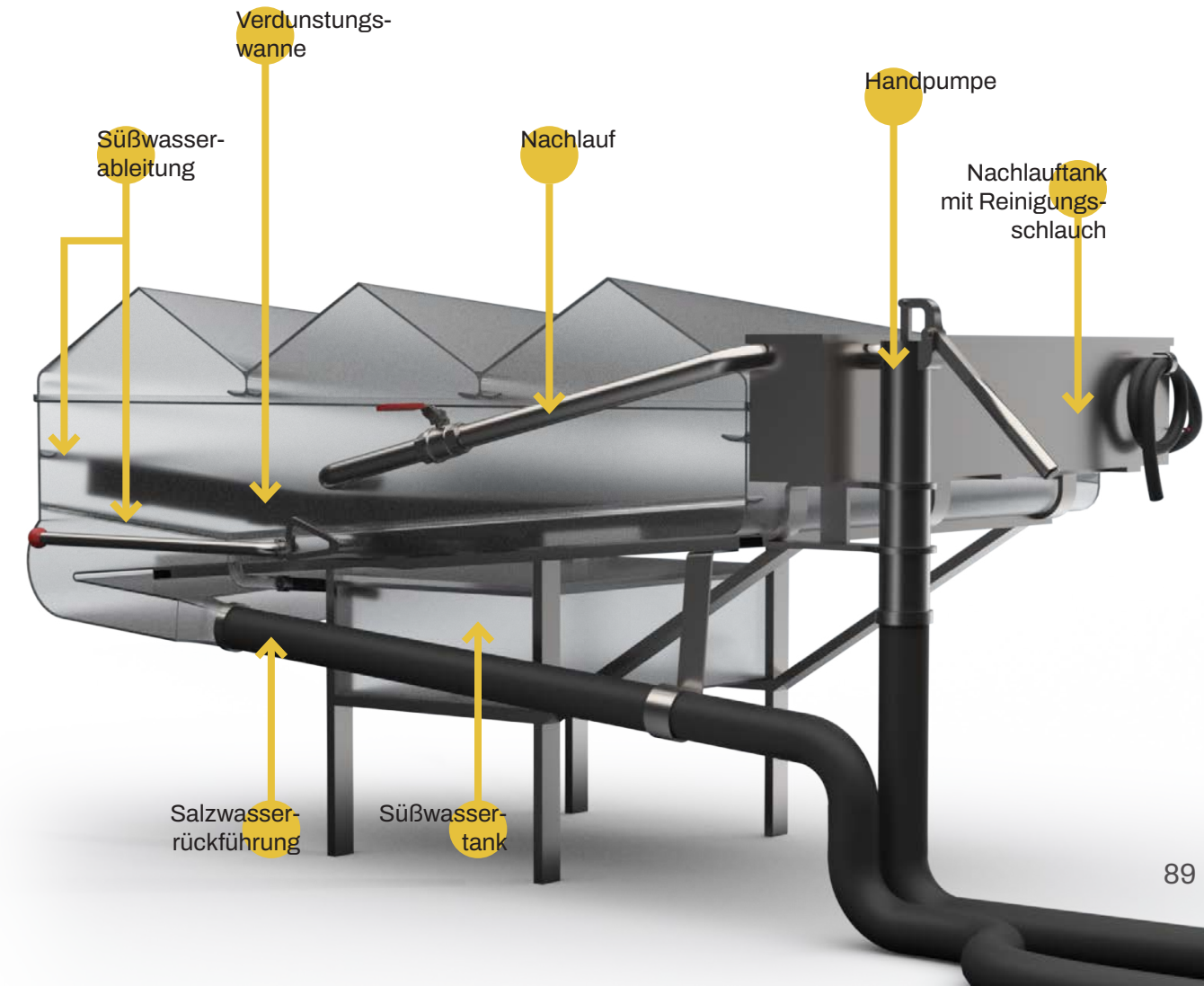


7.3 ZWEITER 3D AUFBAU

KOMPAKTER ABER NICHT PERFEKT

In diesem Schritt sind sehr große Veränderungen in der Konstruktion festzustellen. Im direkten Vergleich zu seinem Vorgänger, ist beim zweiten Aufbau die Größeneinsparung sehr deutlich sichtbar. Alle Bauteile sind darauf optimiert, deutlich kompakter zu sein, um Material in der Fertigung einzusparen. Außerdem steht die Bedienung deutlich mehr in Vordergrund, also wie genau interagiert man am Ende als Nutzer mit der Anlage. Die drei Dachgiebel verlaufen jetzt entlang der schmalen Seite der Anlage, sie wurden also um 90° gedreht. Diese Drehung spart deutlich an Bauhöhe ein, da auf kürzerer Strecke die 5° Dachneigung längst nicht so viel ausmachen. Außerdem besitzen die Schrägen der einzelnen Dachgiebel nur noch die mindestens erforderlichen 30° Neigung, da die Gesamtfläche des Dachs dadurch nicht soweit verkleinert wird, dass es sich auf den Kühlungseffekt nennenswert auswirkt. Die Verdunstungswanne ist so optimiert, dass sie nur noch mit 10° statt zuvor 20° Kippwinkel auskommt, um ihren Restinhalt zu entleeren. Das spart natürlich sowohl oberhalb, als auch unterhalb der Drehachse entsprechend Bauraum. Der Ablauf, in den das Restwasser entleert wird, ist darauf ausgelegt, schneller das Wasser abzuführen, er hat sich jedoch im Grundaufbau nicht nennenswert verändert. Außer, dass der Rückführschlauch jetzt auf der anderen Seite der Anlage angebracht ist, um alle zusätzlichen Elemente auf einer Seite zu haben. Die Süßwasserableitung besteht weiterhin aus geneigten Rinnen, welche an der unteren Innenseite der Anlage verlaufen. Als großer Unterschied laufen diese nicht mehr an der Außenseite des Salzwasserabflusses zusammen, sondern führen seitlich in den Süßwassertank. Das hat den Vorteil, dass die zentrale Süßwasserleitung nicht mehr unterhalb der Salzwasserrückführung verläuft, sondern dass zwei Leitungen oberhalb davon, seitlich in den Süßwassertank einspeisen. Somit kann der Süßwassertank deutlich näher am Grundkörper, also deutlich weiter oben, angebracht werden, was zusätzlich nochmals Bauraum spart. Außerdem ist der Tank, aus Reinigungszwecken, jetzt im leeren Zustand entnehmbar. Zum Nachlauftank lässt sich vor allem sagen, dass er nicht mehr separat steht, sondern an der Nordseite des Grundkörpers montiert ist und durch die Pumpe und den Nachlauf, der zur Verdunstungswanne führt, ist der Tank jetzt auch deutlich besser zu bedienen. Abschließend ist die Mechanik für die Fernwirkung zu erwähnen, die dafür sorgt, dass sich ein Signalstab hebt, sobald sich die Wanne von alleine entleert, um dem Nutzer zu signalisieren, dass die Wanne neu befüllt werden kann. Die Mechanik und auch viele andere der bereits genannten Punkte sind in diesem einen Bild nicht gut genug zu erkennen, ich werde aber in der deutlich detailreicheren Beschreibung des Nachfolgermodells nochmal näher auf die Einzelnen Bauteile eingehen, denn diese ändern sich in ihrer Funktion und Ausformung nicht mehr grundlegend.

Allgemeine Dimensionen: B 2155mm; H 1045mm; T 1315mm; ZH 300mm



7.4 DRITTER 3D AUFBAU

PRODUKTIONSOPTIMIERUNG

Da der Vorgänger relativ schmalbeinig auftritt, sind im dritten Anlauf die Standbeine der Anlage nicht mehr am Süßwassertank orientiert, sondern stehen deutlich näher an den Außenkanten des Grundkörpers. Das bringt natürlich erhebliche statische Vorteile mit sich und ergibt somit im Falle eines Sturms durchaus Sinn. Zusätzlich sind das Dach und der Grundkörper gefasst und über die Fassung mit einer Schaniermechanik verbunden. Auf diese Weise kann man die Anlage öffnen, ohne das Dach zum Beispiel auf dem Boden ablegen zu müssen. Auf Grund dessen, dass das Dach jetzt aufschwingen kann, wurde der Zulauf entsprechend angepasst, um der Mechanik nicht im Weg zu stehen. Alle folgenden Änderungen sind mit der Produzierbarkeit der Anlage zu begründen. Vor allem sind die Abrundung des Grundkörpers und des Dachs sehr präsent. Zudem steht die Unterkonstruktion mit ihrer Halterung für den Süßwassertank dazu sehr im Kontrast. Im weiteren Verlauf werden die einzelnen Baugruppen separat betrachtet, um genauer auf sie eingehen zu können.

Allgemeine Dimensionen: B 2205mm; H 1150mm (min.); T 1350mm; ZH 265 - 465mm



7.4.1 BAUGRUPPEN

7.4.1.1 UNTERBAU & NACHLAUFTANK

Der Unterbau hält alle anderen Baugruppen zusammen und bildet den Stand der Anlage. Aus Gründen der Statik und der Haltbarkeit wird der Unterbau aus rostfreien Stahlprofilen geschweißt, die, abgesehen vom Trenn- und Fügeprozess, nicht anderweitig nachbehandelt werden. Die angestrebte, möglichst einfache Produzierbarkeit der Anlage, begründet hier das, besonders im direkten Vergleich zu Grundkörper und Dach, sehr kantig wirkende Erscheinungsbild. Der Grundaufbau erinnert an einen schräg geratenen Esstischunterbau und schafft mittig, über die drei verschweißten Achsaufnahmepunkte, eine Verbindung zur Verdunstungswanne. Dazu werden die drei Achsaufnahmepunkte passgenau durch die dafür vorgesehenen Aussparungen des Grundkörpers geschoben, um daraufhin den Unterbau mit der Verdunstungswanne und zusätzlich mit dem Grundkörper zu verbinden. Die vier Gewindebolzen auf der Oberseite des Unterbaus, auf der der Grundkörper vollflächig aufliegt, werden mit diesem verschraubt und halten ihn sicher an seinem Platz. Die vier Standfüße sind höhenverstellbar und ermöglichen eine einfache Nivellierung der Anlage. Die Anlage muss im Lot sein, das ist besonders wichtig für die Kippmechanik der Verdunstungswanne, sie ist in dieser Hinsicht relativ anfällig. Unterhalb der Achsaufnahmepunkte befindet sich die Halterung für den entnehmbaren Süßwassertank. Diese Halterung ist ebenfalls sehr einfach aus Profilen zu fertigen und ist dennoch optimal der Form des Tanks angepasst. Sie verfügt außerdem über einen einfachen Verschluss, aber dazu in den Detailaufnahmen mehr. Am höher liegenden Ende der Grundkonstruktion, wird der Nachlauftank befestigt. Er ist ebenfalls aus rostfreiem Stahl gefertigt und kann daher mit dem Unterbau verschweißt werden. Durch seine Materialität heizt sich der Nachlauftank sehr schnell in der Sonne auf kann so das Salzwasser effizient vorwärmen, bevor es in die Verdunstungswanne gelangt. Zusätzlich sind Halterungen für Handpumpe und Reinigungsschlauch mit dem Tank verschweißt und er lässt sich durch einen einfachen Blechdeckel leicht von innen reinigen.

Innenvolumen Nachlauftank: 28l



7.4.1.2 GRUND- KÖRPER & DACH VAKUUMTIEFZIEHEN

Im Vergleich vom zweiten zum dritten Aufbau der Anlage, hat diese Baugruppe die größte Veränderung mitgemacht. Alle Teile, bis auf die Fassung mit Kippmechanik, werden aus Polycarbonat hergestellt. Polycarbonat bietet in sofern die besten Stoffeigenschaften, da es lichtdurchlässig ist und dabei sehr wenig Wärmestrahlung absorbiert, das heißt, die Außenform bleibt verhältnismäßig kühl und die Verdunstungswanne kann sich schnell aufheizen, was den Gesamtprozess stark begünstigt. Außerdem ist es ein sehr haltbares Material: Es wird weder schnell stumpf, was die Lichtdurchlässigkeit angeht, noch vergilbt es schnell. Des weiteren besitzt es sehr gute statische Eigenschaften und behält auch bei sehr hohen Außentemperaturen seine Formgebung bei. (Broncesval SL., 2021) Die Grundformen beider Teile laufen nach innen hin mit mindestens 5° Entformungsschräge leicht spitz zu und besitzen an jeder Kante einen Radius, der mindestens dem sechsfachen der ursprünglichen Plattenstärke entspricht. Auf diese Weise können die Teile in der Grundform im Vakuumtiefziehen hergestellt werden. Die Auffangrinnen auf der innenliegenden Unterseite des Dachs können als Extrusionsteile aus Polycarbonat nachträglich mit dem Dach verschweißt werden. (solvay., 2014) Gleiches gilt für die zylindrische Rohraufnahme am Abfluss, die Halterungsleisten für die Dämpferplatten (Seite 102) und die Wasserauffangrinnen ringsherum auf der Innenseite der Grundform (Seite 100). Diese Zusatzteile werden verschweißt, da sie lange haltbar sein und vor allem wasserdicht abschließen müssen. Die Platzierung der Zusatzteile im



Fügeprozess wird durch die leicht zulaufenden Außenformen stark vereinfacht. Die Bohrungen im Grundkörper und den Ablaufrinnen (damit das Wasser auch an der von hier aus hinten liegenden Wandseite herunter laufen kann) unter dem Dach werden zum Schluss der Fertigung vorgenommen.

Der Abfluss besitzt nicht mehr länger den Knick in der Restwasserableitung, sondern läuft, wie alles andere auch, nach unten hin leicht spitz zu. Die beiden fertigen Teile aus Polycarbonat werden dann schließlich jeweils in ihre Führungen aus rostfreiem Stahl gepresst, welche wiederum durch eine Achse verbunden werden, die als Kippscharnier fungiert. Das Dach kann über eine einfache Mechanik verschlossen werden, auf die in den Details (Seite 108) genauer eingegangen wird.

Maximale Tiefziehhöhe: 465mm



7.4.1.3 VERDUNSTUNGSWANNE GESCHWÄRZT & WELLIG

Die Verdunstungswanne wird, ähnlich wie der Unterbau, vollständig aus rostfreiem Stahl gefertigt und wird aus Einzelteilen zusammengeschweißt. Außerdem wird zumindest die Oberseite der Wanne chemisch angeätzt, was in der Fertigung auch als „Schwärzen“ bekannt ist. Auf diese Weise heißt sich die Oberfläche in der Sonne schneller auf und kann so das Salzwasser effektiver beheizen. Zudem besitzt die Verdunstungswanne, leicht versetzt zur Mitte, eine, zu der des Unterbaus äquivalente, Achsaufnahme, an der Verdunstungswanne und Unterbau verbunden werden. Die Wanne ist nach vorne und hinten jeweils um 5° angeschrägt, was lediglich einen maximalen Kippwinkel von 10° erfordert. Die Seitenwände sind nur soweit hochgezogen, wie nötig ist, um während des Prozesses kein Salzwasser zu vergießen und werden an der Seite des Ausgusses durch eine Leiste stabilisiert. Diese Leiste ist zugleich, zusammen mit den auf dieser Seite höher verlaufenden Seitenwänden, das Gegengewicht, die die Mechanik benötigt, um zu funktionieren. Daher muss dieses Gewicht sehr feinsäuberlich bestimmt und platziert werden. Die Grundfläche der Wanne besitzt eine wellige Struktur, so wie sie es innerhalb der Konzeptphase schon einmal besaß. Diese wellige Struktur sorgt für eine deutlich höhere Oberfläche, die entsprechend effektiver Wärme an das Salzwasser übertragen kann. Außerdem fließt auf diese Weise das Restwasser mit einer höheren Ausgussgeschwindigkeit ab und das sorgt wiederum für weniger Ablagerungen auf der Wannenoberfläche. Falls sich hier aber doch irgendwann Ablagerungen bilden sollten, können diese mit Hilfe des Reinigungsschlauchs einfach entfernt werden.

Fassvolumen Verdunstungswanne: 28l

Davon durch Kippmechanik ausgespültes Volumen: rund 8l



7.4.1.4 WASSER- AUFFANG

SAMMELN, SO VIEL WIE GEHT

Der Süßwasserauffang der Anlage besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten: Der Süßwassertank und die Auffangrinne des Hauptkörpers. Wie Hauptkörper und Dach auch, werden diese zwei Komponenten ebenfalls auf Polycarbonat hergestellt, auf Grund von bereits erläuterten Vorteilen in Funktion und Verarbeitung. Zusätzlich ist es aber auch ein lebensmittelechtes und reinigungsfreundliches Material, was nach der Destillation, bei der alle möglichen Schadstoffe des Wassers zurück bleiben, von großem Wert ist, damit das Wasser nicht direkt wieder verunreinigt wird. Der Tank kann tiefgezogen werden und erfüllt die gleichen Ansprüche an Entformungsschräge und Mindestradien, wie bereits erläutert. Die Auffangrinne wird als Extrusionsteil hergestellt und in die abgebildete Form gebogen, denn auch hier muss der Ablaufwinkel von 5° dauerhaft eingehalten sein. Außerdem muss sie nachträglich mit dem Grundkörper verschweißt werden, was dieses Teil besonders aufwendig in der Fertigung macht. Danach müssen die tiefstliegenden Punkte über einen flexiblen Schlauch mit dem Tank verbunden werden, damit man diese auch wieder händisch vom Tank entfernen und den Tank säubern kann, bei Bedarf. Durch den Tankdeckel und die Materialeigenschaften der beiden Schläuche, die in den Tank führen, ist dieser von äußeren Verschmutzungen geschützt und kann durch ein Ventil (hier nicht sichtbar) entleert werden. Der Süßwassertank kann jederzeit auf seinen Füllstand überprüft werden.

Innenvolumen Süßwassertank: 40l (Fassvolumen von rund zwei Verdunstungswannen)



7.4.1.5 LEITUNGEN & VERBINDUNGEN

KLEINES & WICHTIGES INNENLEBEN

In dieser Baugruppe sind alle restlichen Bauteile der Anlage zusammengefasst, was jedoch nicht bedeutet, dass sie weniger wichtig sind. Zum einen sind es die Zulauf- und Abflussleitungen der Anlage, die beide ins Meer ragen müssen. Bei der Abflussleitung ist zu beachten, dass der höchste Punkt auf der gesamten Strecke, der des Anschlusses an die Anlage sein muss, im Optimalfall hat die Leitung zum Meer hin aber immer ein Gefälle. Beim Zulauf ist zu beachten, dass die Pumpe, in diesem Fall eine einfache Hubkolbenpumpe, keine Hubhöhen nennenswert über acht Metern bewerkstelligen kann, das bedeutet, dass die Anlage entsprechend platziert werden muss.

Der Zulauf vom Nachlauf tank zur Verdunstungswanne ist wie ein Siphon ausgeformt und hat auch die gleiche Funktion. Sobald der Füllstand des Nachlauf tanks den obersten Punkt des Zulaufs überschritten hat, kann man das Wasser im rostfreien Strahlrohr herunterlaufen hören. Ab da muss nur noch ein paar Mal gepumpt und das Kugelventil geöffnet werden und der gesamte Inhalt des Nachlauf tanks entleert sich in die Verdunstungswanne. Auf diese Weise kann der optimale Füllstand des Nachlauf tanks auch ohne Einsicht in diesen, ermittelt werden. Das Rohr wird am höchsten Punkt mit dem Nachlauf tank verschweißt und dichtet ihn somit optimal ab. Auf der anderen Seite wird es durch ein passgenaues Loch in den Gundkörper gesteckt.



Die Drehachse, die Grundkörper, Verdunstungswanne und Unterbau miteinander verbindet, ist kein reines Rohr, sondern besitzt bei genauerer Betrachtung kleine Ausformungen an der Außenseite, die entsprechend in die Vertiefungen der Verdunstungswanne greifen. Im Winkel der Wannenauslehnung, sind die gleichen Ausparungen auch in den Achsaufnahmen des Unterbaus zu finden und befinden in einer Reihe mit den anderen. So kann die Achse einfach montiert werden. Die Ausformungen greifen, in eingebauter Form, jedoch nur in die Einsparungen der Verdunstungswanne und nicht in die des Unterbaus. Auf diese Weise findet eine direkte Kraftübertragung auf die Achse statt und sie dreht sich mit, wenn die Wanne kippt. An der einen Außenseite ist, in Verlängerung, die Mechanik zur Fernwirkung angebracht. Diese bewirkt, dass die 10° Rotationswinkel der Achse auf 90° Rotationswinkel des rot eingefärbten Stabs übertragen werden. Der Stab hebt sich also bei Betätigung des automatischen Entschwemmungsmechanismus.

Die zwei weißen Platten, die hier außerdem zu sehen sind, werden in die Innenseite des Grundkörpers, unterhalb der Verdunstungswanne, gelegt. Sie stellen sicher, dass die herunter- beziehungsweise hochkippende Verdunstungswanne nicht ungebremst auf den Grundkörper schlägt. Die Platten bestehen aus einem aufgeschäumten Kunststoff, die den Schlag der Wanne abdämpfen und somit Schäden und eine lautstarke Akustik vermeiden.



7.4.2 FERNWIRKUNG

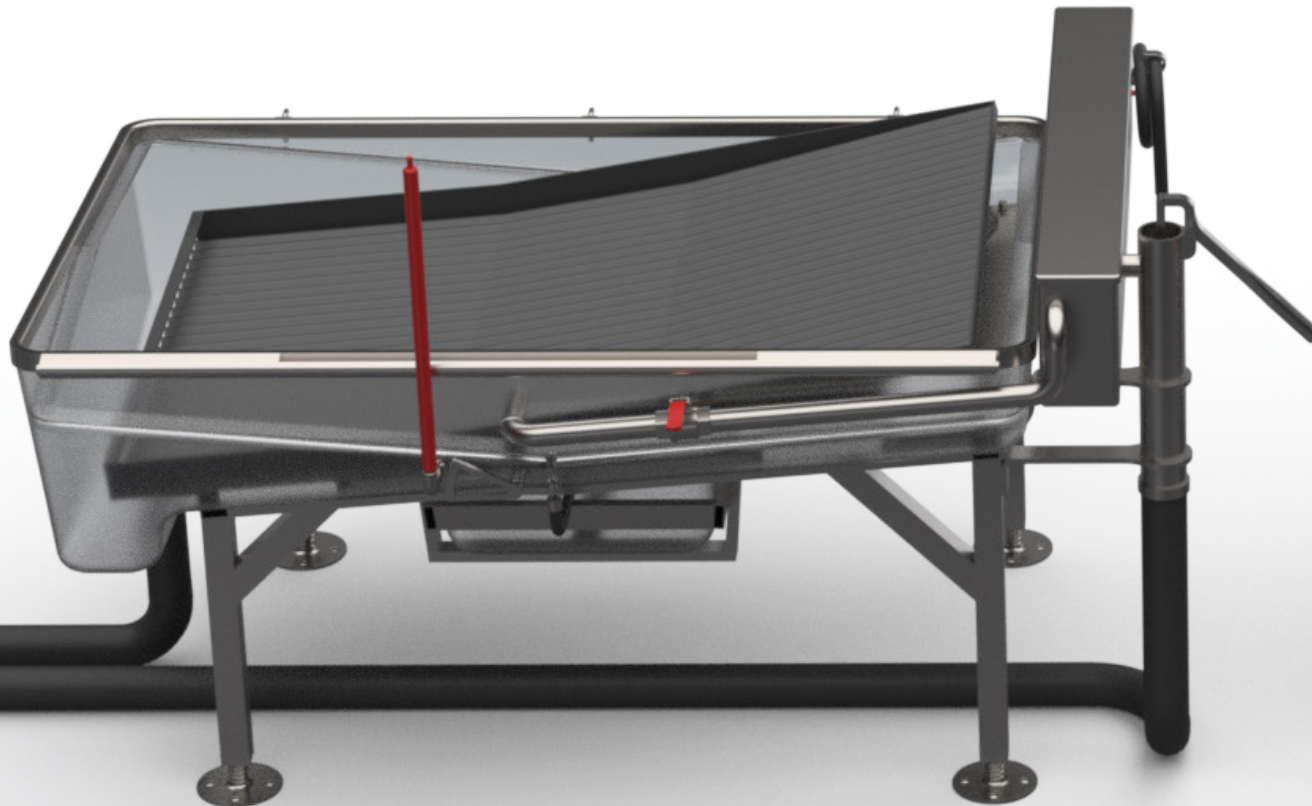
„HALLO! ICH BIN FERTIG!“

Vorab ist zu sagen, dass das Dach, aus Übersichtsgründen, auf beiden Seiten entfernt wurde.

Die außenliegende Mechanik sorgt natürlich dafür, dass die Außenwand noch unaufgeräumter wirkt als sowieso schon. Jedoch wäre der innere Einbau unnötig kompliziert und die Fernwirkung ist meiner Meinung nach kein optionales Extra, sondern ein wichtiger Bestandteil in der Interaktion mit der Anlage. Denn auf diese Wei-

se kann der Nutzer an dem roten Signalstab auch von weitem erkennen, dass die Anlage einer Neubefüllung bedarf, denn der Stab richtet sich höher auf, als der Rest der Anlage und ist von jeder Seite aus gut erkennbar. Die Neubefüllung der Anlage muss durch Interaktion mit dem Nutzer geschehen, da eine automatische Neubefüllung den Komplexitätsgrad unverhältnismäßig steigern würde.

Damit die Mechanik zur Fernwirkung nicht die eigentliche Kippmechanik der Verdunstungsanne beeinflusst, also einen ernsthaften zusätzlichen Widerstand darstellt, darf der Stab nicht allzu schwer sein, da sonst zu viel Drehmoment nötig wäre, um diesen aufzurichten. Daher kann der Stab aus einem Kunststoff wie Polypropylen oder Polyethylen als Extrusionsteil hergestellt werden, was auch die Färbung deutlich erleichtert.





7.4.3 KLAPPDACH

VEREINFACHTE REINIGUNG

Damit sich innerhalb der Anlage keine krankheitserregenden Verunreinigungen absetzen können, muss das Anlageninnere leicht für Reinigungsarbeiten zugänglich sein. Nachlauf- als auch Süßwassertank sind bereits durch ihre Abdeckungen, die über einen Druckverschluss gehalten werden, leicht zu reinigen. Die Innenseite des Dachs, der Grundkörper und vor allem die Verdunstungswanne werden zugänglich, in dem das Dach in einem 45° Winkel aufgeklappt werden kann. Dies erfolgt über das Kippschanier, durch das auch die beiden Tiefziehteile verbunden werden.

Bevor man jedoch die drei seitlich angebrachten Dachverriegelungen löst, muss zunächst der rote Signalstab entfernt werden. Der Signalstab steht bei entleerter Verdunstungswanne aufrecht und signalisiert dem Nutzer, dass die Anlage bereit ist zur Neubefüllung. Wenn man nun versuchen würde, die Anlage zu öffnen, wäre der Signalstab dabei jedoch im Weg. Diesen herunterzuklappen ist aber auch keine Option, da das Wasser, mit dem man die Verdunstungswanne reinigen würde, nicht direkt durch den Auslass abfließen könnte. Somit wird der Signalstab in aufrechter Stellung abgeschraubt und kann im nächsten Schritt dazu verwendet werden, das Dach offen zu halten. Hierzu wird der Signalstab in den zwei dafür vorgesehenen Vertiefungen in den Fassungen von Dach und Grundkörper befestigt.

7.4.4 DETAILAUFNAHMEN

AUF DEN ZWEITEN BLICK

Die Detailaufnahmen ermöglichen einen Einblick in die kleinen Ausgestaltungen der Anlage, denn davon besitzt sie viele. Der Aufbau hatte von Anfang an den Anspruch, den Komplexitätsgrad möglichst niedrig zu halten. Dennoch müssen bei dieser Anlage viele Kleinigkeiten beachtet und aufeinander abgestimmt werden, damit sie als ein System funktionieren können.



REINIGUNGSSCHLAUCH
FLEXIBLER SCHLAUCH
HALTERUNG AN NACHLAUF-
TANK
AUSLASSDRUCK DURCH EI-
GENGEWICHT DES WASSERS
BEDIENBAR DURCH KUGEL-
VENTIL

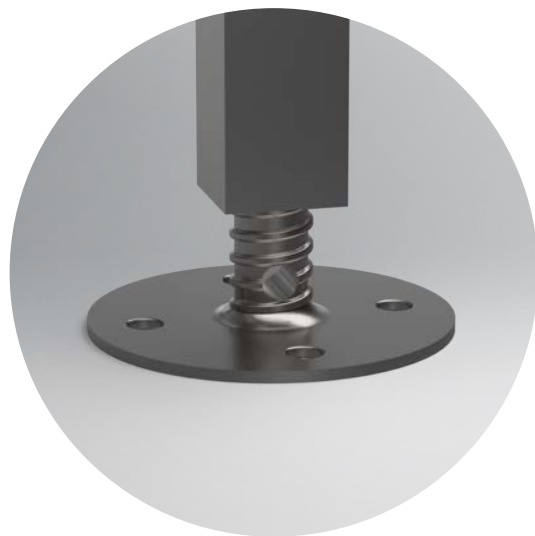


NACHLAUFPUMPE
MANUELLE HUBKOLBENPUMPE
ZWEI RÜCKLAUFVENTILE
MÖGLICH EINFACHE PUMPEN-
KONSTRUKTION
FEST MIT NACHLAUFTANK VER-
BUNDEN



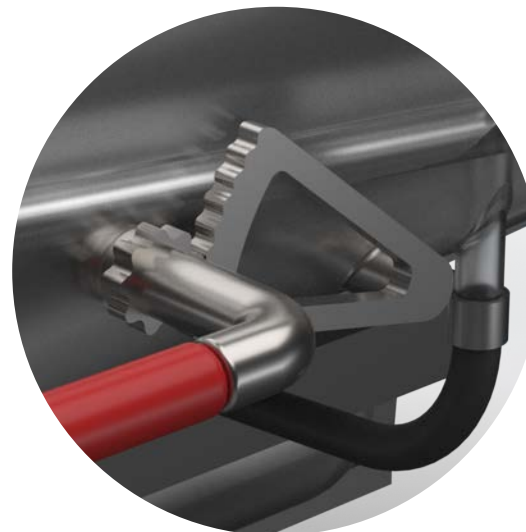
DACHVERRIEGELUNG

DREI VERRIEGELUNGSBOLZEN
SICHERUNG DIESER DURCH
SICHERUNGSKLAMMERN
KEIN KOMPLETT LUFTDICHTER
VERSCHLUSS



STÜTZFUß

HÖHENVERSTELLUNG DURCH
20CM INNENGEWINDE
VERTIKALE BOHRUNGEN ZUR
BODENVERANKERUNG
HORIZONTALE BOHRUNG UM
VON HEBELGESETZ GEBAUCH
MACHEN ZU KÖNNEN



MECHANIK FERNWIRKUNG

ÜBERSETZUNG: 81 ZÄHNE ZU 9
ZÄHNEN
GLEICHES VERHÄLTNIS FÜR
RÄDERDURCHMESSER > GLEI-
CHE ZAHNGRÖßE
10° KIPPWINKEL ZU 90° SIG-
NALSTABDREHUNG



DACHAUFSTELLER

SIGNALSTAB FÜR FERNWIR-
KUNG GLEICHZEITIG ALS AUF-
STELLER FÜR DACH
SIMPLE STECKVERBINDUNG
45° ÖFFNUNGSWINKEL



INNENDACHRINNE

ZWEI DOPPELRINNEN UNTERHALB DER DACHSCHRÄGEN
AUFFANG KONDENSAT AN DACHFLÄCHEN
ABTROPFLÖCHER AN TIEFER LIEGENDER SEITE
ADAPTIVES EXTRUSIONSTEIL



ABFLUSS & ZULAUF

ABFLUSS AN TIEFSTLIEGENDEN STELLEN DER AUFFANGRINNEN IN GRUNDKÖRPER
ZULAUF IN VERDUNSTUNGSWANNE OBERHALB DER DREHACHSE; KEINE BEHINDERUNG DER KIPPMECHANIK



SÜßWASSERTANK

VAKUUMTIEFZIEHTEIL
GEHALTEN DURCH UNTERBAU
ENTNEHMBAR
GESICHERT DURCH BEGRENZUNGSBLECH
EINFACHE EINHAKUNG DIESES IN TANKHALTERUNG

7.4.5 WICHTIGE HINWEISE

INSTALLATION DER ANLAGE

1. Die Installation der Anlage ist erst bei der Erfüllung der folgenden drei Kriterien sinnhaft: Trinkwasserknappheit; Anschluss an Meer oder Binnenmeer; Innerhalb des tropischen, subtropischen oder in Teilen der gemäßigten Zone gelegen
2. Der Nachlauf tank wird nach Norden ausgerichtet, um die Verdunstungswanne nicht unnötig zu verschatten, damit das Wasser in der Wanne möglichst schnell verdunstet.
3. Der höchste Punkt des Abflussschlauchs ist der Anschluss an der Anlage. Ansonsten kann es dazu kommen, dass der Abfluss innerhalb der Anlage überläuft und das gewonnene Süßwasser verunreinigt.
4. Das Ende vom Zulaufschlauch muss auch bei Ebbe dauerhaft unterhalb des Meeresspiegels liegen, um zu jeder Tageszeit Meerwasser in den Nachlauf tank führen zu können.
5. Das Ende vom Abflussschlauch muss das Restwasser aus der Anlage ins Meer zurückführen können. Dementsprechend muss es plziert werden.
6. Die Standfläche der Anlage darf sich nicht höher als sieben Meter oberhalb des Meeresspiegels befinden, damit die Handpumpe Wasser in den Nachlauf tank pumpen kann.
7. Für einen sicheren und planen Stand der Standfüße muss der Unterboden eventuell bearbeitet werden.
8. Für die Funktionen der Anlage ist es wichtig, dass sich die Anlage in beiden Dimensionen des Standes im Lot befindet. In dieser Hinsicht ist die Kippmechanik relativ anfällig.
9. Als Sturmsicherung können in dafür vorgesehenen Bohrungen in den Standfüßen, Erdanker installiert werden, um die Anlage am Boden zu fixieren. Des weiteren kann an besonders windigen Standorten ein Spanngurt zur Sturmsicherung zwischen Unterbau und Grundkörper gespannt werden, um die Anlage zusätzlich nach unten zu pressen.

REINIGUNG DER ANLAGE

1. Bei Qualitätsveränderungen des Wassers, was sich spätestens durch geruchliche, geschmackliche oder visuelle Veränderungen im Wasser bemerkbar macht, müssen die Flächen, an denen Wasser kondensiert oder aufgefangen wird, gereinigt werden.
2. Um den Reinigungsaufwand so gering wie möglich zu halten, sollte das Anlageninnere monatlich gereinigt werden. Dies kann bereits durch feuchtes Auswischen bewerkstelligt werden.
3. Sollten sich auf der Verdunstungswanne sichtbare Rückstände absetzen, müssen diese entfernt werden, bevor die Wärmeübertragung von der Verdunstungswanne zum Wasser darunter leidet oder sich die Verdunstungswanne sogar nicht mehr richtig aufheizen kann.

BETRIEB DER ANLAGE

1. Der Nachlauf tank sollte direkt nach der Entleerung in die Verdunstungswanne wieder vollständig aufgefüllt werden, damit sich das Wasser darin möglich lange aufwärmen kann, bevor es im nächsten Zyklus in die Verdunstungswanne gelangt.
2. Zum Befüllen der Verdunstungswanne wird zunächst über den Signalstab die Wanne wieder in eine horizontale Position gebracht. Anschließend wird das Zulaufventil geöffnet und der Signalstab solange hinuntergedrückt, bis die Wanne von alleine in ihrer Position bleibt. Sobald sich der gesamte Inhalt des Nachlauf tanks in die Verdunstungswanne entleert hat, wird das Zulaufventil wieder geschlossen.
3. Die Restentleerung der Anlage erfolgt automatisch. Dabei hebt sich der rote Signalstab, der klar signalisiert, dass die Anlage erneut befüllt werden kann.

KONSUM & PRODUKTION DES SÜßWASSERS

1. Die Anlage stellt lediglich reines destilliertes Wasser zur Verfügung. Um dieses Wasser dauerhaft bedenkenlos trinken zu können, muss sichergestellt sein, dass die Konsumenten anderweitig, zum Beispiel durch die Ernährung, an die nötigen Mineralien gelangen, die dem Wasser während der Destillation entzogen wurden, da der menschliche Körper diese zwingend benötigt. Hierzu kann der Anlage bei Auslieferung ein Vorrat an günstig produzierbaren Remineralisierungstabletten oder der Gleichen beigelegt werden, die separat und trocken gelagert werden müssen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das destillierte Wasser durch minimale Zugabe von Meerwasser zu remineralisieren, dabei nimmt man jedoch einen gewissen Grad der Verunreinigung in Kauf. Bevor die Ernährung dieses Mineraliendefizit nicht ausgleichen kann, ist diese zweite Option jedoch deutlich ratsamer, als über einen längeren Zeitraum destilliertes Wasser zu sich zu nehmen.
2. Die genaue Produktionsrate hängt natürlich stark von den örtlichen Bedingungen, wie Temperatur oder Lichteinstrahlung, ab, der die Anlage ausgesetzt wird. Grundsätzlich lässt sich aber sagen, dass die Produktionsrate vor allem mit der stärker werdender Sonnenintensität steigt. Schätzungsweise ist die Anlage dazu in der Lage, unter durchschnittlichen subtropischen Bedingungen, täglich zwei Verdunstungswannen oder mehr zu leeren. Das würde eine Tagesrate von mindestens 40l bedeuten, also einen vollen Süßwassertank, der eine vierköpfige Familie mit Trinkwasser versorgen kann. Bei einer derart klein dimensionierten Anlage, die an schwer zugänglichen Orten mit Trinkwassernot ihre Verwendung findet, wäre dies eine Rate, die einen Unterschied machen kann.

7.4.6 BEDIENUNG DER ANLAGE

NACHLAUFTANK BEFÜLLEN



VERDUNSTUNGSWANNE FLUTEN



SÜßWASSER ZAPFEN



8.0 QUELLENVERZEICHNIS

8.1 INFORMATIONSQUELLEN

asknature. (o.D.). Die Käfer, die Wasser aus der Luft trinken. asknature. <https://asknature.org/de/und-Dritten-/Wasserdampfernte/>. 2025, 04. Februar.

Broncesval SL. (2021, 26. November). Polycarbonatplatten | PC - Broncesval. Broncesval. <https://www.broncesval.com/de/plasticos-tecnicos/pc-polycarbonat/>. 2025, 04. Februar.

Desolenator. (2020). Desolenator, waterproofing businesses/ communities/ the future. Desolenator. <https://www.desolenator.com/>. 2025, 04. Februar.

Ecofort GmbH. (2014). Was ist der Taupunkt / Kondensationspunkt?. Ecofort GmbH. <https://ecofort.de/wissen/28-taupunkt-und-kondensation>. 2025, 04. Februar.

Einfach genial. (2021, 13. April). Gefrorenes Meerwasser wird zu Trinkwasser. Einfach genial MDR. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=XMucYb2PkVs>. 2025, 04. Februar.

El Llobregat. (2024, 30. August). Die Entsalzungsanlage Llobregat war während der Dürre für die Wasserversorgung unerlässlich. El Llobregat. <https://www.elllobregat.com/noticia/27513/el-prat/la-desalinizadora-del-lobregat-ha-sido-esencial-para-el-suministro-de-agua-durante-la-sequia.html>. 2025, 04. Februar.

Elsner, C. (2023, 19. August). Ozeane - Die neue Quelle für Trinkwasser. zdf heute. <https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/meer-wasser-entsalzung-trinkwasser-100.html>. 2025, 04. Februar.

Fritsche, H. (2013, 18. November). Fachwissen Umwelttechnik. (Auflage 6). Europa-Lehrmittel.

Glogau, H. (2021). Portable Solar Distillar. Portable Solar Distillar. <https://henryglogau.com/6/>. 2025, 04. Februar.

Goodier, R. (2021, 3. September). NREL Is Fast-Forwarding Emerging Desalination Tech Powered by Wave Energy. Engineering For Change. <https://www.engineeringforchange.org/news/nrel-fast-forwarding-emerging-desalination-tech-powered-wave-energy/>. 2025, 04. Februar.

Griebe, B. (2021, 19. März). Mit „innovatIOn“ nationale und internationale Wasserressourcen sichern. Technische Universität Dresden. https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/news/mit-innovation-nationale-und-internationale-wasserressourcen-sichern?set_language=de. 2025, 04. Februar.

Grimm, R. (2024, 18. März). Entwässerungssysteme für Straßenoberflächen. Baustoffwissen. <https://www.baustoffwissen.de/entwaesserungssysteme-fuer-strassenoberflaechen-31102023>. 2025, 04. Februar.

Hayes, B. (2018, 20. Juni). Introducing The First GivePower Solar Water Farm – Join the Charge. givepower. <https://givepower.org/2018/06/20/introducing-first-givepower-solar-water-farm/>. 2025, 04. Februar.

Langley, L. (2018, 14. April). Nebelernte, Strohhalmfüße, Schwammfedern: Wie Tiere trinken. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.de/tiere/2018/04/nebelernte-strohhalmfuesse-schwammfedern-wie-tiere-trinken>. 2025, 04. Februar.

LEIFIchemie. (2025). Dichteanomalie des Wassers. FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gemeinnützige GmbH. <https://www.leifichemie.de/einfuehrung-die-chemie/stoffeigenschaften/grundwissen/dichteanomalie-des-wassers>. 2025, 04. Februar.

LEIFIphysik. (2025). Kommunizierende Röhren im Alltag. FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gemeinnützige GmbH. <https://www.leifiphysik.de/mechanik/druck-und-auftrieb/ausblick/kommunizierende-roehren-im-alltag>. 2025, 04. Februar.

LEIFIphysik(2). (2025). Innere Energie - Wärmekapazität. FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gemeinnützige GmbH. <https://www.leifiphysik.de/waermelehre/innere-energie-waermekapazitaet/grundwissen/spezifische-waermekapazitaet#:~:text=Wasser%20hat%20mit%204190%20J,1%20%E2%88%98%20C%20zu%20erh%C3%B6hen>. 2025, 04. Februar.

Lernhelfer. (2025). Verdunsten und Verdampfen. Duden Learnattack GmbH. <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik/artikel/verdunsten-und-verdampfen?>. 2025, 04. Februar.

Ocean Reef Inc. (2025). Nemo's Garden. Ocean Reef Inc. <https://www.nemosgarden.com/>. 2025, 04. Februar.

Paál, G. (2024, 26. September). Kocht gesalzenes Wasser schneller? SWR. <https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/kocht-gesalzenes-wasser-schneller-102.html#:~:text=Salz%20im%20Spaghetti%20Wasser%3A%20Siedepunkt%20liegt%20bei%20etwa%20102%C2%B0C&text=Die%20ist%20dann%20erreicht%2C%20wenn,Siedepunkt%20bei%20108%20Grad%20Celsius>. 2025, 04. Februar.

solvay. (2014). Amodel PPA. Solvay Specialty Polymers USA, LLC. https://www.solvay.com/sites/g/files/srpend221/files/tridion/documents/DPG_Amodel_Design_Guide_DE.pdf. 2025, 04. Februar.

Spektrum. (o.D.). Meerwasser. Spektrum der Geowissenschaften. <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/meerwasser/10141>. 2025, 04. Februar.

unicef. (o.D.). Wasser und Hygiene. unicef. <https://www.unicef.ch/de/so-helfen-sie/programme/wasser-und-hygiene>. 2025, 04. Februar.

WWF Germany. (2025). Water Risk Filter. WWF Germany. <https://riskfilter.org/water/explore/map>. 2025, 04. Februar.

Von Eichhorn, C. (2021, 1. Dezember). Meerwasserentsalzungs-Anlage „Dschabal Ali“ in Dubai. Süddeutsche Zeitung. <https://www.sueddeutsche.de/wissen/meerwasserentsalzung-wie-dubai-dem-meer-trinkwasser-abringt-1.3630919>. 2025, 04. Februar.

Young, H. & Schacht, K. (2024, 23. August). Entsalzung: Die Lösung für Wassermangel weltweit?. DW. <https://www.dw.com/de/entsalzung-teuer-aber-%C3%BCberlebenswichtig-technologie-wasserknappheit-trinkwasser-salzsole-d%C3%BCrre/a-68630884>. 2025, 04. Februar.

8.2 BILDQUELLEN

Alimentarium. (o.D.). Ein Unterwassergemüsegarten. Alimentarium. <https://www.alimentarium.org/de/story/ein-unterwassergemuesegarten>. 2025, 04. Februar.

Bishop, J. (2016, 3. Juni). Foto von Unterwasser. Unsplash. <https://unsplash.com/de/fotos/foto-von-unterwasser-1braZySIEKA>. 2025, 05. Februar

Desolenator. (2020). Desolenator, waterproofing businesses/ communities/ the future. Desolenator. <https://www.desolenator.com/product>. 2025, 04. Februar.

Dukhanov, A. (2018, 30. August). Ruhige Wellen des Ozeans. Unsplash. <https://unsplash.com/de/fotos/ruhige-wellen-des-ozeans-uhRgPO215cE>. 2025, 04. Februar.

Fogden, M. & Fogden P. (2018, 14. April). Nebelernte, Strohhalmfüße, Schwammfedern: Wie Tiere trinken.

Fritsche, H. (2013, 18. November). Fachwissen Umwelttechnik. (Auflage 6). Europa-Lehrmittel.

Gates, E. G. (2024, 20. Juni). Desalination: Understanding the Barriers to Widespread Adoption. Tappwater. <https://tappwater.co/de/blogs/blog/desalination-water-scarcity-tds>. 2025, 05. Februar

Glogau, H. (2021). Portable Solar Distillar. Portable Solar Distillar. <https://henryglogau.com/6/>. 2025, 04. Februar.

Goodier, R. (2021, 3. September). NREL Is Fast-Forwarding Emerging Desalination Tech Powered by Wave Energy. Engineering For Change. <https://www.engineeringforchange.org/news/nrel-fast-forwarding-emerging-desalination-tech-powered-wave-energy/>. 2025, 04. Februar.

Hardy, M. (2018, 17. Februar). Gewässer unter dem Himmel. Unsplash. <https://unsplash.com/de/fotos/gewasser-unter-dem-himmel-6ArTTluciuA>. 2025, 04. Februar.

Hayes, B. (2018, 20. Juni). Introducing The First GivePower Solar Water Farm – Join the Charge. givepower. <https://givepower.org/2018/06/20/introducing-first-givepower-solar-water-farm/>. 2025, 04. Februar.

National Geographic Creative. <https://www.nationalgeographic.de/tiere/2018/04/nebelernte-strohhalmfuesse-schwammfedern-wie-tiere-trinken>. 2025, 04. Februar.

P., F. (2019, 25. Juni). Windmühle in der Nähe eines Gewässers. Unsplash. <https://unsplash.com/de/fotos/windmuhle-in-der-nahe-eines-gewassers-SJsw3KFiHDw>. 2025, 05. Februar

Pompé, J. I. (2020, 27. November). brauner und weißer Schmutz gemahlen. Unsplash. https://unsplash.com/de/fotos/brauner-und-weisser-schmutz-gemahlen-i_fh5Y-DJk4. 2025, 05. Februar

reddit. (2021, 20. Mai). Found a stenocara graphicills (namib desert beetle) it is found in humid area and It is 0.55 inches long. reddit. https://www.reddit.com/r/Beetles/comments/ngoeav/found_a_stenocara_graphicills_namib_desert_beetle/?rdt=42663. 2025, 05. Februar

Wikipedia-Autoren. (2004, 6. Januar). Meerwasserentsalzung. <https://de.wikipedia.org/wiki/Meerwasserentsalzung>. 2025, 05. Februar

SALZIG.

Bachelorthesis
Jost Wilbers