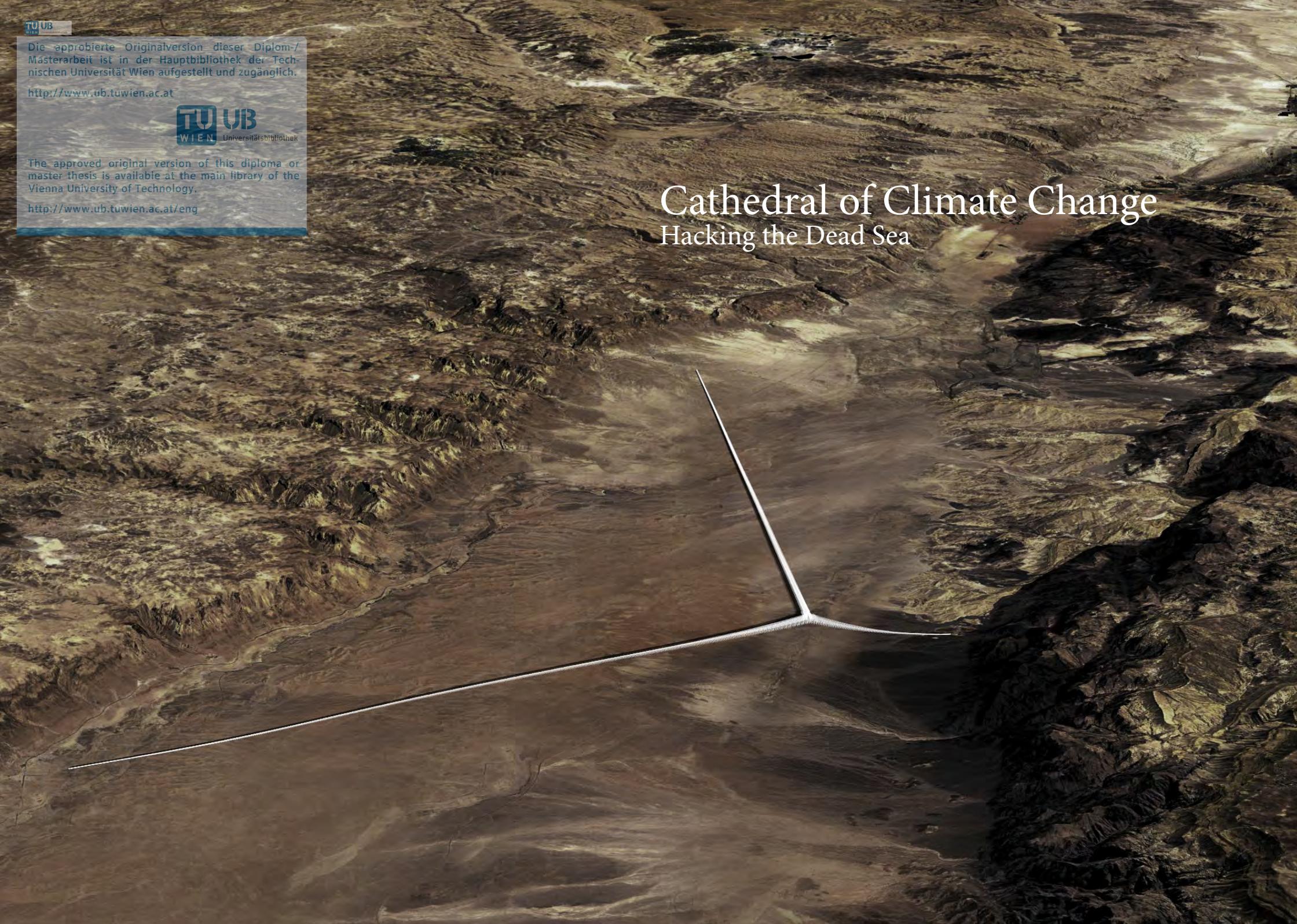


Cathedral of Climate Change

Hacking the Dead Sea



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

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



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

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

MASTER-/DIPLOMARBEIT



Thema

Cathedral of Climate Change

Hacking the Dead Sea

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen
Grades eines Diplom-Ingenieurs utner der Leitung von

Manfred Berthold
Prof Arch DI Dr

unter Mitbetreuung von
Christoph Müller
Univ Lektor DI Dr

E253 - Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

Autor
Valentin Hofer
Matrikelnummer 0827243

1060 Wien
Hofmühlgasse 19/15

+43 664 88397128
v.hofer@h-w.at

Tokyo, am 25.10.2017

“ Alle Flüsse fließen ins Meer,
das Meer wird nicht voll.
Zu dem Ort, wo die Flüsse entspringen,
kehren sie zurück, um wieder zu entspringen. ”

Koh 1,7

Diese Diplomarbeit zeigt eine langfristige künstlerisch-architektonische Strategie im Umgang mit dem sinkenden Wasserspiegel des Toten Meeres, einem der kulturgeschichtlich bedeutendsten Orte auf unserem Planeten.

Die Ursachen des Wassermangels werden kurz beleuchtet, viel wichtiger ist jedoch die Möglichkeit, sich diese Vorgänge zur Schaffung eines neuen Typs von (architektonischem) Raum zunutze machen zu können. Die Kristallisation der gelösten Salze aus der übersättigten Lösung findet auf unkontrollierte Art und Weise bereits heute am Ufer und am Boden des Toten Meeres statt. Das vorliegende Projekt versucht, die dabei entstehenden Kristalle zu formen und so - mit äußerst einfachen Mitteln - eine beeindruckende Struktur zu schaffen, deren Bau bei ähnlichen Größendimensionen Unmengen an Ressourcen benötigen

This thesis depicts an artistic-architectural strategy in dealing with the sinking water levels of the Dead Sea, one of the historically and culturally most significant places on this planet.

The causes of the shortage of water are illustrated briefly, but more importantly, attention is drawn toward the possibility of taking advantage of these processes in order to create a new type of (architectural) space. The design is time-based and changed constantly depending on water levels and other influences from the surroundings. Of course this contains, even though the whole construction of the *Cathedral of Climate Change* depends on it, a criticism of the current state of the world, which becomes evident at the Dead Sea. It symbolizes the environmental crisis humanity faces, but not in a dystopian, but rather subtle and aesthetic way.

würde. Der experimentellen Verwendung des Baustoffes Salz kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, er wird auf die technische Tauglichkeit für diese Projekt untersucht.

Dabei spielt die zeitliche Komponente eine entscheidende Rolle: Die Struktur verändert sich kontinuierlich und abhängig vom Wasserstand und weiteren Einflüssen der Umgebung. Natürlich schwingt - obwohl die Konstruktion der *Cathedral of Climate Change* darauf beruht - eine Kritik am Zustand der Welt mit, die am Toten Meer besonders augenscheinlich wird. Sie versinnbildlicht die ökologische Krise in der die Menschheit steckt, jedoch nicht auf dystopische sondern auf subtile und ästhetische Art und Weise.

The crystallization of dissolved salt from the oversaturated solution is already happening uncontrolled on the shore and the bottom of the Dead Sea. In this project I am trying to control and shape the resulting crystals. This way, an impressive structure can be erected by very simple means. Constructions of a comparable volume would otherwise consume a multiple of the resources needed here.

The experimental use of salt as a building material plays an important role, it is being investigated for its technical capability.

Inhalt

Kurzfassung

Inhalt

Einleitung	Ⓐ	Klimawandel	16
Situationsanalyse	Ⓑ	Bauplatz Totes Meer	26
		1. Kulturgeschichte	
		2. Geologie	
		3. Hydrologie	
Material und Methodik	Ⓒ	Kristalle	50
		1. Chemie des Toten Meeres	
		2. Experimente	
Diskussion	Ⓓ	Ziele der Arbeit	70
Resultat	Ⓔ	Cathedral of Climate Change	72
		1. Strömungsanalyse	
		2. Kristallisation und Erosion	
		3. Exkurs: Kettenlinien	
		4. Festigkeitsuntersuchungen	
		5. Genese (Formfindung)	
Conclusio	Ⓕ	Resümee	116

Abbildungsverzeichnis

Quellenverzeichnis

Lebenslauf

Ⓐ Klimawandel climate change

Die Geschichte der Gattung Homo begann vor etwa 2,6 Millionen Jahren mit der Altsteinzeit, der moderne Mensch Homo Sapiens entstand vor etwa 200.000 Jahren. Die Erfolgsgeschichte unserer Gattung beruht auf vielen unterschiedlichen Faktoren, einer davon ist bestimmt die Anpassungsfähigkeit an Klimaschwankungen, die das Gesicht der unterschiedlichen Lebensräume und Klimazonen sehr langfristig zeichnen.

Die überwiegende Mehrheit aller mit der Materie befassten Wissenschaftler ist sich einig, dass ein vom Menschen verursachter Klimawandel stattfindet. Dieser führt nachweislich über natürliche erdgeschichtliche Schwankungen hinaus und ist auf die Aktivitäten der Menschheit auf diesem Planeten zurückzuführen. In geologischen Zeiträumen lassen sich zahlreiche Änderungen in der Zusammensetzung und Temperatur

der Erdatmosphäre zurückverfolgen. Diese werden von Kritikern und Skeptikern des anthropogenen Klimawandels in Treffen geführt um damit die menschliche Ohnmacht zu argumentieren.

Setzt man sich jedoch wissenschaftlich mit dem Thema auseinander, wird klar, dass der Sachverhalt ein komplexes Zusammenwirken vieler Faktoren ist: Äußere Einflussfaktoren haben sehr wohl einen großen Einfluss auf das Weltklima - es wurde immer wieder ganz wesentlich von Veränderungen der Erdbahn und -achse, der Variabilität der Sonneneinstrahlung und Meteoriteneinschlägen beeinflusst. Außerdem hat die Interaktion des Erdinneren mit der Oberfläche durch Plattentektonik und Vulkanismus einen erhebliche Einfluss auf das Erdklima. Viele Wechselwirkungen dieses äußerst komplexen Systems sind erst in Ansätzen bekannt.

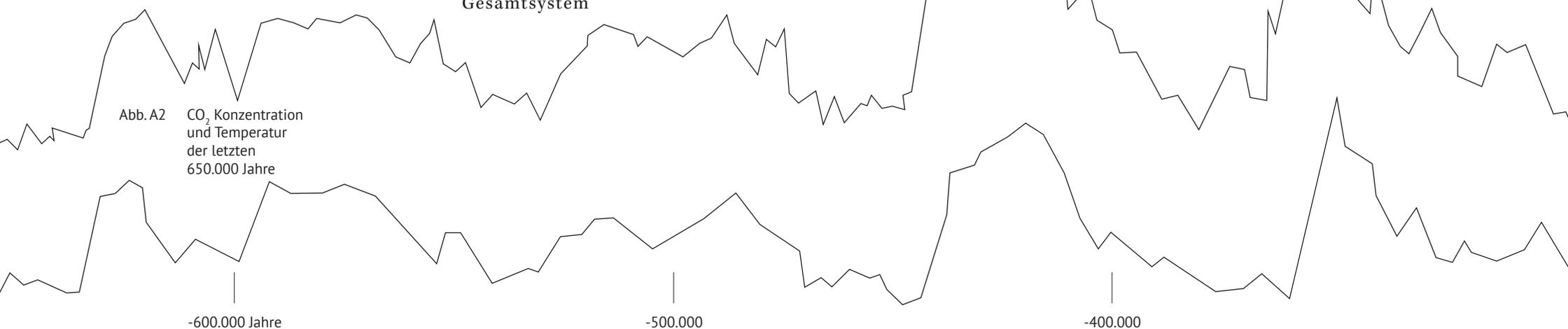


Abb. A1 Der Klimawandel beeinflusst das Tote Meer

Es herrscht große Einigkeit darüber, dass seit dem Beginn der Industriellen Revolution ab Mitte des 19. Jahrhunderts wesentliche Eingriffe in ein an sich stabiles und sich in vielen Fällen selbstregulierendes Klimasystem stattgefunden haben. Dabei geht es nicht nur um einen Temperaturanstieg und dessen Folgen, sondern auch um zunehmende Verschmutzung und Vergiftung, Biodiversitätsverluste, eine Ausbeutung der natürlichen Ressourcen weit über die natürliche Regenerationskapazität hinaus, Abholzung, Desertifikation, Übersäuerung der Meere und Korallenbleiche. Alle diese Auswirkungen stehen in Wechselwirkung und es ist zu befürchten, dass bei vielen dieser Probleme einzeln betrachtet bereits ein Punkt der Nicht-Reversibilität erreicht ist, und für das komplexe Gesamtsystem

ein ebensolcher Point-of-no-Return droht.

Wie in der Grafik über diese Doppelseite zu erkennen ist, kann man für die letzten 650.000 Jahre eine enge Korrelation zwischen der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und der antarktischen Durchschnittstemperatur nicht von der Hand weisen. Diese Daten wurden aus Eisbohrkernen in der Antarktis gewonnen, die winzige Gasteile einschließen und durch ihre Kristallisation einen Rückschluss auf die Temperaturen erlauben. Weiters ist zu erkennen, dass die Werte innerhalb einer gewissen Bandbreite schwanken, wobei die Tiefpunkte jeweils Eiszeiten



kennzeichnen. Über diesen gesamten Zeitraum stieg die durchschnittliche Konzentration von Kohlendioxid nie über 300 ppm. Es gilt als gesichert, dass die relative Stabilität über diesen langen Zeitraum in Kombination mit der menschlichen Anpassungsfähigkeit als entscheidender Grund für die Entwicklung des modernen Menschen angesehen werden kann.

Niemand kann sicher sagen, was beim Verlassen dieser erdgeschichtliche Bandbreite passiert. Es steht zu befürchten, dass sich die Lebensbedingungen auf diesem Planeten so drastisch ändern, dass es vermehrt zu davon verursachten Konflikten kommt, der Menschheit und vielen weiteren Arten das Aussterben droht oder sogar das gesamte

sich über Jahrmilliarden entwickelte Leben auf der Erde verschwindet. Jedenfalls wird ein Anpassung stattfinden müssen - unser Schicksal liegt in unseren eigenen Händen. Ansonsten wird dieses selbstregulierende System möglicherweise feststellen, dass es ohne uns Menschen besser dran ist.

Erste Anzeichen dieser von Klimawandel verursachten oder mitverursachten Konflikte (häufig auch in Zusammenspiel mit starken Bevölkerungszunahmen) zeichnen sich bereits ab: Konflikte um Ressourcen wie Wasser und Bodenschätze, Migrationsströme infolge von Ernteaussfällen, Verlust von landwirtschaftlichen Nutzflächen, extreme Einzelereignissen wie starke Stürme, vermehrter technischer Aufwand für Hochwasserschutz



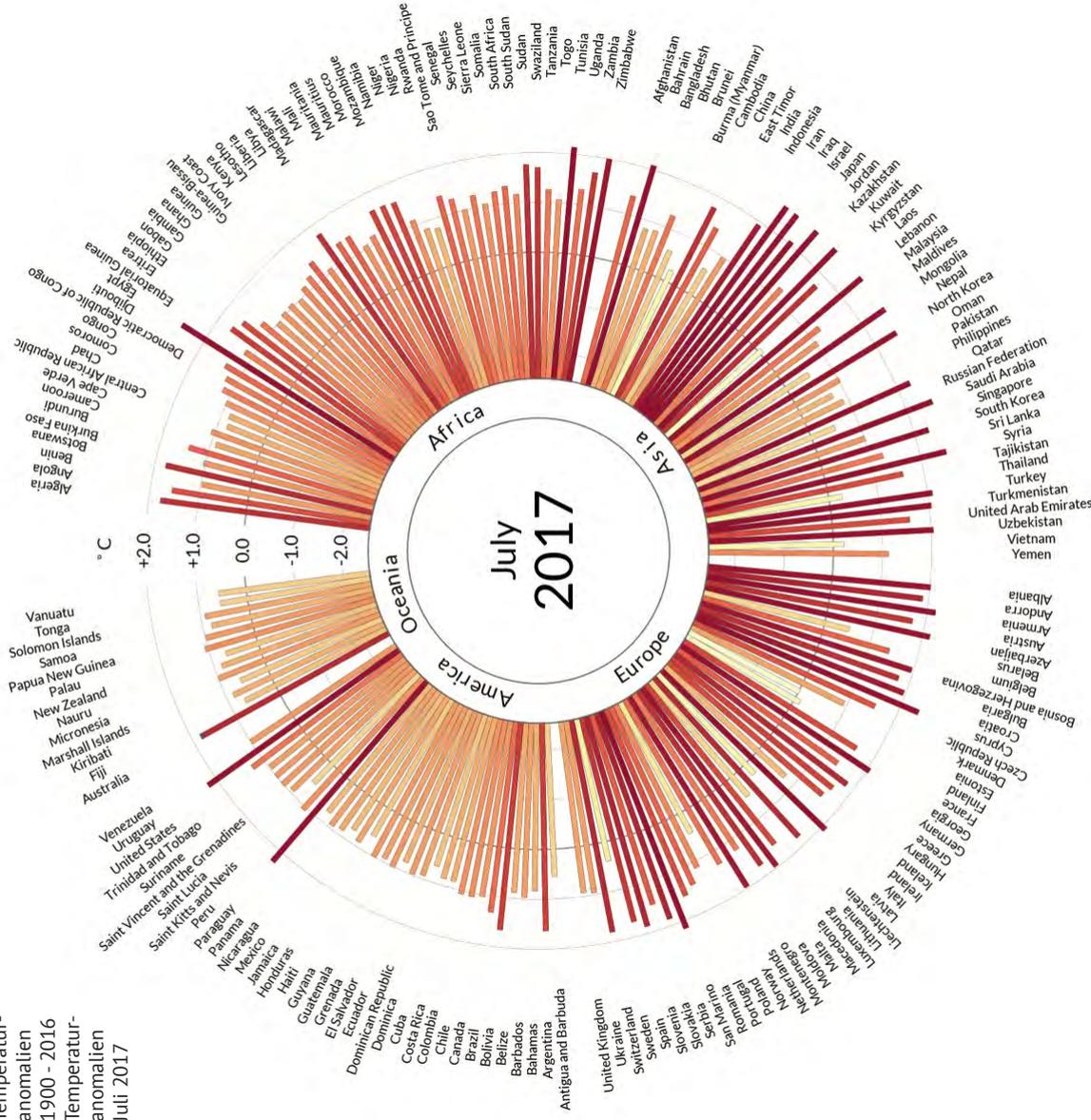


Abb. A3

Temperatur-
anomalien
1900 - 2016

Abb. A4

Temperatur-
anomalien
Juli 2017

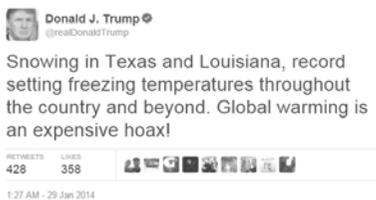


oder Landverlust infolge steigender Pegel, vielen Bereichen und beeinflusst diese. Außerdem wirtschaftliche Nutzung immer abgelegener Landstriche verbunden mit konfliktreichen Landnahmen, Entvölkerung vormals bewohnbarer Territorien, etc. Alle Gebiete der Erde sind Teil dieses Systems und somit mehr oder minder von Veränderungen betroffen.

Forscher sprechen angesichts des großen Einflusses, den die Menschheit als geologischer Faktor auf diesen Planeten hat von einem neuen erdgeschichtlichen Zeitalter: dem Anthropozän. Vom Menschen hervorgerufene Prozesse sind der bedeutendste Einflussfaktor auf die Gestalt und das Leben auf der Erde geworden. Wie bereits erwähnt, geht es dabei nicht nur um die Erderwärmung, diese steht vielmehr exemplarisch für Probleme in

welchen die Erderwärmung nicht nur zu einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen, sondern vielmehr zu einer Zunahme extremer Wetterereignisse, da viele natürlichen Mechanismen aus dem Gleichgewicht geraten sind.

Die Treibhausgase Wasserdampf (H₂O), Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Methan (CH₄) bewirken einen natürlichen Treibhauseffekt, der die Durchschnittstemperatur auf der Erde von -18°C auf +14°C hebt und somit das Leben erst ermöglicht. Dies passiert, indem sie von der Sonne kommende kurzwellige Strahlung in die Atmosphäre passieren lassen, von der Erdoberfläche reflektierte langwellige Infrarotstrahlung jedoch in die Atmosphäre zurückreflektieren und so die



Energie in ihr behalten. Es herrscht wissenschaftlicher Konsens, dass gemessene Temperaturanstiege nur mit einer vom Menschen verursachten Anstieg an freigesetzten Treibhausgasen begründet werden können. Die Konzentrationen aller oben genannten Treibhausgase haben sich infolge der Industrialisierung, der Verbrennung von fossilen Energieträgern, der intensiven Viehhaltung und Rodungen gegenüber vorindustriellen Werten erhöht. Neben Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und Methan wurden im Kyoto-Protokoll weitere Treibhausgase wie Distickstoffoxid (Lachgas, N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW/HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW/PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆) als Treibhausgase definiert.

Das Kyoto-Protokoll ist das erste völkerrechtlich verbindliche Abkommen zur Eindämmung von

anthropogenen Treibhausgasen. Es wurde im Jahr 1997 ausverhandelt und sieht bindende Zielwerte für Industriestaaten vor. 2001 wurde es von 191 Staaten sowie der Europäischen Union ratifiziert und kam 2008 bis 2012 zur Anwendung, konnte jedoch nicht die gewünschte Reduktion bewirken. Die USA als größter Emittent lehnten die Ratifizierung ab, Kanada schied aus, und für Schwellen- und Entwicklungsländer waren keine Reduktionsmengen definiert. Die Internationale Gemeinschaft rang daraufhin um eine Verlängerung oder Neuverhandlung, die nach einigen Anläufen schließlich auf der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 ihren erfolgreichen Abschluss fand.

Es wurde beschlossen, die Erwärmung im Vergleich mit vorindustriellen Temperaturen auf unter 2°C zu beschränken, als Zielvorgabe sollten 1,5°C nicht überschritten werden. Um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, müsste man ab

2040 gänzlich auf die Verbrennung fossiler Energieträger verzichten, wenn man nicht auf Technologien zur Abscheidung und Speicherung von CO₂ zurückgreift. Die Menschheit wird in diesem komplexen diplomatischen Verhandlungsvorgang unter sich ständig ändernden Rahmenbedingungen beweisen müssen, dass sie fähig ist zu einem Konsens zu kommen.

Einzelne Akteure, zuletzt an prominentester Stelle Donald Trump, zweifeln am Klimawandel im allgemeinen und am Pariser Abkommen im speziellen. Es scheint, als ließe sich die internationale Gemeinschaft jedoch nicht von den vereinbarten Zielvorgaben abbringen. Auf jeden Fall ist ein langer Atem vonnöten, sind doch nicht nur die Klimaziele zu erreichen, sondern auch eine Menge anderer ökologischer Krisen zu bewältigen.



Abb. A5 Trumps
Tweets zum
Klimawandel



Abb.A6 Trockenheit

1. Trockenheit

Durch den Klimawandel wird das ohnehin schon aride Klima noch trockener. Gleichzeitig steigen sowohl Bevölkerungszahlen als auch Pro-Kopf-Verbrauch an Wasser im Einflussgebiet. Schon jetzt gibt es erhebliche (auch militärische) Konflikte um die Ressource Wasser. Für menschlichen Konsum, Industrie und Landwirtschaft

zurückgehaltenes Wasser fehlt in der Wasserbilanz des Toten Meeres und der Wasserspiegel sinkt um durchschnittlich einen Meter pro Jahr. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Tote Meer schon in einigen Jahrzehnten zur Gänze austrocknet.



Abb.A7 Einsturztrichter

2. Einsturztrichter (Sinkholes)

Aufgrund des sinkenden Wasserspiegels kommt es schon heute zur Bildung von einem Einsturztrichter pro Tag. Diese entstehen, wenn unterirdische Teile des Bodens aufgrund eines veränderten Grundwasserverhaltens ausgespült werden und die Oberfläche darüber spontan in sich zusammenbricht. Das kann in den letzten Jahren

mit zunehmender Häufigkeit entlang der Ufer des Toten Meeres beobachtet werden. Dieses Phänomen ist nicht nur eine Gefährdung für Menschen, Tiere und Vegetation, sondern zerstört auch Infrastruktur und verdeutlicht das zunehmende Problem der sinkenden Pegel.

3. Kanal vom Roten Meer (Friedenskanal)

Um dem weiteren Absinken des Wasserspiegels entgegenzuwirken, haben Israel, Jordanien und die Palästinensische Autonomiebehörde 2005 beschlossen, die Durchführbarkeit eines Kanals vom Golf von Aqaba des Roten Meeres ins etwa 180 km entfernte Tote Meer zu untersuchen. Das von der Weltbank unterstützte Projekt dient dem Halten des

Wasserspiegels im Toten Meer, der Elektrizitätsgewinnung, und der Trinkwasserversorgung (über Entsalzungsanlagen). Es ist allerdings aus ökologischen und gewässerchemischen Gründen umstritten.

4. Flora und Fauna

Einige endemische Arten haben sich an das Leben im Umfeld des Toten Meeres angepasst und leiden unter dem Wassermangel und dem Verschwinden der umliegenden Oasen. Zusätzlich liegt es an einer Migrationsroute für Zugvögel, die ebenfalls vom verschwindenden Wasser betroffen sind. Die Einsturztrichter entwurzeln Bäume

und andere Pflanzen. Angesichts der Tatsache, dass in ökologischen Systemen häufig kleine Änderungen eine große Wirkung entfalten können, sind die Folgen dieser Entwicklungen für das ökologische Gleichgewicht nur schwer vorherzusagen.



Abb. A8 Friedenskanal



Abb. A9 Flora und Fauna

Ⓑ Bauplatz Totes Meer

The Dead Sea

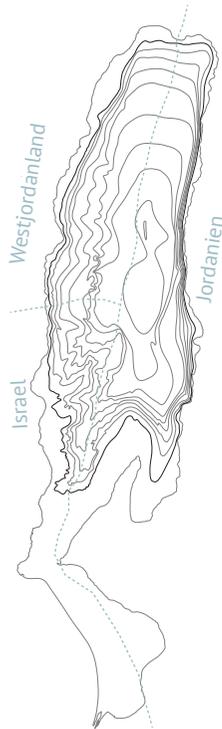


Abb. B1 Bathymetrie und Ländergrenzen des Toten Meeres

Die bereits seit der Antike geläufige Bezeichnung “Totes Meer” ist dem Umstand geschuldet, dass aufgrund des hohen Salzgehalts und des extremen Klimas kaum Leben im und um das Tote Meer möglich ist. Tot ist das Meer jedoch nur auf den ersten Blick. Sehr spezialisierte anaerobe Bakterien, die sich von Salpeter, Schwefel und Cellulose ernähren sowie manche Pflanzen mit hoher Salztoleranz (Halophyten) können hier überleben, besonders an den Stellen wo weniger salziges Wasser eintritt.

1. Kulturgeschichte

Menschliche Siedlungen in dieser Gegend sind schon in der Bibel erwähnt, Jericho befindet sich nordwestlich des Toten Meeres, die Städte Sodom und Gomorra (Genesis 18) sollen sich vermutlich südöstlich von ihm befinden, auch die biblische Zerstörung soll sich hier zugetragen

haben, infolge derer Abrahams Neffe Lot nach Zoar, weiter südlich, flüchtete (Genesis 19:21-22) und seine Frau zu einer Salzsäule erstarrte, die man noch heute als Felsformation sehen kann. König David soll sich vor Saul in Ein Gedi am westlichen Ufer des Toten Meeres versteckt haben.

Auch Aristoteles kannte und schrieb über die Besonderheiten des Toten Meeres, das Ägyptern, Griechen und Römern gleichermaßen für seine natürlichen Asphaltvorkommen bekannt war. Die Ägypter verwendeten den wertvollen Rohstoff für ihre Mumifikation, die Römer bezeichneten das Tote Meer als “Palus Asphaltites” und die Griechen als “Asphaltites” (Asphaltsee).

König Herodes baute einige Verteidigungsanlagen am Toten Meer, am berühmtesten Masada, die im Jüdischen Krieg von einer Gruppe Sikariern erobert und ausgebaut

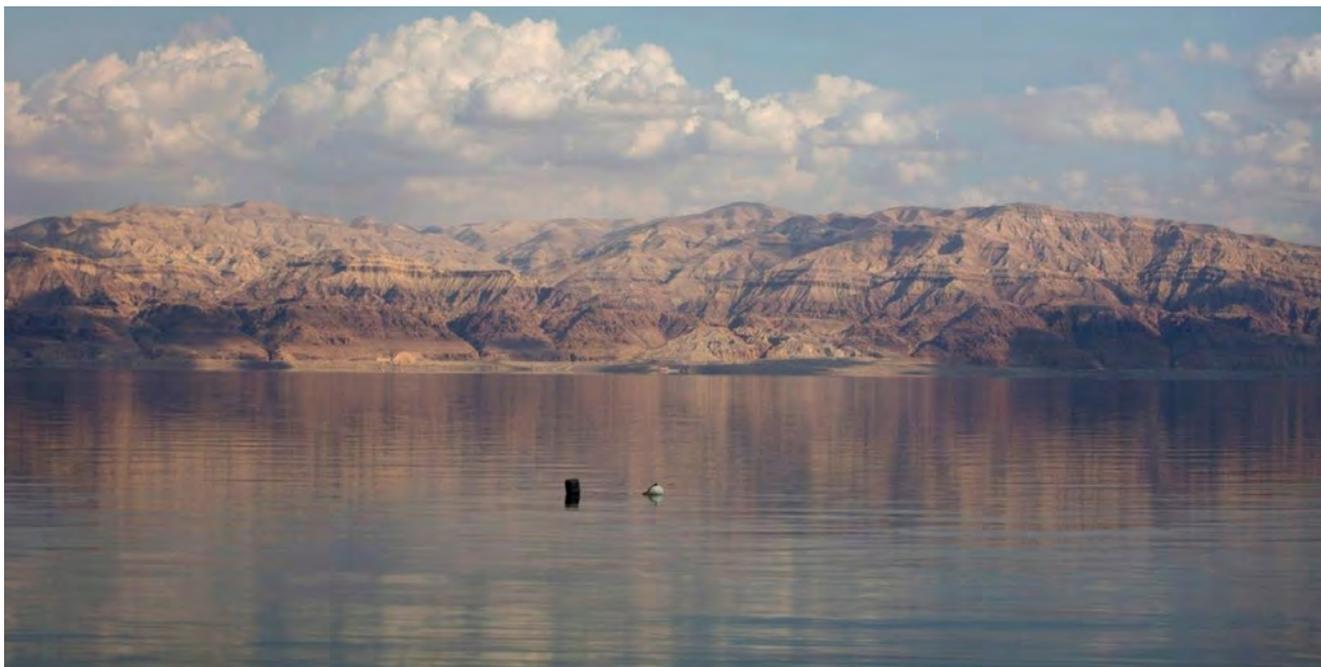


Abb. B2 Totes
Meer

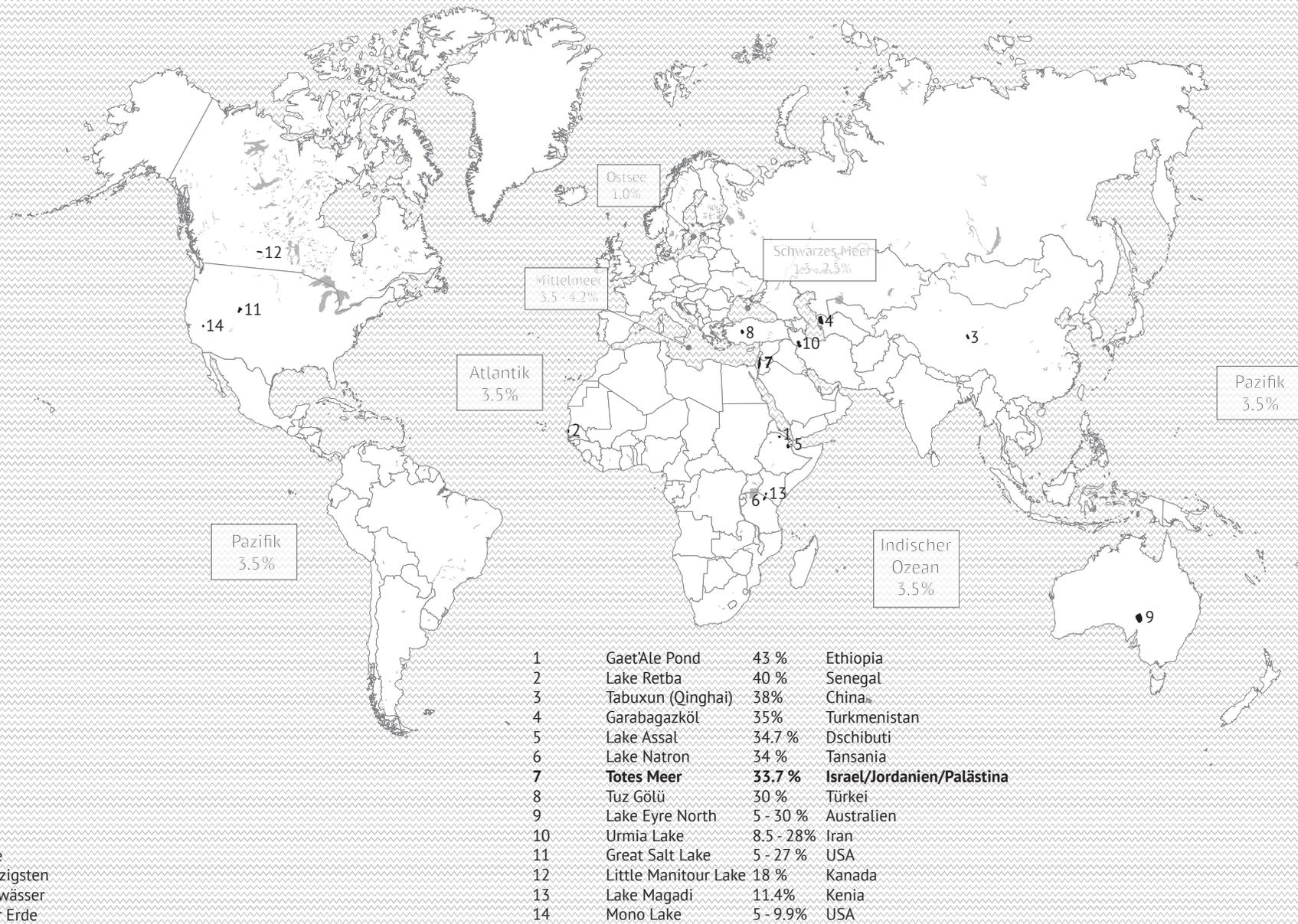


Abb. B3 Die
salzigsten
Gewässer
der Erde

wurde. Sie bot jüdischen Rebellen besonders nach der Zweiten Tempelzerstörung unter Titus 70 nach Christus einen Unterschlupf. Als schließlich einige Jahre später die Lage unter der Belagerung der zehnten römischen Legion aussichtslos wurde, verübten die Bewohner kollektiven Selbstmord. Dieser dient bis heute als Symbol des jüdischen Freiheitswillens.

Im Byzantinischen Reich diente das Tote Meer als Zufluchtsort für griechisch-orthodoxe Mönche, die hier einige Klöster und Pilgerstätten errichteten.

Erst im 19. Jahrhundert wurden viele Spuren der vormaligen menschlichen Aktivität in der Gegend wiederentdeckt. Man begann mit wissenschaftlichen Expeditionen und entdeckte neben naturwissenschaftlichen Erkenntnissen auch Masada wieder. Man machte ab der Mitte des 19. Jahrhunderts auch

weitere bedeutende archäologische Funde, das meiste Aufsehen erregten die Mescha Stele, gefunden 1868 östlich des Toten Meeres bei Dhiban (Dibon) sowie die "Schriftrollen vom Toten Meer" (Qumranschriften), gefunden zwischen 1947 und 1956 in elf Felshöhlen des Westjordanlandes.

Kulturgeschichtlich ist die Gegend um das Tote Meer aufgeladen mit Bedeutung und seine Besonderheiten haben sich auf vielfache Weise in der ägyptischen, griechischen, römischen, jüdischen, christlichen und muslimischen Kultur abgebildet.

Bis heute durchziehen zahlreiche kulturelle Trennlinien dieses historisch so bedeutende und umkämpfte Gebiet. Zahlreiche Konflikte der heutigen Zeit können als Erbe kolonialer Auseinandersetzungen und Interessen gesehen werden und prägen die Situation im Nahen Osten.



Abb. B4 Der Nahe
Osten
aus dem
Weltall

Territoriale Auseinandersetzungen und der Kampf um Zugang zu Ressourcen zwischen den beteiligten Ländern des Nahen Ostens und Einflüssen von außen prägen die politische Landkarte des Nahen Ostens. Infolge des zweiten Weltkriegs erlangten die Anrainerstaaten des Toten Meeres ihre Unabhängigkeit von Großbritannien, Jordanien 1946 und Israel 1948.

Zahlreiche Kriege, vor allem zwischen Israel und seinen Nachbarn, die ungelöste Situation der Palästinenser, vor allem im Gazastreifen, aber auch im Westjordanland, illegale jüdische Siedlungen, der überregionale Konflikt zwischen Saudi-Arabien und dem Iran, deren Einflussnahme auf die Region sowie darüber hinausgehende internationale Koalitionen und Interessen, ein Bürgerkrieg in Syrien und schwelende Konflikte im Irak und im Jemen, unklare Machtverhältnisse in vielen Länder Nordafrikas, vor

allem in Libyen, die Situation der Kurden, sowie Reste des zerfallenden Islamischen Staates machen der Region zu schaffen und lassen es unrealistisch erscheinen, in absehbarer Zeit eine friedliche Lösung für all diese Konflikte zu finden.

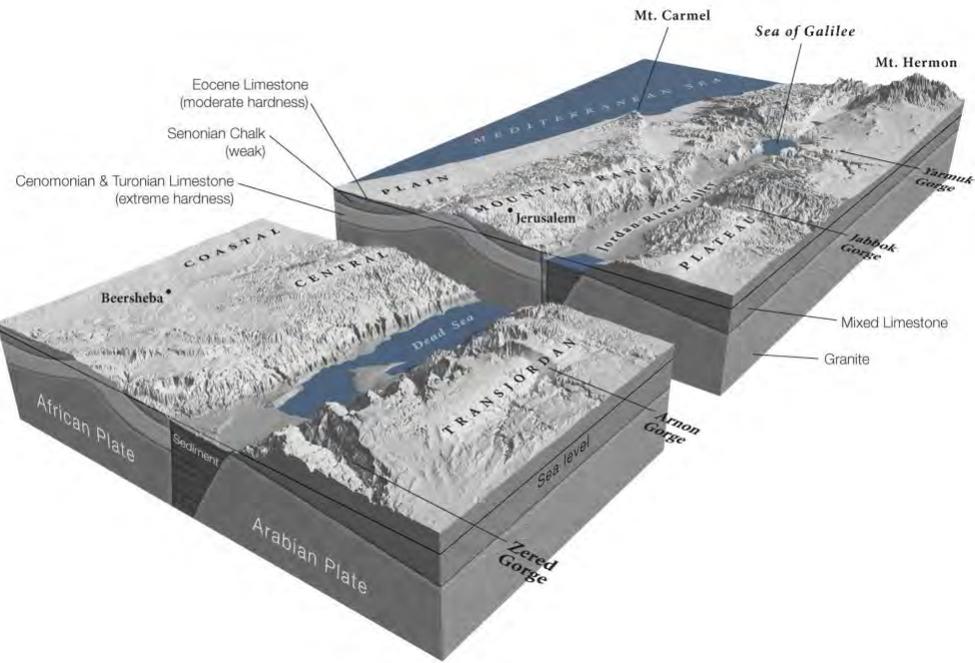


Abb. B5 Geologischer Schnitt

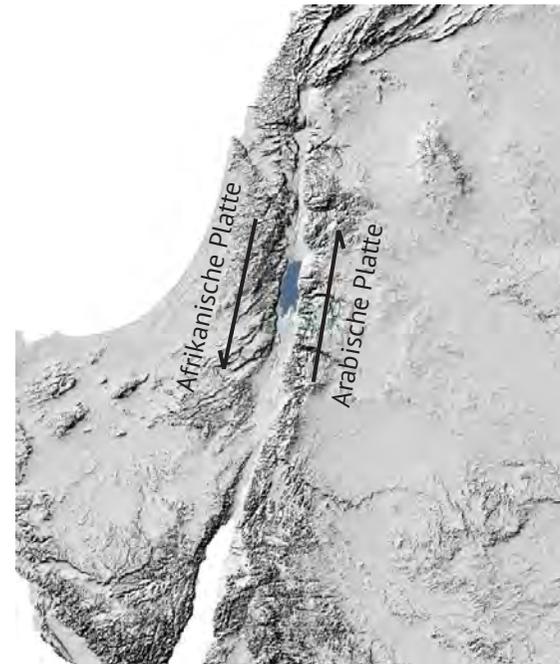


Abb. B6 Tektonik des Toten Meeres

2. Geologie

Ein Spezifikum des Toten Meeres ist seine tiefe Lage, der Wasserspiegel liegt im Jahr 2017 circa 430 m unter dem Niveau des Mittelmeeres, das macht ihn zur tiefsten Wasseroberfläche unseres Planeten. Er ist jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt und sinkt im Jahresmittel wie im weiteren im Detail erklärt werden wird um einen weiteren Meter. Der tiefste Punkt unter Wasser liegt bei etwa -730 m, somit ergibt sich eine maximale Tiefe von 300 Metern.

Diese Eigenschaft und auch der außergewöhnlich hohe Salzgehalt liegen in der speziellen geologischen Lage begründet: Das Jordantal und das Tote Meer bilden ein Tal, das sich infolge der seitlichen Reibung zwischen Afrikanischer und Arabischer Platte gebildet - diese im Westen vom Judäa-Gebirge und im Osten von den

moabitischen Bergen begrenzte Reibungsfläche ist auf Abb. B6 sehr gut zu erkennen. In der mit Sedimenten gefüllten Fuge bewegen sich die beiden tektonischen Platten etwa vier Millimeter pro Jahr aneinander vorbei. Dieses geologische System bildete sich vor etwa 1,5 Millionen Jahren, als das gesamte Gebiet noch mit Meer bedeckt war. Schließlich trennten sich zwei Lithosphärenplatten und das Jordan-Rift-Valley wurde vom restlichen Wasserkörper abgetrennt. Es sammelten sich zwar die Regenwässer aus der Umgebung, schließlich verlandete aber vor 12.000 bis 15.000 Jahren auch der letzte der entstandenen Seen, der Lisan-See - und übrig blieb nur das Tote Meer. Die Salzminerale eines großen Meeres konzentrierten sich nun in einem viel kleineren Volumen - das erklärt die erdgeschichtliche Entstehung des äußerst hohen Mineralgehalts des Toten Meeres.

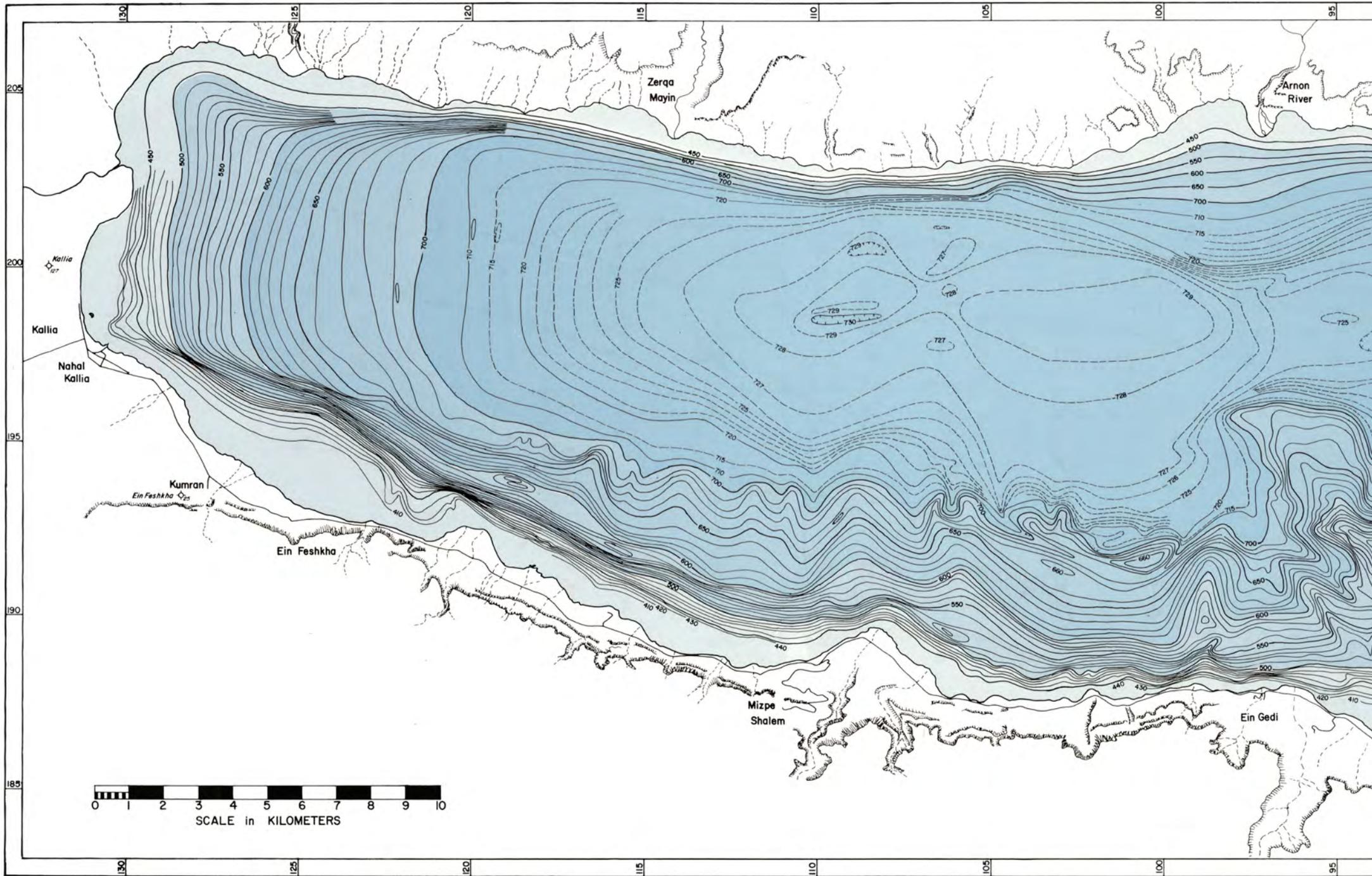


Abb. B7 Bathymetrische Karte des Toten Meeres

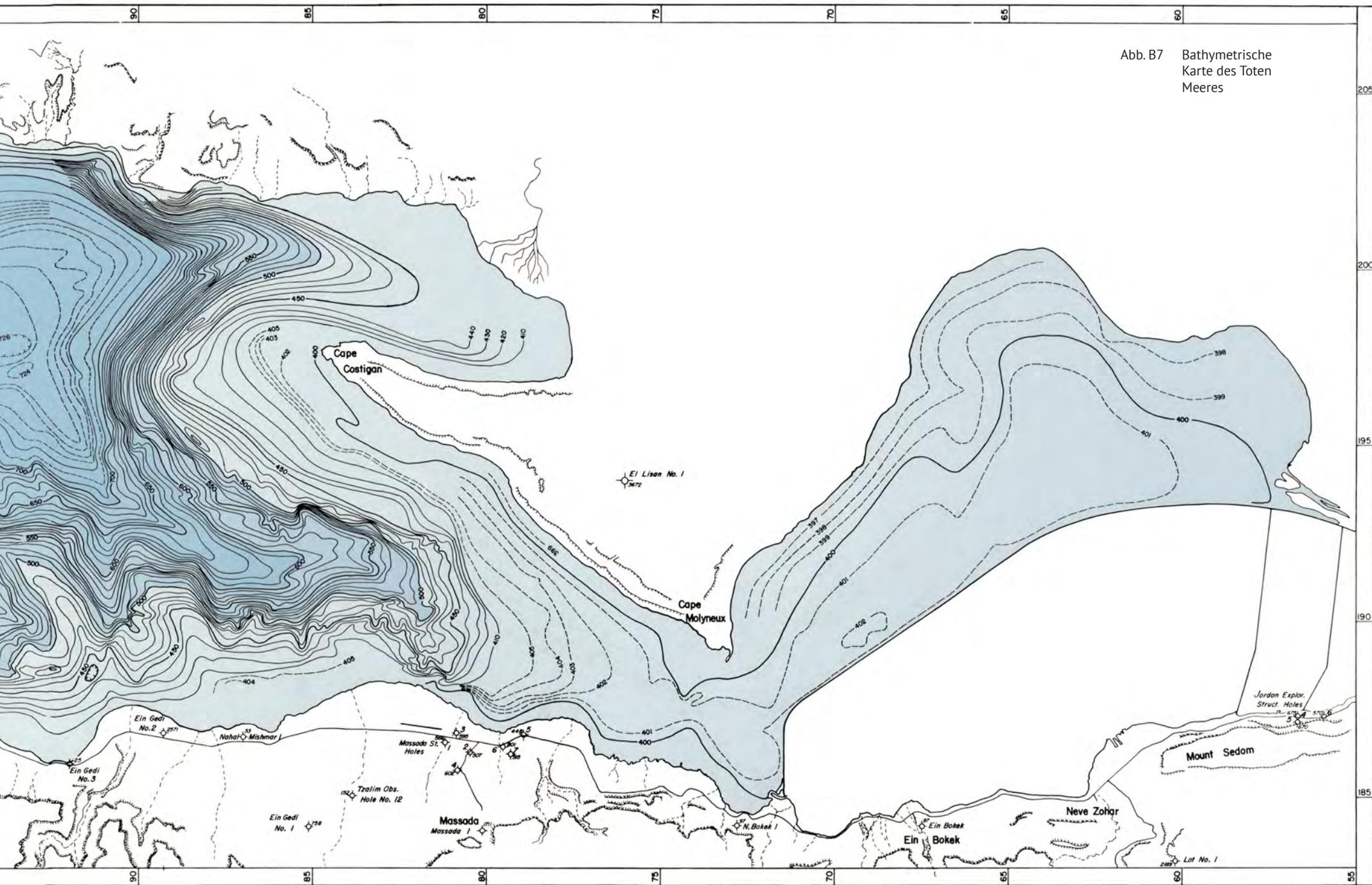




Abb. B8 Hydrologie des
Toten Meeres

3. Hydrologie

Die Zu- und Abflüsse des Toten Meeres befinden sich schon seit einiger Zeit aus dem Gleichgewicht, dabei stehen den immer geringer werdenden Zuflüssen eine hohe Verdunstung und die Wasserentnahme durch die chemische Industrie gegenüber. So kommt es, dass der Wasserspiegel des etwa 67 Kilometer langen und 18 km breiten Gewässers immer weiter sinkt, im Durchschnitt der letzten Jahrzehnte um etwa einen Meter pro Jahr. Diese Dynamik scheint sich sogar noch zu verstärken.

Im Grunde ist die gesamte Entstehungsgeschichte des Toten Meeres ein Austrocknungsprozess: anfangs wurde ein Meer gebildet, das im folgenden immer weiter zusammenschrumpfte, übrig blieb eine relativ konstanter Wasserkörper an der tiefsten Stelle. In den

letzten Jahren, vor allem aufgrund von einer steigenden Bevölkerungskonzentration und zunehmenden Entnahmen für Landwirtschaft, Industrie und Trinkwasser in seiner Umgebung, gelangt nur noch etwa ein Zehntel des natürlichen Volumens ins Tote Meer.

Die bei der Verdunstung zurückbleibenden Mineralien und Salze führen zu einem erhöhten Salzgehalt von durchschnittlich 28% und maximal 34% - an den Stellen der zufließenden Süßwasserzuflüsse natürlich entsprechend weniger (siehe genau Strömungs- und Salzkonzentrationsanalyse ab Seite 74 sowie eine detaillierte Darstellung chemischer Eigenschaften des Wassers auf Seite 55 ff).

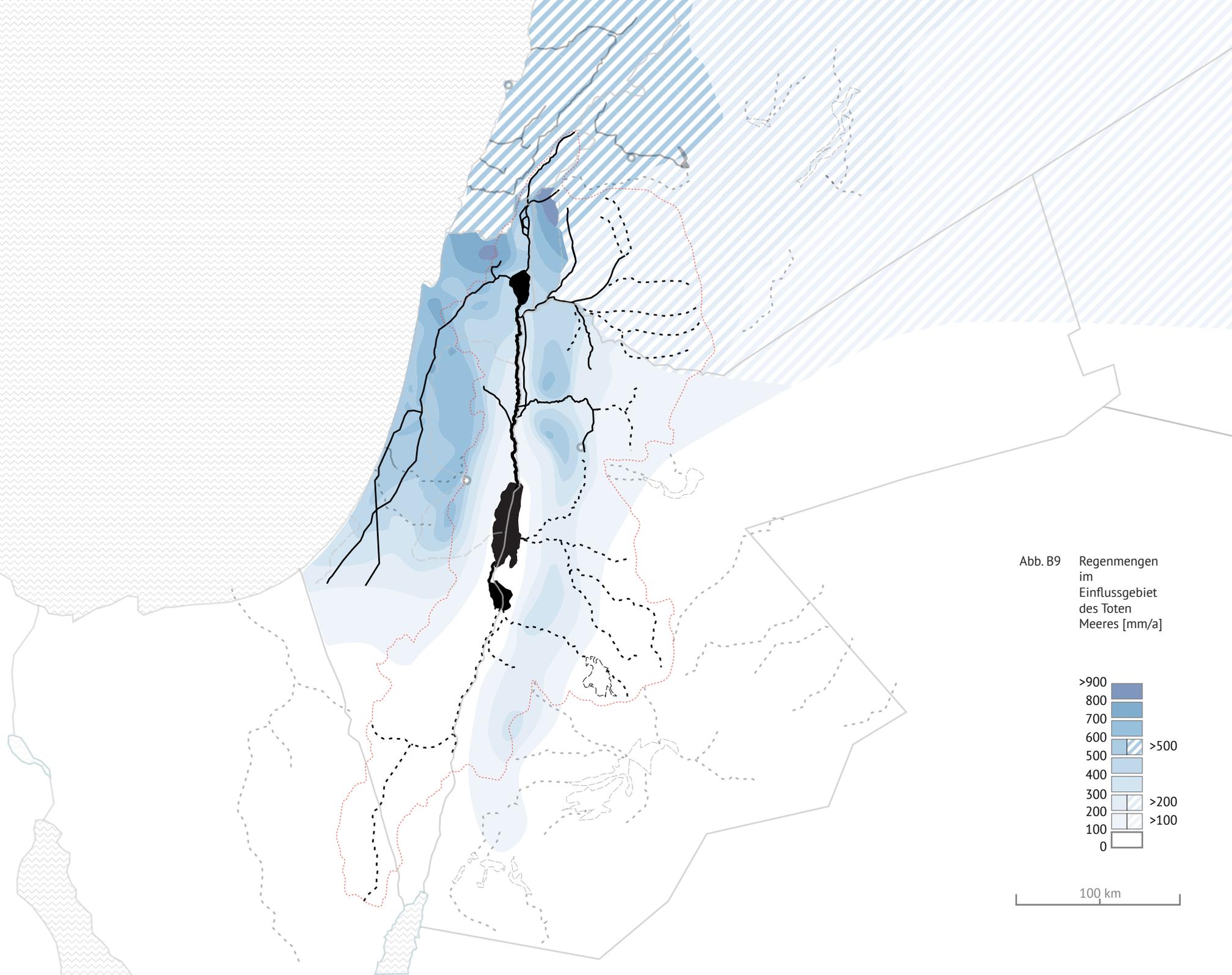
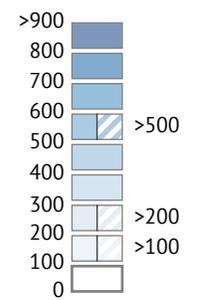


Abb. B9 Regenmengen im Einflussgebiet des Toten Meeres [mm/a]



100 km

Wie auf Abbildung A18 zu erkennen ist, fallen im unmittelbaren Umfeld des Toten Meeres kaum nennenswerte Niederschläge. Im Klimadiagramm rechts (Abb. B10) erkennt man, dass diese seltenen Regen sich auch sehr stark auf die Zeit zwischen November und März konzentrieren - in diesem Zeitraum fallen ca. 100 der durchschnittlich 107 mm Jahresgesamtniederschlag. Im Sommer gibt es kaum Regen und die Durchschnittstemperaturen klettern auf über 30 Grad Celsius. Die wenigen Niederschläge verdunsten zu einem großen Teil sofort - das Tote Meer wäre also ohne sein größeres Einflussgebiet (hier rot eingezeichnet) längst ausgetrocknet. Dieses Gebiet, das sich neben den Anrainerstaaten Israel, Jordanien und Palästina bis nach Ägypten im Süden und in den Libanon und nach Syrien im Norden erstreckt, umfasst klimatisch höchst unterschiedliche Zonen: Im trockenen Süden fällt kaum ein Tropfen Regen, nur in Ausnahmefällen gelangen diese

ins Tote Meer, im Norden hingegen fallen im Grenzgebiet zwischen Israel, dem Libanon und Syrien mit über 900 mm sehr hohe Niederschlagsmengen. Für den Libanon und Syrien konnte ich leider nur ungenauere Angaben finden, deshalb die nicht durchgehende Schraffur mit größerer Auflösung als in Israel und Jordanien.

Der Wasserhaushalt des Toten Meeres ist also sehr stark von den Zuflüssen aus dem Norden - hauptsächlich über den Jordan - abhängig um die hohen Niederschläge einzuleiten und mit ihnen die Verdunstungsverluste auszugleichen. Wie sich zeigt, versuchen alle Länder die im Einflussgebiet des Toten Meeres liegen, einen möglichst großen Anteil des Wassers für ihre Zwecke zu nutzen, und zu verhindern, dass Wasser ins Tote Meer beziehungsweise in ein Nachbarland abfließt. Die Versorgung der Bevölkerung und der Landwirtschaft, in Israel auch mehr als in den anderen

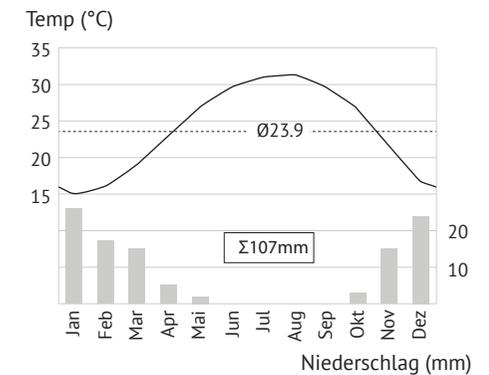


Abb. B10 Klimadiagramm von Ein Gedi

Staaten der Industrie, hat einen höheren Stellenwert als die Aufrechterhaltung des Wasserspiegels im Toten Meer, trotz aller damit verbundener Probleme.

Die Hauptzuflüsse aus dem Libanon namens Hasbani, Dan und Baniyas fließen in den See Genezareth, wo Israel einen großen Teil in den Kanal "National Water Carrier" einleiten, der gemeinsam mit einigen Meeressalzungsanlagen große Teile des Landes mit Wasser versorgen.

Der größte Zufluss des Jordan, der Yarmouk, der auf einem Abschnitt die Grenze zwischen Libanon und Syrien bildet, wird dort im Al Wehda Staudamm aufgestaut, und schließlich östlich des Jordans in den East Ghor Canal eingeleitet, der hauptsächlich zur Bewässerung der jordanischen Landwirtschaft dient. Auf israelisch-palästinensischer Seite gibt es Bestrebungen, auf der westlichen Seite einen

ähnlichen Kanal zu errichten. Die Zuflüsse der östlichen Wadis werden fast alle zur Trinkwasserversorgung und Energiegewinnung aufgestaut. Es finden sich in Jordanien die König-Talal-Staumauer am Jabbok, die Wala Staumauer am Wadi Wala und die Mujib-Staumauer im Wadi Mujib sowie die Tannur Staumauer am Wadi Hassi südlich des Toten Meeres (siehe Abb. A20).

Um dem sinkenden Wasserspiegel im Toten Meer entgegenzutreten, gibt es schon länger Überlegungen, entweder aus dem Mittelmeer oder aus dem Roten Meer zusätzliches Wasser einzuleiten. Dafür müssten aufwändige Kanäle gebaut werden, und es ist trotz zahlreicher Studien zum Thema fraglich, ob die unterschiedlichen Wasserzusammensetzungen chemisch und ökologisch verträglich wären. Trotz anhaltender Spannungen in der Gegend unterzeichneten Israel, Jordanien und die

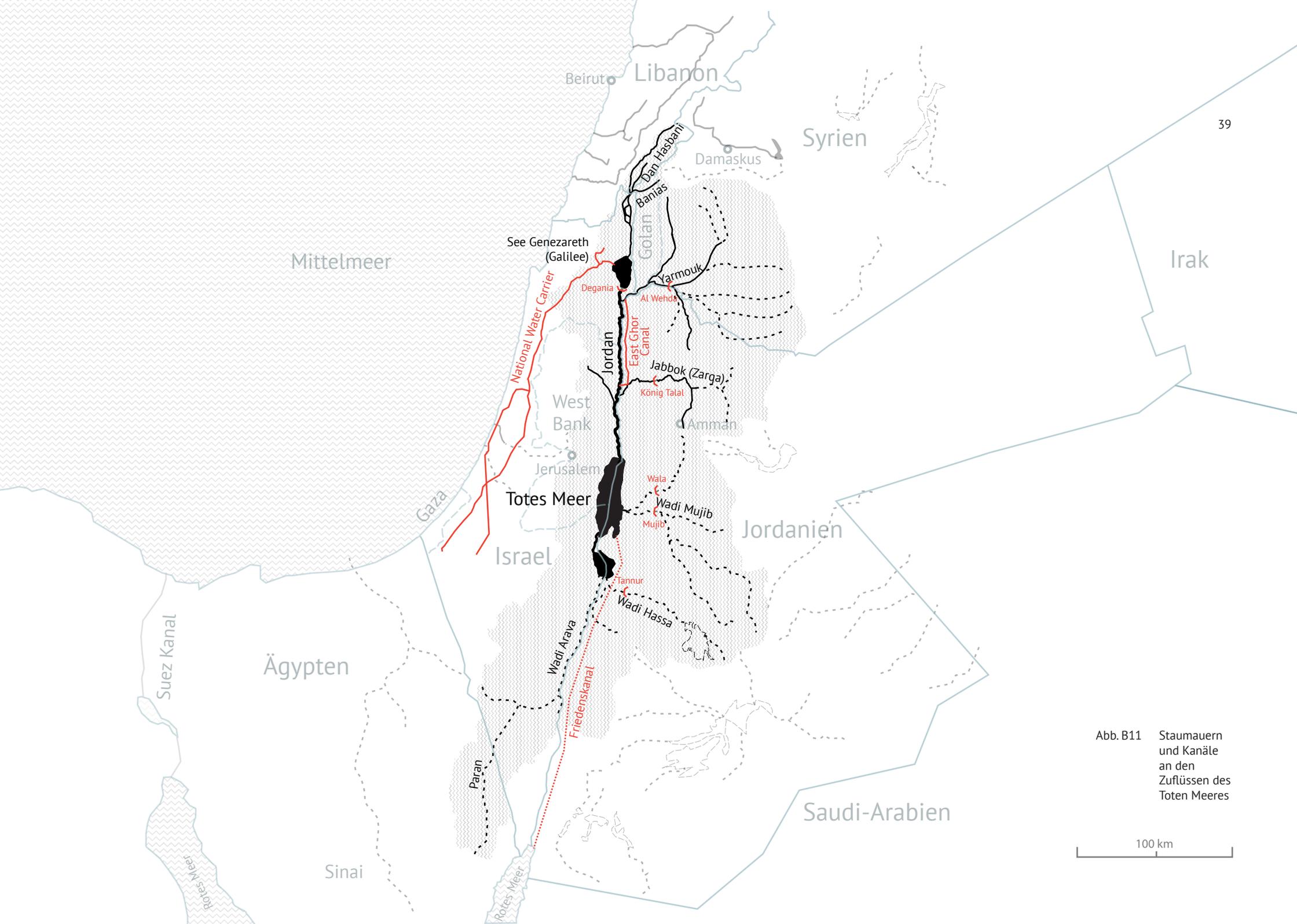


Abb. B11 Stau Mauern und Kanäle an den Zuflüssen des Toten Meeres

100 km

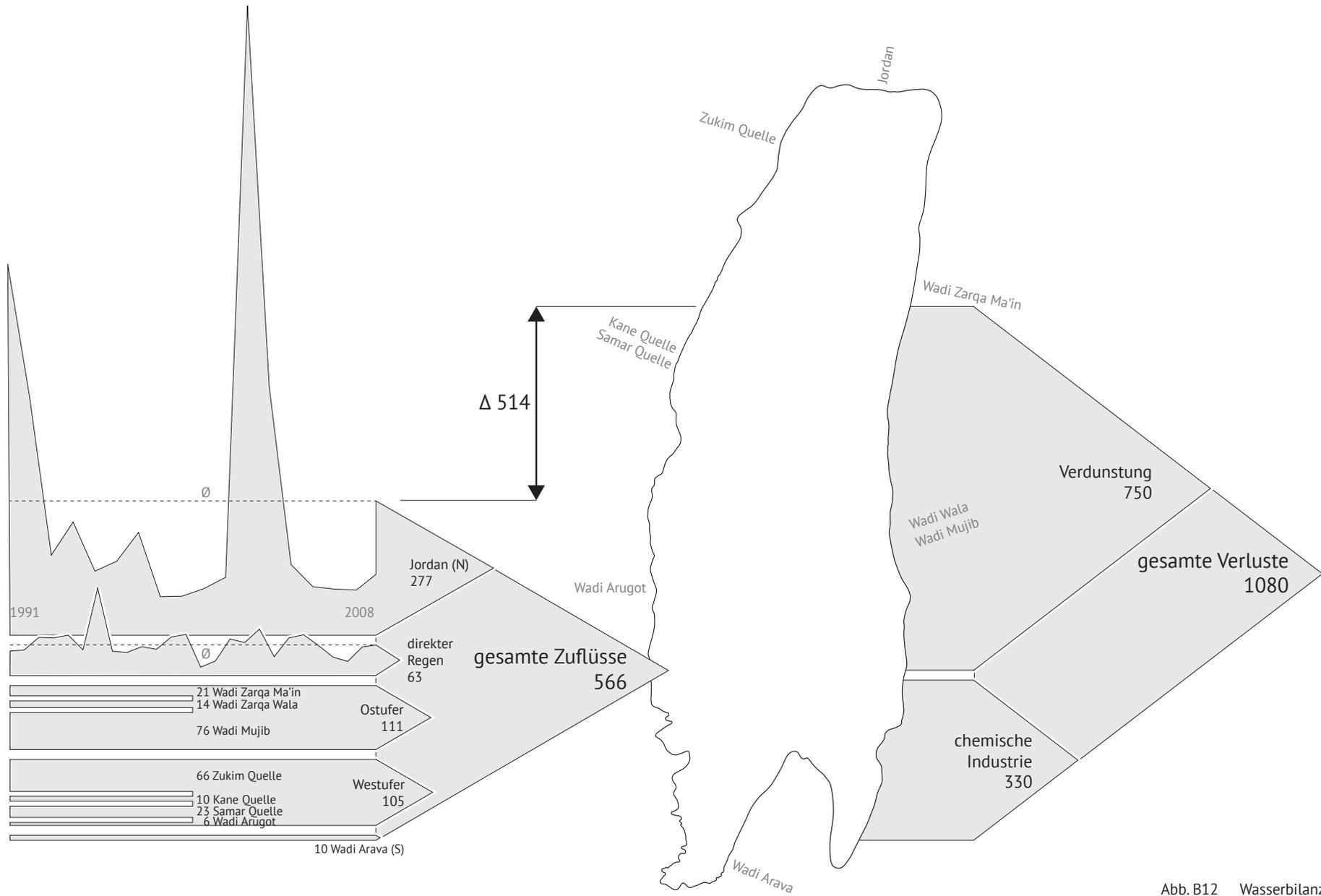


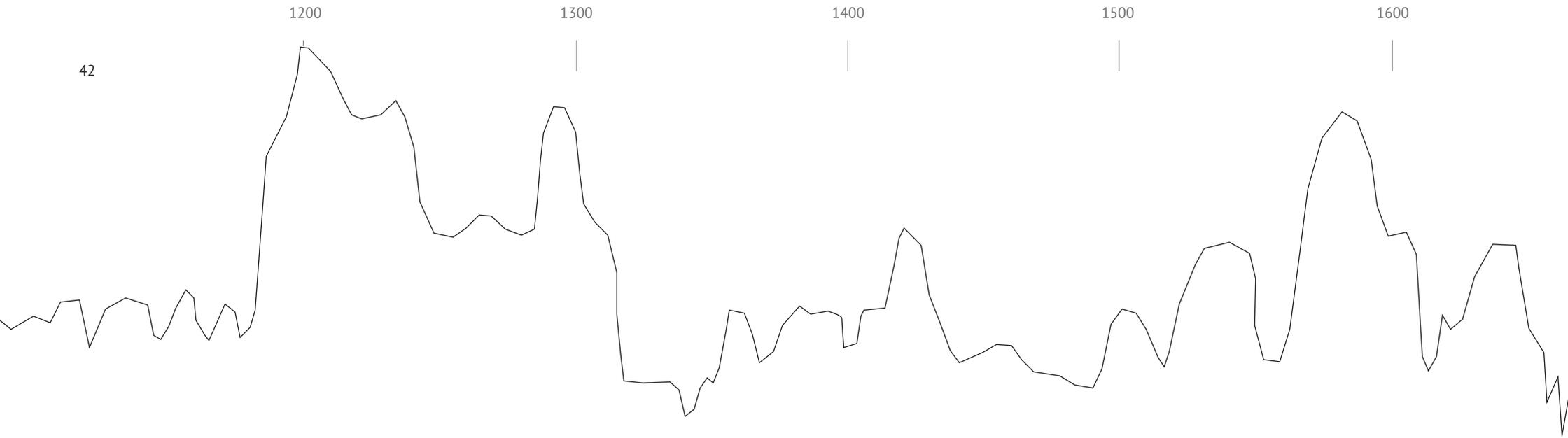
Abb. B12 Wasserbilanz des Toten Meeres, Zahlen in Millionen m³

Palästinensische Autonomiebehörde im Jahr 2005 ein Übereinkommen zum Bau des sogenannten "Friedenskanals" zwischen dem Golf von Akaba im Roten Meer und dem Toten Meer. Auf der Distanz von 180 km müsste das Wasser zuerst 100 Höhenmeter hochgepumpt werden, anschließend könnte jedoch das natürliche Gefälle auch zur Erzeugung von elektrischem Strom genutzt werden. Neben der Einleitung ins Tote Meer sind auch Entsalzungsanlagen zur Trinkwasserversorgung vor allem in Jordanien und im Westjordanland vorgesehen. Dieses Projekt ist jedoch noch nicht realisiert und angesichts anhaltender Spannungen in der Region ist es fraglich, ob es jemals zu einer Umsetzung kommen wird. Die wissenschaftliche Kritik betrifft vor allem einen möglichen Einfluss auf Korallen im Golf von Akaba durch die Entnahme von Wasser, die chemische Ausfällung von Gips im Toten Meer und die Beeinflussung des ökologischen Gleichgewichts in beiden Gewässern,

zusätzlich zum sehr hohen technischen und finanziellen Aufwand. Kritiker führen ins Treffen, dass eine Steigerung der natürlichen Zuflüsse über den Jordan und die Wadis die einzige nachhaltige Lösung darstellt.

Bis es so weit ist, stellt sich die Wasserbilanz wie in Abbildung B12 dar: den Zuflüssen von 566 stehen Verluste von 1080 Millionen Kubikmeter pro Jahr gegenüber. Beim Zufluss aus dem Jordan und den direkten Regenfällen wurden dabei jeweils Durchschnittswerte aus den Jahren 1991 - 2008 berücksichtigt. Nur in Ausnahmefällen können diese die Verdunstung und Entnahmen der chemischen Industrie ausgleichen, mit einer sich in Richtung eines weiteren Abfalls des Wasserspiegels verstärkenden Tendenz.

Man erkennt in dieser Darstellung auch die bedeutende Rolle des Jordans für die Wasserbilanz des Toten Meeres.

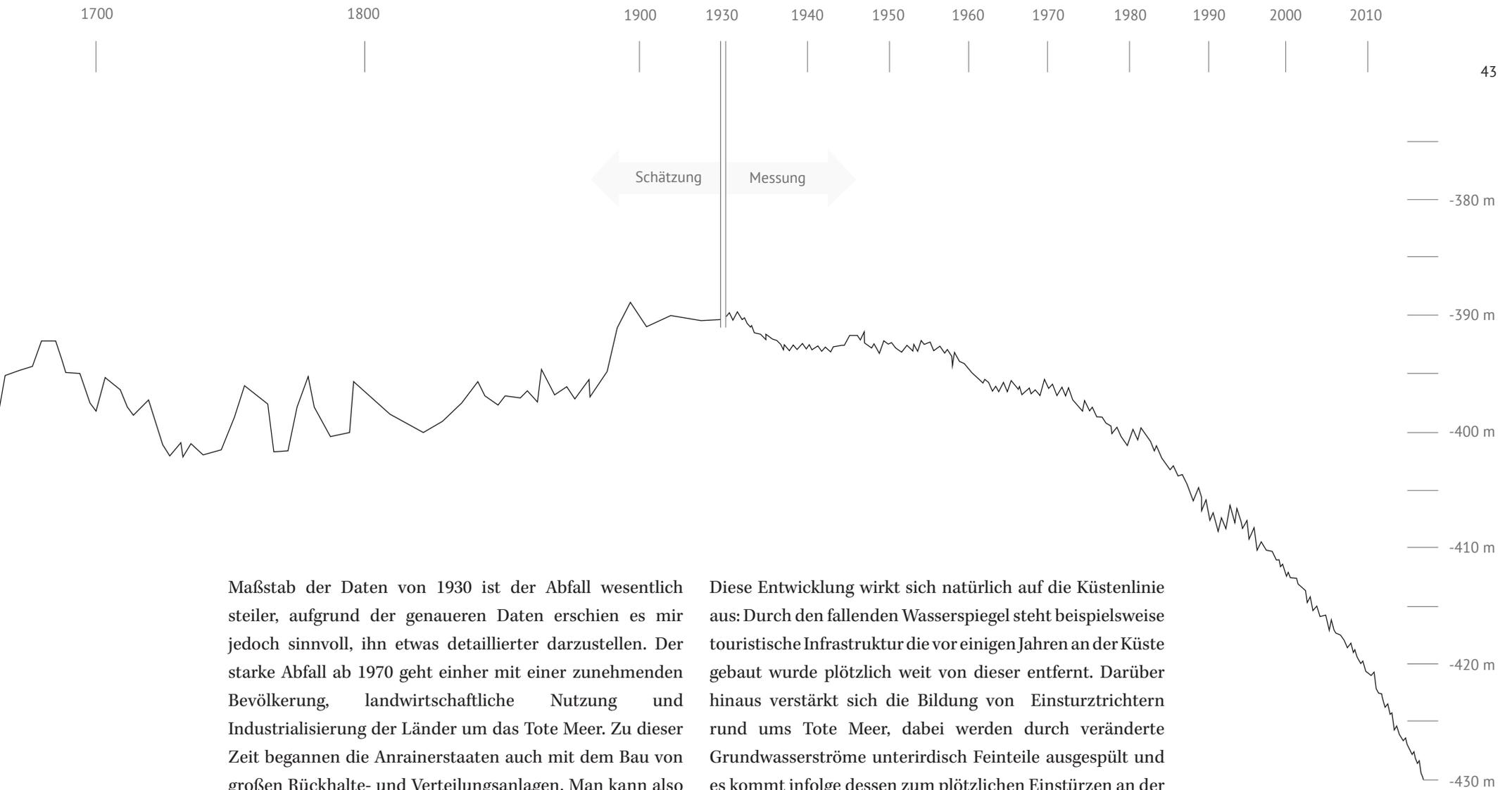


Die Zuflüsse aus den umliegenden Wadis sind aufgrund der errichteten Staumauern ebenfalls stark zurückgegangen. Die Differenz von Zu- und Abflüssen von 514 Millionen Kubikmeter Wasser pro Jahr übersetzt sich direkt in den Wasserspiegelabfall von etwa einem Meter pro Jahr.

Messungen hierzu finden seit 1930 statt, geologische Proben erlauben darüber hinaus Rückschlüsse auf frühere Wasserstände, dargestellt seit dem Jahr 1100 in Abbildung B13 auf dieser Doppelseite. Man erkennt, dass sich zwischen 1100 und 1930 die Pegel auf einem Niveau zwischen -400 m

und -370 m bewegten. Natürliche Schwankungen haben demzufolge in diesem Rahmen immer stattgefunden. Erst ab ungefähr 1970 beginnt der Wasserstand stark abzufallen, schließlich liegt er im Jahr 2017 bei etwa -430 m. Bei einem anhaltenden Verlust von etwa einem Meter pro Jahr wird das Tote Meer in spätestens 300 Jahren ausgetrocknet sein, manche Wissenschaftler sprechen sogar von einer Austrocknung bis 2050.

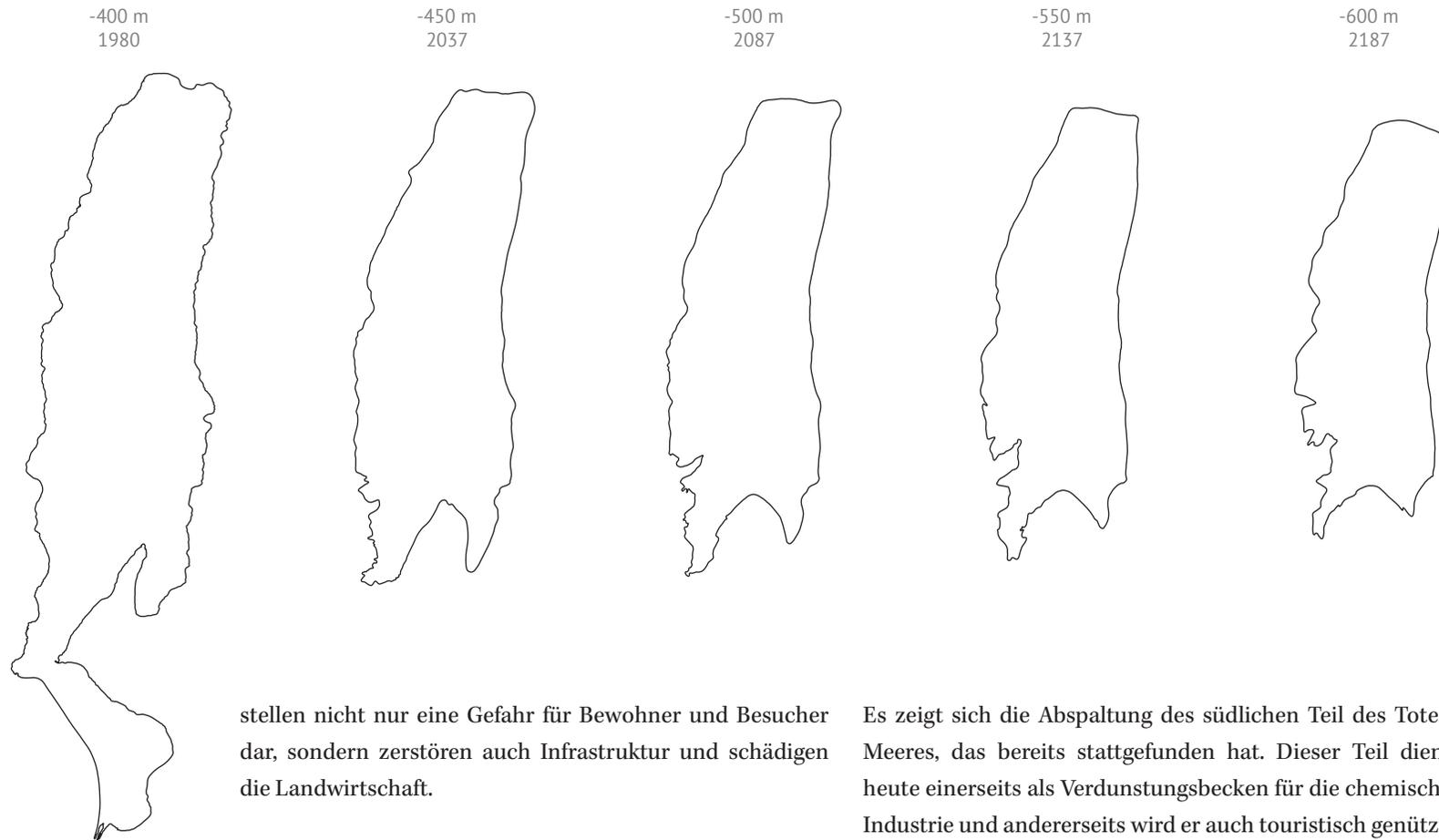
Man beachte in diesem Diagramm die unterschiedliche Skalierung der Zeitachse vor 1930 und nach 1930: Im



Maßstab der Daten von 1930 ist der Abfall wesentlich steiler, aufgrund der genaueren Daten erschien es mir jedoch sinnvoll, ihn etwas detaillierter darzustellen. Der starke Abfall ab 1970 geht einher mit einer zunehmenden Bevölkerung, landwirtschaftliche Nutzung und Industrialisierung der Länder um das Tote Meer. Zu dieser Zeit begannen die Anrainerstaaten auch mit dem Bau von großen Rückhalte- und Verteilungsanlagen. Man kann also eindeutig davon ausgehen, dass der menschliche Eingriff in das System zum Sinken des Wasserspiegels führte.

Diese Entwicklung wirkt sich natürlich auf die Küstenlinie aus: Durch den fallenden Wasserspiegel steht beispielsweise touristische Infrastruktur die vor einigen Jahren an der Küste gebaut wurde plötzlich weit von dieser entfernt. Darüber hinaus verstärkt sich die Bildung von Einsturztrichtern rund ums Tote Meer, dabei werden durch veränderte Grundwasserströme unterirdisch Feinteile ausgespült und es kommt infolge dessen zum plötzlichen Einstürzen an der Oberfläche. Die zunehmende Dynamik dieser Entwicklung führt dazu, dass sich heute ums Tote Meer bereits durchschnittlich ein Einsturztrichter pro Tag bildet. Diese

Abb. B13 Entwicklung des Wasserstands 1100- heute



stellen nicht nur eine Gefahr für Bewohner und Besucher dar, sondern zerstören auch Infrastruktur und schädigen die Landwirtschaft.

Auf dieser Doppelseite wird die Uferlinie von 1980 deren Prognosen von 2037 (Wasserstand -450m) bis zum Austrocknen im Jahr 2370 (Wasserstand -730m) ersichtlich.

Es zeigt sich die Abspaltung des südlichen Teil des Toten Meeres, das bereits stattgefunden hat. Dieser Teil dient heute einerseits als Verdunstungsbecken für die chemische Industrie und andererseits wird er auch touristisch genützt. Durch die industriellen Restprodukte hat man es im seichten südlichen Teil sogar mit steigenden Wasserständen zu tun, während im nördlichen Teil der Pegel wie auf den Vorseiten

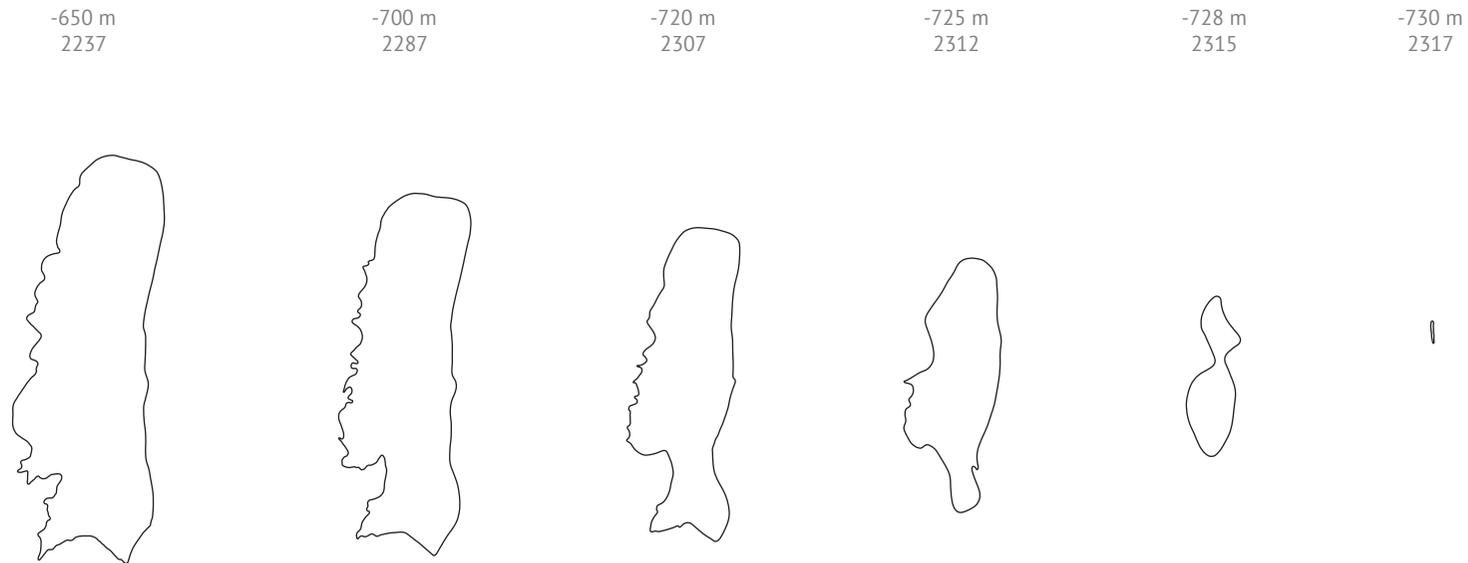


Abb. B14 Entwicklung der Küstenlinie, 1980 - 2317

Abb. B15 Historisch lag der Wasserstand bei -390 m

beschreiben absinkt. Man erkennt an diesen Darstellungen eine relativ steile Küste am östlichen und eine etwas flachere am westlichen Ufer des Toten Meeres (Vgl. auch Abbildung B7 auf den Seiten 34/35). Dazwischen befindet sich eine relativ flache Ebene, die sich in diesem Abschnitt mit einem Höhenunterschied von maximal drei Metern über die Hälfte bis einem Drittel der gesamten Breite erstreckt.

Zuletzt muss angemerkt werden, dass es schwer ist den exakten zeitlichen Verlauf der Küstenlinie und deren Höhe anzugeben. Erstens beruht die Prognose auf der Annahme vom Absinken eines Meters pro Jahr, und zweitens wird es zum Ausfallen von Salzkristallen kommen, die sich dann am Boden ablagern und das Bodenniveau möglicherweise merklich anheben werden.



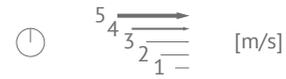
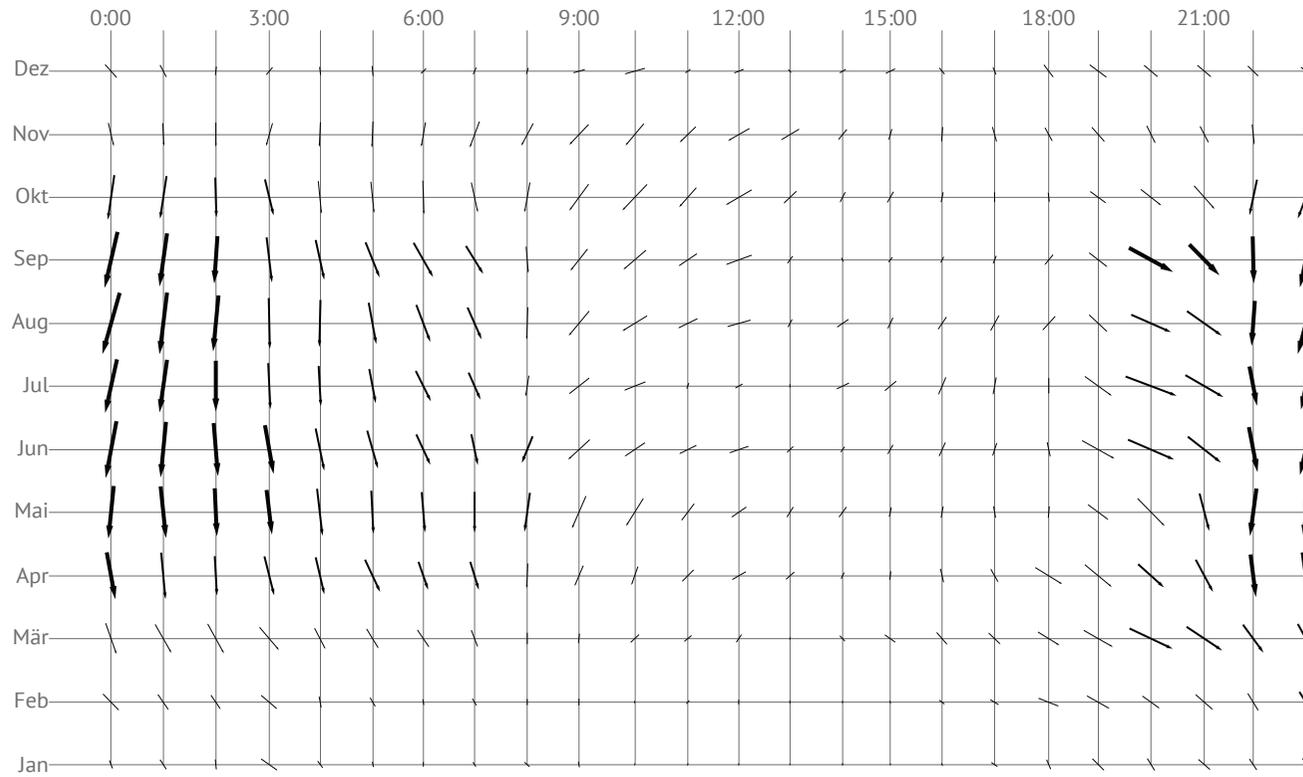


Abb. B16 Wind in Abhängigkeit von Monat und Uhrzeit

Wind

Die Kettenlinien-Konstruktion kann hervorragend ihr Eigengewicht und alle Vertikallasten abtragen, es zeigt sich jedoch eine Anfälligkeit bei Horizontallasten.

In nebenstehendem Diagramm sieht man, dass es starke jahres- und auch uhrzeitliche Schwankungen des Windaufkommens gibt. Die stärksten Windgeschwindigkeiten treten in Sommernächten, zwischen April und September / Oktober zwischen 19:00 und 3:00 nachts auf. Sie haben typische Geschwindigkeiten von 4 bis 6 m/s, können jedoch selten auch Geschwindigkeiten zwischen 10 und 20 m/s erreichen.

Schwieriger vorherzusagen sind Erdbeben, die aufgrund der Lage des Gebiets zwischen zwei tektonischen Platten in langen Zeiträumen recht wahrscheinlich sind.

Bei der geschaffenen Struktur wurde darauf geachtet, sie so zu konzipieren, dass sie diesen Horizontallasten möglichst gut widersteht. Außergewöhnlich starken Erdbeben wird sie jedoch genauso wenig standhalten wie jedes andere Bauwerk.

Ⓑ Kristalle

crystals

Als Kristallisation bezeichnet man den chemisch-physikalischen Vorgang bei dem sich in Lösung befindliche Atome, Ionen oder Moleküle (beispielsweise Salze) verfestigen. Dabei bilden sie Kristalle aus, die abhängig von zahlreichen Parametern ihre Gestalt teils erheblich ändern können. Der umgekehrte Vorgang, also der Übergang von festen Kristallen in gasförmige oder flüssige Form oder in Lösungsmitteln wie beispielsweise Wasser wird als Lösung bezeichnet.

Eine grundlegende Eigenschaft von Kristallen ist, dass seine Bestandteile - Atome, Ionen oder Moleküle - bei der Verfestigung eine regelmäßige Anordnung einnehmen. Dieser Vorgang kann beim Phasenwechsel von einem Material passieren, beispielsweise dem Gefrieren von Wasser zu Eis oder Schnee, es kann aber auch unter Beteiligung eines Lösungsmittels passieren, zum Beispiel

wenn das Lösungsmittel Wasser in einer Saline zum Verdampfen gebracht wird und sich gelöstes Salz als Salzkristall verfestigt.

Es ist fast unmöglich, diesen Kristallisationsvorgang präzise zu steuern, da er von vielen Parametern abhängt, deren kleinste Änderung schon zu gänzlich anderen Ergebnissen führen können. Die wichtigsten Einflüsse auf die Gestalt eines Kristalls üben folgende Einflussgrößen aus: atomare bzw. molekulare Zusammensetzung des Kristalls und des Lösungsmittels, Temperatur und Temperaturveränderung der Lösung bzw. Schmelze, Druck, Beimengungen und Verunreinigungen, Menge und Beschaffenheit von Kristallisationskeimen, Oberflächenstruktur von verwendeten Utensilien, Vibrationen und Bewegungen sowie die Kristallisationsgeschwindigkeit. Beim Arbeiten mit Kristallen können also wenig präzise Vorhersagen getroffen



Abb. C1 Kristallisation
am Ufer des
Toten Meeres

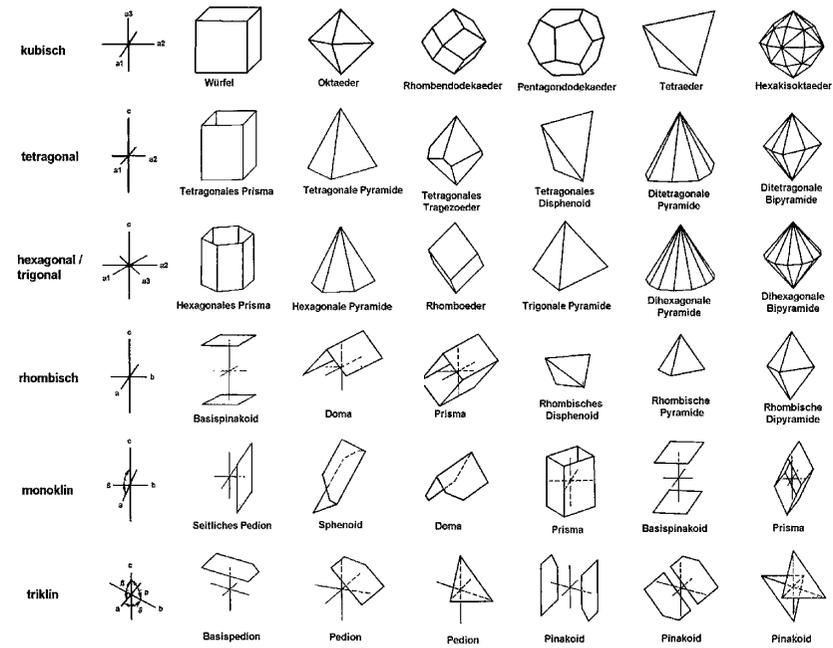


Abb. C2 Geometrie der Kristallisation

werden, zu hoch ist der Einfluss jedes einzelnen Parameters. Selbst bei sehr ähnlicher Versuchsanordnung können die erzielten Ergebnisse stark variieren, beispielsweise aufgrund einer Reaktion mit einer nicht sichtbaren Verunreinigung. Die einzige Möglichkeit, belastbare Aussagen über Kristalle zu treffen, führen also über Experimente unter den exakt selben Bedingungen.

In einer (nicht existierenden) perfekten Welt nehmen die Kristalle geometrische perfekte Formen an, die sich an der Geometrie ihrer molekularen Bestandteile zueinander orientieren. In Lösung oder in flüssigem Zustand bewegen sich diese einzelnen Bestandteile noch frei im Raum. Erst wenn die Lösung ihren Sättigungspunkt überschritten hat - sich also mehr gelöste Teile in ihr befinden als das Lösungsmittel unter den jeweiligen Bedingungen aufnehmen kann - beginnen die Elemente damit, ein gemeinsames

geometrisches Gitter zu bilden.

Dieses beruht auf einer geometrischen Ordnung auf atomarer Ebene, die sich aus elektrochemischen Anziehungs- und Abstoßungsreaktionen ergibt. Die grundsätzlich möglichen kristallinen Formen sind links in Abb. C2 dargestellt. Häufig kommt es infolge von Mischungen unterschiedlicher Bestandteile und Verunreinigungen zu Mischformen, die Charakteristika mehrerer Systeme in sich tragen. Kristallisiert nur ein einziger Stoff unter idealen Bedingungen, übersetzt sich das molekulare Gefüge direkt in geometrisch ähnliche großmaßstäbliche Kristalle indem sich die aus der Lösung kristallisierenden Teile ganz geordnet gruppieren. Kommt es nun zum Beispiel aufgrund von Vibrationen zu einer Unterbrechung dieses Vorgangs entstehen Imperfektionen, die oft das Erscheinungsbild von Kristallen maßgeblich prägen. Nachdem es für diese

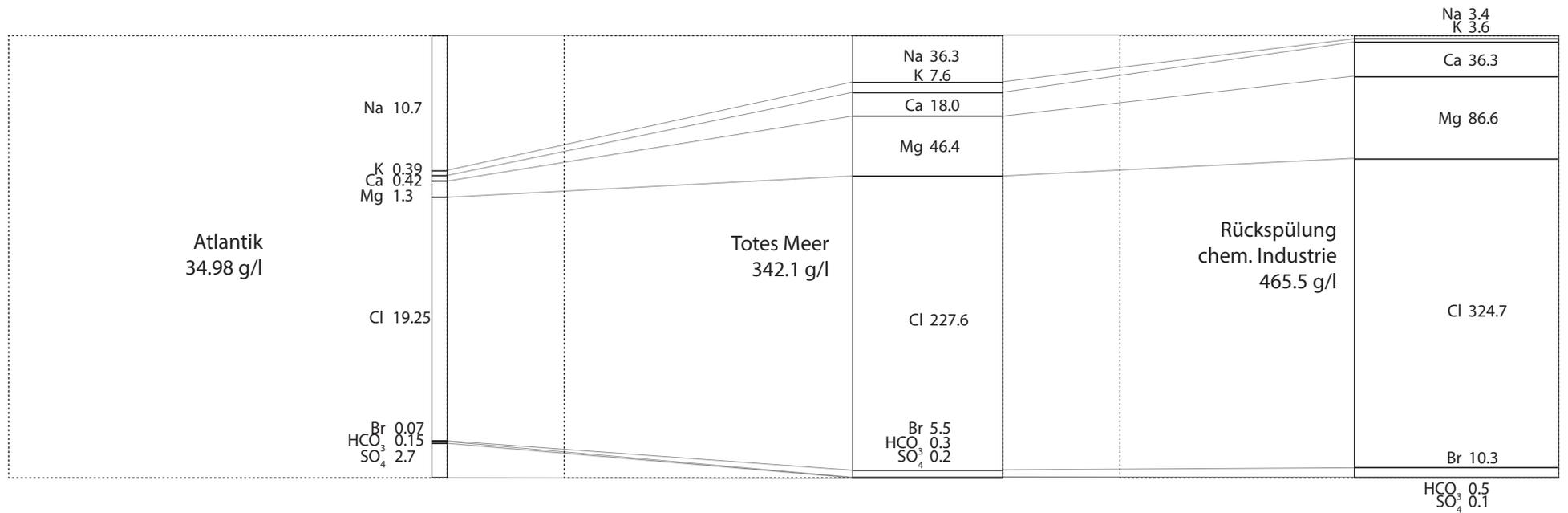


Abb. C3 Mineralanteile
 Atlantik
 Totes Meer
 Rückspülung
 chem. Industrie
 [g/l]

1. Chemie des Toten Meeres

Projekt so viele unbekannte Einflussgrößen gibt, ist wohl die einzige Möglichkeit, Gewissheit zu erlangen, das Projekt am vorgesehenen Ort umzusetzen. Es gibt jedoch einige Fakten, die es realistisch erscheinen lassen, dass das Projekt wie angedacht funktioniert.

Die chemische Zusammensetzung des Toten Meeres unterscheidet sich wesentlich von der anderer Meere, die über den Globus verteilt eine sehr ähnliche mineralische Zusammensetzung aufweisen. Die Weltmeere haben einen Salzgehalt von etwa 3,5 %, das Mittelmeer und das Rote Meer etwas darüber - die Ostsee und das Schwarze Meer deutlich darunter. Natürlich gibt es auch hier (zum Beispiel an Flussmündungen) Schwankungen, im Großen und Ganzen sind diese Werte jedoch relativ konstant. Im Toten Meer hingegen findet sich ein Mineralanteil von durchschnittlich 34,2%, deshalb weist es auch eine höhere Dichte von 1,24 kg/l auf und ermöglicht durch den höheren Auftrieb Menschen ein müheloses Schweben an der Oberfläche.

Diese Minerale werden wirtschaftlich verwertet und dafür



Abb. C4 Sigalit
Landau:
Salt
Bride

im durch das Absinken des Wasserspiegels abgetrennten südlichen Teil des Toten Meeres in Verdunstungsbecken eingeleitet. Aus dem Konzentrat werden anschließend in industriellen Anlagen Kalisalz KCl, Magnesium- und Brom-Produkte gewonnen, und die restliche Sole wird in den nördlichen Teil des Toten Meeres zurückgepumpt (siehe Abb. C3).

Durch die veränderte chemische Zusammensetzung können Moleküle als Mineralniederschläge ausfallen, dies ist in der Vergangenheit immer wieder schlagartig passiert und wird auch als einer der Kritikpunkte an der Zuleitung von Wasser aus dem Roten Meer (mit anderer chemischer Zusammensetzung) ins Treffen geführt. In kleinem Umfang, wurde diese Gefahr bereits wissenschaftlich untersucht, es fehlen jedoch großmaßstäbliche Experimente um Gewissheit zu erlangen.

Die israelische Künstler Sigalit Landau hat über die Jahre die unterschiedlichsten Gegenstände im Toten Meer versenkt und sie einige Zeit später wieder an Land geholt um sie international auszustellen. Neben einem Cello, Schuhen, Lampen, Ketten, Fischernetzen, Fahrrädern und Fahnenmasten fand dabei ein Objekt besondere Beachtung:

ein im Jahr 2014 versenktes Brautkleid, auf das sich in den zwei Jahren bis 2016 wie auf den Fotografien in Abb. C4 zu erkennen ist, eine etwa 2 cm starke Salzkruste abgelagert hatte. Dabei beginnt die mit "Salt Bride" betitelt Skulptur als schwarzes Kleid, das erst allmählich zum weißlich glänzenden Brautkleid wird. Die Künstlerin kollaborierte mit dem Fotografen Yotam From um diesen Transformationsprozess festzuhalten. Man kann an ihm erkennen, dass es sehr realistisch ist, von Salzablagerungen an im Toten Meer versenkten Objekten auszugehen. Die größte Schwierigkeit lag laut Sigalit Landau darin, die Objekte (und den sie fotografierenden Fotografen) anfangs so zu beschweren, dass sie nicht wie an die Oberfläche trieben.



erste Versuche mit Natriumacetat und Kalialaun

Kalialaun



unterschiedliche Behälter

Bittersalz



Abb. C5
Versuche mit
Kristallen



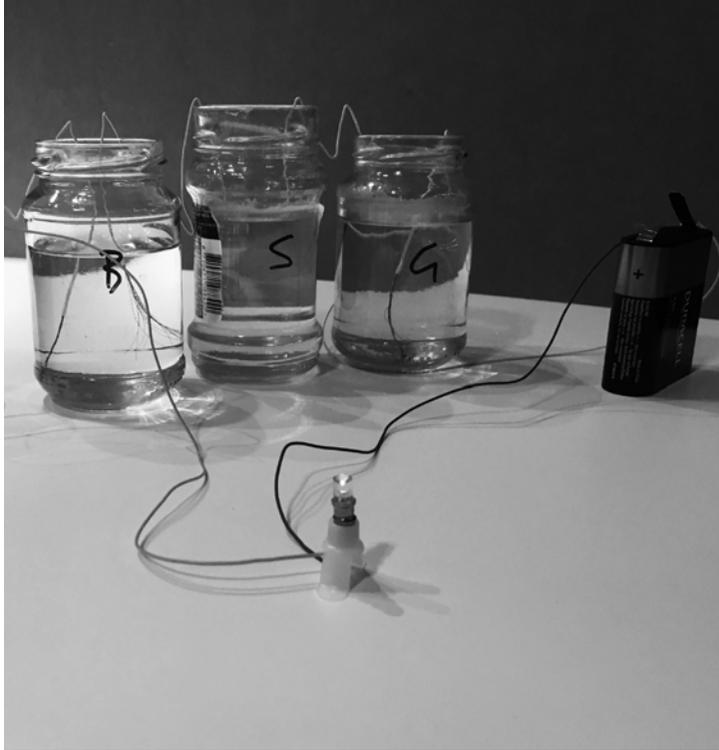
2. Experimente

Zum Sondieren der Gestaltungsmöglichkeiten mit Kristallen habe ich in den letzten Monaten zahlreiche Experimente mit Kristallen durchgeführt. Dabei kamen sowohl unterschiedliche Chemikalien und Lösungsmittel zum Einsatz, als auch unterschiedliche Gefäße, Strukturmaterialien und Methoden.

Als Einstieg diente der Kosmos Kasten "Kristalle Züchten". Danach wurde offensichtlich, dass wesentlich mehr und wesentlich genauere Experimente vonnöten sein würden. Als Salze wurden Kalialaun $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$, Bittersalz $MgSO_4$, Glaubersalz $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ und unjodiertes Speisesalz $NaCl$ verwendet, als Lösungsmittel jeweils destilliertes Wasser, da hier keine mineralische Beimengungen die Ergebnisse beeinflussen.

In einer ersten von insgesamt zehn Generationen an Versuchen wurde das destillierte Wasser jeweils fast zum Sieden gebracht und anschließend so viel der vier Salze darin aufgelöst, bis eine sehr stark gesättigte Lösung entstand. Anschließend wurde diese in Glasgefäße gefüllt, abgedeckt und kühlte ab. Teils nach wenigen Stunden, teils nach Tagen, zeigten sich erste Ergebnisse. Die Salze ändern ihre Löslichkeit teilweise sehr stark mit der Temperatur, bei einigen wie Natriumchlorid jedoch gibt es nur einen sehr schwachen Zusammenhang zwischen Temperatur und Löslichkeit. Ich achtete penibel darauf, keine nicht gelösten Kristalle in der Lösung zu haben, um die Versuchsanordnung nicht durch vorhandene Kristallisationskeime zu verfälschen.

In weiteren Schritten wiederholte ich diese Versuche in Gefäßen aus Metall bzw. Kunststoff. Außerdem wollte ich



Experimente mit Elektrizität
Glaubersalz

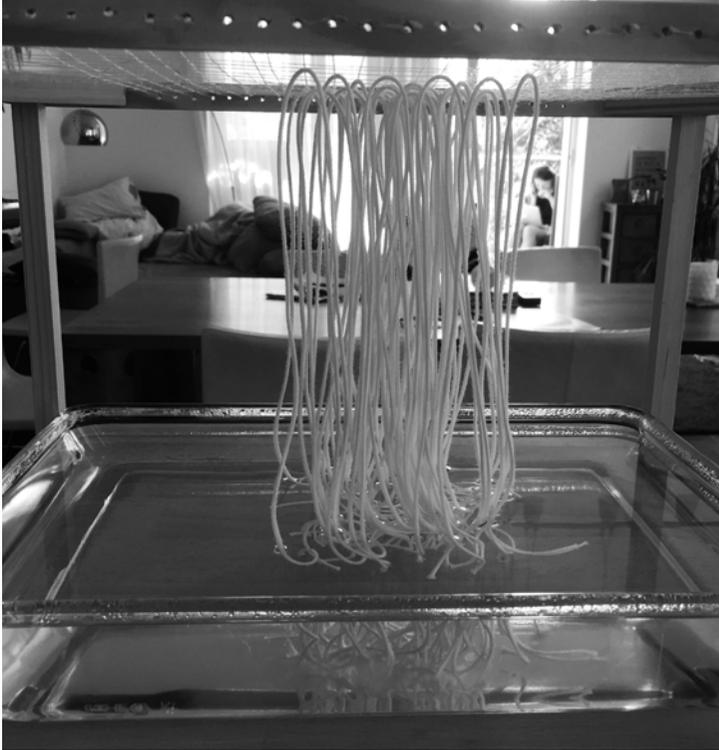


unterschiedliche Fäden
Speisesalz



Abb. C5
Versuche mit
Kristallen





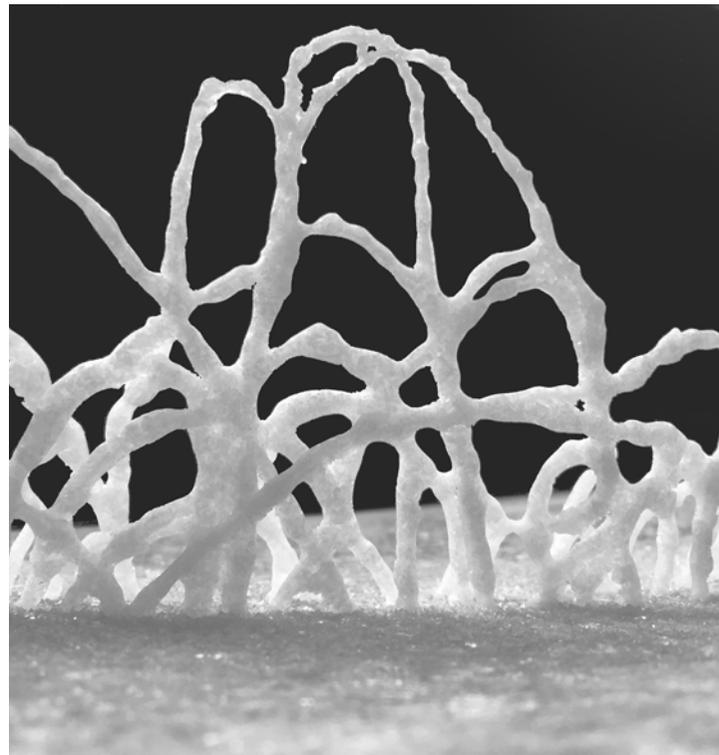
Speisesalz mit Kerzendochten, Resultat S 64 Mitte links bzw. S 66 rechts oben

Garn mit Alaun, Resultat S 64 links bzw. S 66 rechts unten

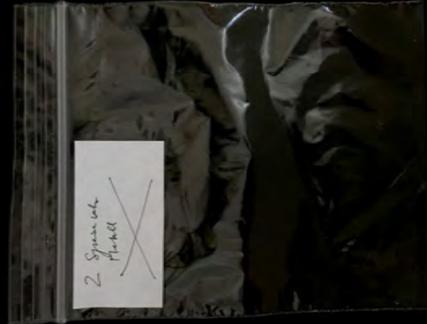
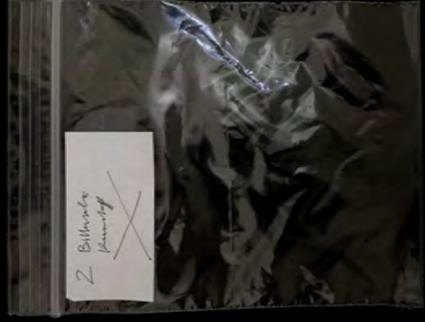


Wollfäden mit Glaubersalz, Resultat S 64 rechts bzw. S 66 links

Alaun gesprüht, Gesamtansicht S 68/69



Cathedral of Climate Change
Material und Methodik





	Kaliumchlorid	Natriumchlorid	Bittersalz	Glaubersalz
Glasbehälter				
Kunststoffbehälter				
Metalbehälter				
Zahnstocheengerüst				
Fäden I				
Fäden II				
Elektrischer Strom				

Abb. C6 Ergebnisse von 7 Experimenten mit jeweils 4 Salzen



Kalialaun



Speisesalz



Kalialaun gesprüht



Glaubersalz

herausfinden, ob sich Kristalle an Gerüsten orientieren, zu diesem Zweck führte ich Zahnstocher und unterschiedliche Fäden in die Lösungen ein. Schließlich hatte ich die Vorstellung, den Kristallisationsvorgang durch elektrischen Strom steuern zu können, was sich leider nicht bewahrheitete. Zusammenfassend kann man sagen, dass sich Kalialaun und Glaubersalz am günstigsten verhalten haben und die schönsten Kristalle formten, Speisesalz und Bittersalz waren meiner Erfahrung nach eher schwierig in der Handhabung. Es zeigte sich, dass das Material des Gefäßes eine untergeordnete Rolle für das Versuchsergebnisse spielte. Außerdem nutzten die Kristalle die Zahnstocher nicht als Ausgangspunkt ihrer Kristallisation sondern kristallisierten gegebenenfalls am Boden der Lösung aus. Auf der nächsten Doppelseite 42/43 sind einige Ergebnisse der Versuche ersichtlich.

Es zeigte sich, dass Fäden eine Möglichkeit darstellen, die

Kristallisation zu bündeln, allerdings in den Fällen von Kalialaun und Glaubersalz hauptsächlich dann, wenn sie in Bodennähe angebracht waren. Natriumchlorid kristallisierte an den Fäden auf gänzlich andere Art: es wurde von saugfähigen Fäden absorbiert und kristallisierte erst über der Flüssigkeit an der Umgebungsluft in ganz feinen Strukturen.

Es folgte eine weitere Testreihe mit vier unterschiedlichen Fäden, die, mehr oder minder saugfähig, unterschiedliche Resultate produzierte. Aus den erfolgreichsten fertigte ich größere Stücke an, die auf Seite 40 unterste Reihe zu sehen sind und als Fotomontagen auf der gegenüberliegenden Seite. Die Kristallisation von Glaubersalz an Wollfäden funktionierte gut wenn man es schaffte sie unter der Wasseroberfläche zu halten (hier mit kleinen Gabeln als Hilfsmittel), ebenso das Zusammenspiel von Seidengarn und Kalialaun. Kerzendocht saugte durch seine starke Kapillarwirkung die Speisesalzlösung



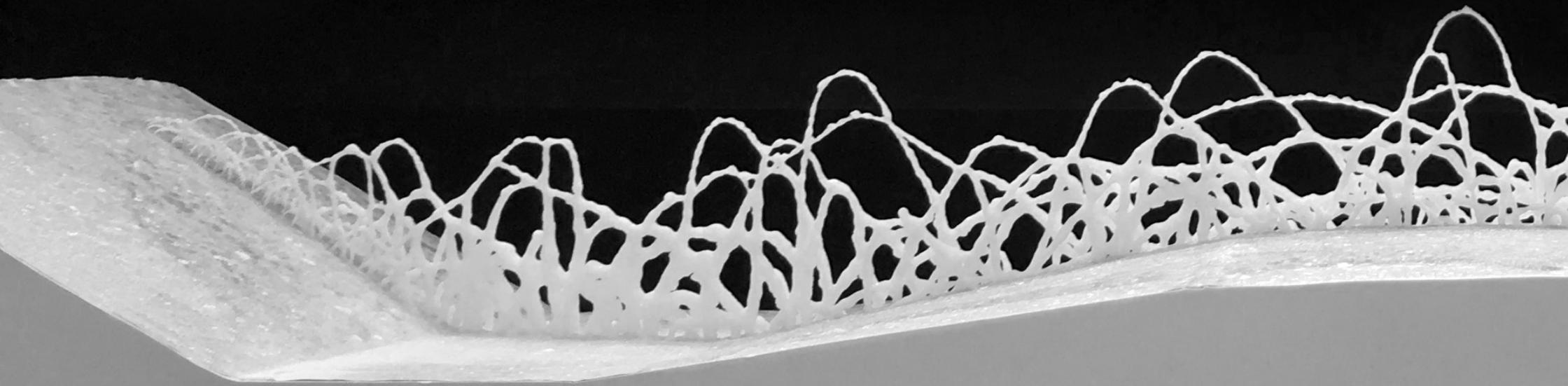
Abb. C8 Fotomontagen
mit
Modellfotos

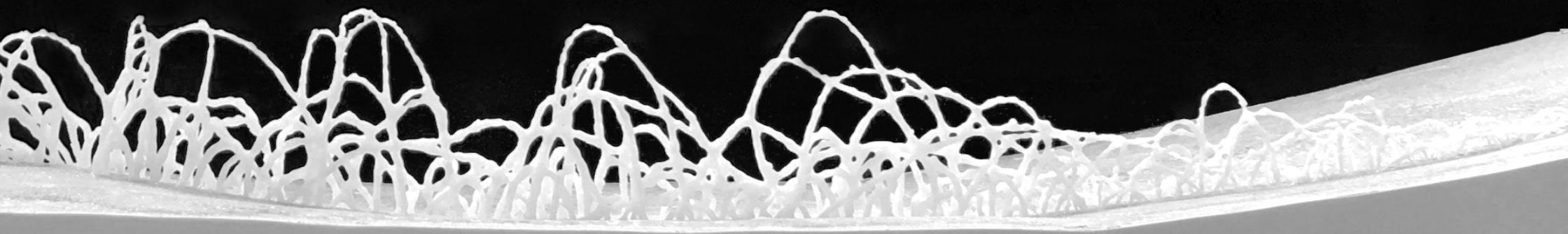
an die Luft wo sie kristallisierte, ich bezweifle jedoch dass so (zumindest in relativ kurzen Zeiträumen) druckbelastbare Strukturen entstehen können.

Nach diesen Versuchen entstand auch die Idee, die Struktur im Toten Meer anzusiedeln. Da die Aussagekraft sämtlicher Versuche natürlich stark von der chemischen Zusammensetzung abhängig ist, stellt sich die Frage wie sinnvoll solche Experimente angesichts einer gänzlich anderen chemischen Zusammensetzung im Toten Meer sein können. Aber ganz abgesehen von der Tatsache, dass ich zum damaligen Zeitpunkt nicht wusste, wohin das Projekt führen würde, ist meiner Meinung nach ein Experiment das echte Rückschlüsse auf die Bedingungen vor Ort zulassen soll, ohnehin nur am Toten Meer selbst sinnvoll.

Sigalit Landau hat hier (siehe S. 38/39) wertvolle Arbeit geleistet, die über das wahre Kristallisationsverhalten ein wesentlich realistischeres Bild abgibt als meine Versuche. Zumindest zum Bau eines Zwischenmodells konnte ich jedoch meine mit Kristallen gesammelten Erfahrungen einbringen, allerdings besprühte ich diesmal hängende Fäden mit einer warmen Kalialaun-Lösung in circa 30 Durchgängen mit Trocknungs-/Kristallisationsphasen dazwischen. Das

Ergebnis dessen ist in Abb. C7 auf der nächsten Doppelseite zu sehen.





④ Ziele der Arbeit

Die vorliegende Arbeit untersucht die Möglichkeit der Umsetzbarkeit einer aus Salz bestehenden Struktur im austrocknenden Toten Meer und schlägt einen Entwurf dafür vor.

Ziel ist es, mit möglichst einfachen Mitteln eine Struktur in diesem einzigartigen Umfeld zu entwickeln, die dem Anspruch das Erbe des Toten Meeres darzustellen, gerecht wird. Dafür ist die intensive Auseinandersetzung mit dem Baustoff Salz und mit damit verbundenen Möglichkeiten der Gestaltung notwendig.

Der Maßstab kann dabei groß sein, nach einer menschlichen Initialzündung durch das Anbringen von Seilen passiert ein Großteil der eigentlichen Arbeit durch den Kristallisationsprozess wie von selbst. Die zeitliche Dimension der Entstehung muss ebenso berücksichtigt

werden wie ein Erosionsprozess, der schließlich nach langer Zeit keine Rückstände zurücklässt.

Die Cathedral of Climate Change muss eine Struktur sein, die stark mit ihrer Umgebung interagiert, schließlich nährt sie sich aus ihr und besteht aus ihren Bestandteilen.

⑤ Cathedral of Climate Change

Die Cathedral of Climate Change ist eine großformatige Raumskulptur. Sie entsteht, wird präsent, verändert während ihrer Existenz ständig ihre Erscheinung und verschwindet schließlich rückstandslos.

Ihre Daseinsberechtigung besteht in der Übersetzung eines sonst nicht direkt sichtbaren Phänomens - des anthropogenen Klimawandels - in eine räumliche Kategorie. "Hacking the Dead Sea" - der Untertitel dieser Arbeit - bezieht sich auf die Tatsache, dass sich das Projekt an bestehende Realitäten anknüpft und sie sich zunutze macht.

Soweit möglich wurden die Ereignisse ums Tote Meer in die Zukunft extrapoliert, eine exakte Beschreibung dieser ist jedoch unmöglich und auch ungewollt. Die Natur und die mit ihr interagierenden Menschen haben bewusst einen entscheidenden Einfluss auf die Entstehung

und den Zerfall der Struktur. Ihr Erscheinungsbild ist ein Indikator für die Vorgänge in der Region. Sie ist mit einfachen Mitteln konstruiert und entwickelt nach einer menschlichen Initialzündung (Positionierung von Seilen) ein eigenständiges Wachstum.

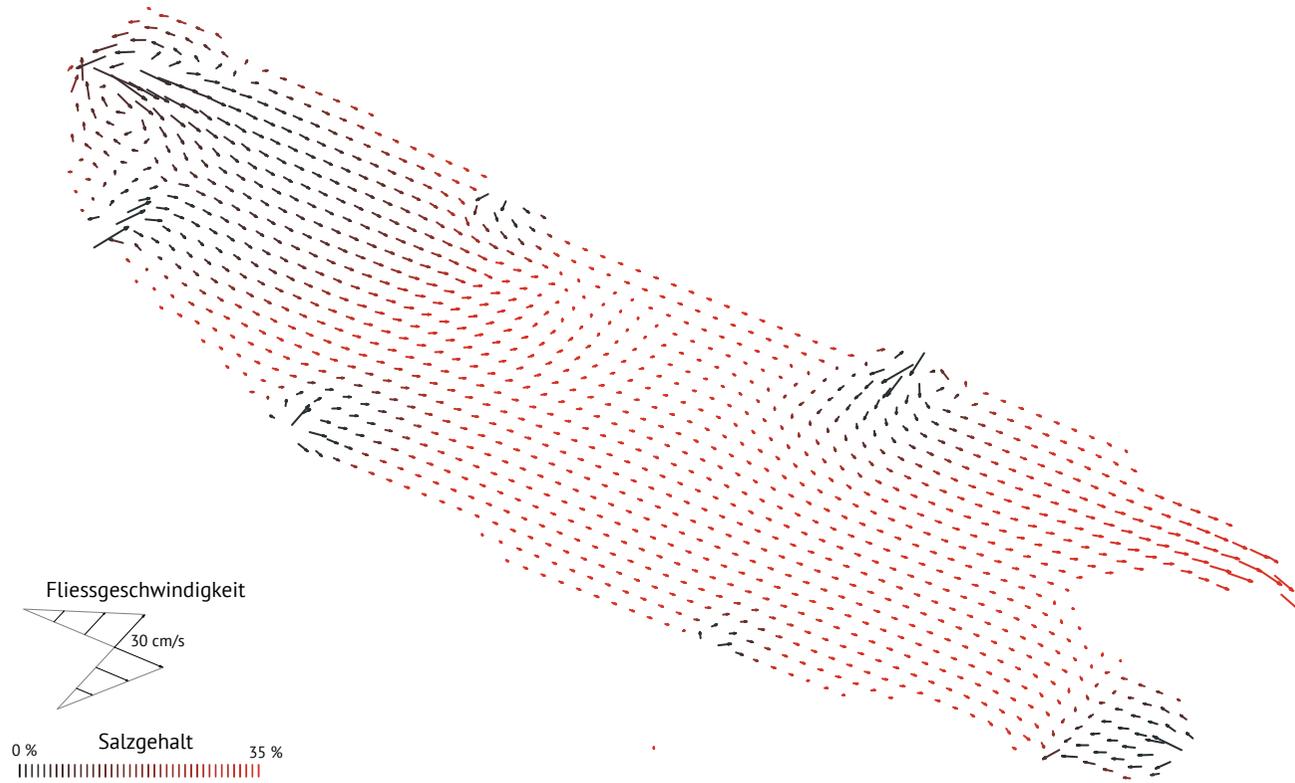


Abb. E2 Strömungen
und
Salzgehalt

1. Strömungsanalyse

Eine mithilfe der Software Autodesk CFD 2017 durchgeführte Strömungsanalyse ermöglicht zweierlei: Erstens erlaubt sie, die Orte innerhalb des Toten Meeres mit einer geringen Strömungsgeschwindigkeit und gleichzeitig einem hohen Salzgehalt ausfindig zu machen, und zweitens kann sie als Formfindungswerkzeug zur Sichtbarmachung der derzeitigen Bedingungen herangezogen werden.

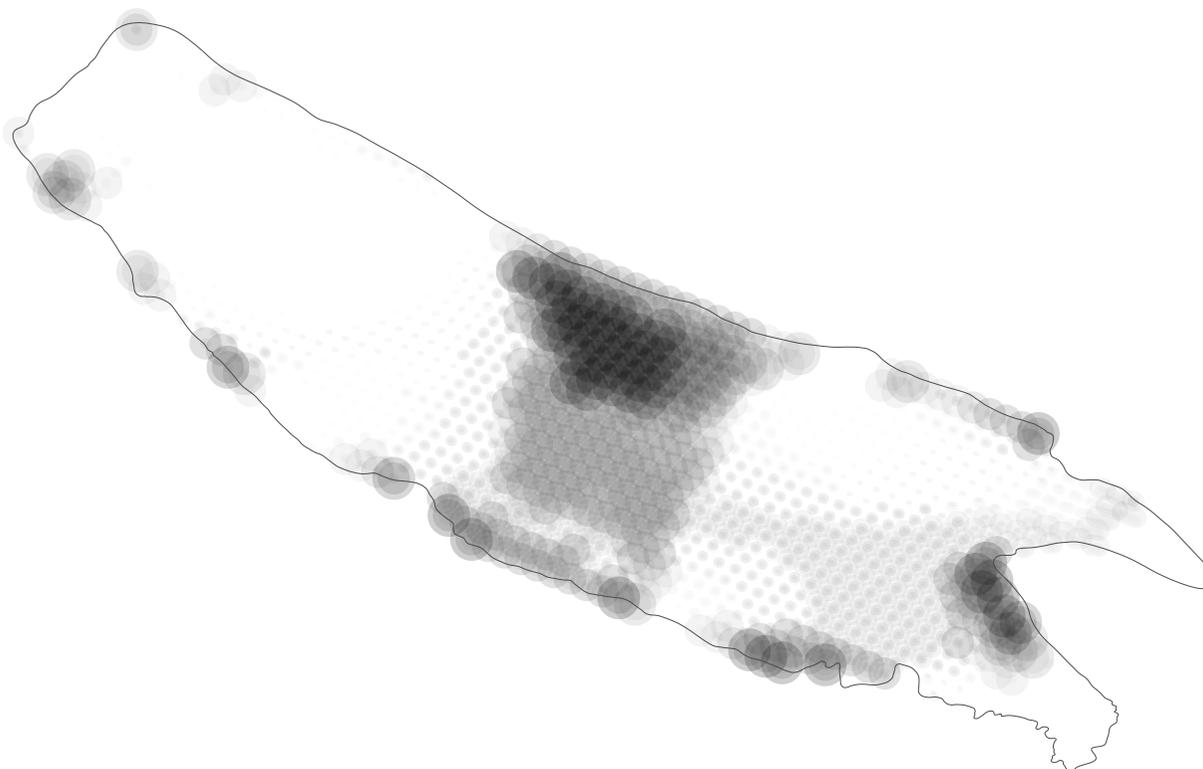
Jahreszeitliche, tageszeitliche sowie durch Wind und Regen beeinflusste Schwankungen mussten vereinfacht werden. Für die vorliegende Analyse wurde ein sommerlicher Tag mit durchschnittlichem Wind aus Norden und Zuflüssen gemäß dem Durchschnitt des Berichts der Weltbank herangezogen (siehe Grafik B16 auf Seite 48). Es ist davon auszugehen, dass die allgemein sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten

kaum Einfluss auf die Kristallisation haben, nur die unmittelbaren Einflüsse von Süßwasser sind zu meiden.

Eine Überlagerung von Salzgehalt- und Geschwindigkeitsparametern auf der nächsten Doppelseite zeigt, dass eine optimale Positionierung der Struktur an der dunkelsten Stelle etwa in der Mitte (in N-S Richtung) und näher am östlichen Ufer erfolgt - etwa an der Stelle wo auch die tiefste Stelle liegt. Abgesehen davon finden sich in großen Teilen des Toten Meeres Bedingungen, die eine schadfreie Kristallisation ermöglichen. Es kann davon ausgegangen werden, dass das auch bei weiter sinkendem Wasserspiegel und sich damit veränderten Verhältnissen so bleiben wird.

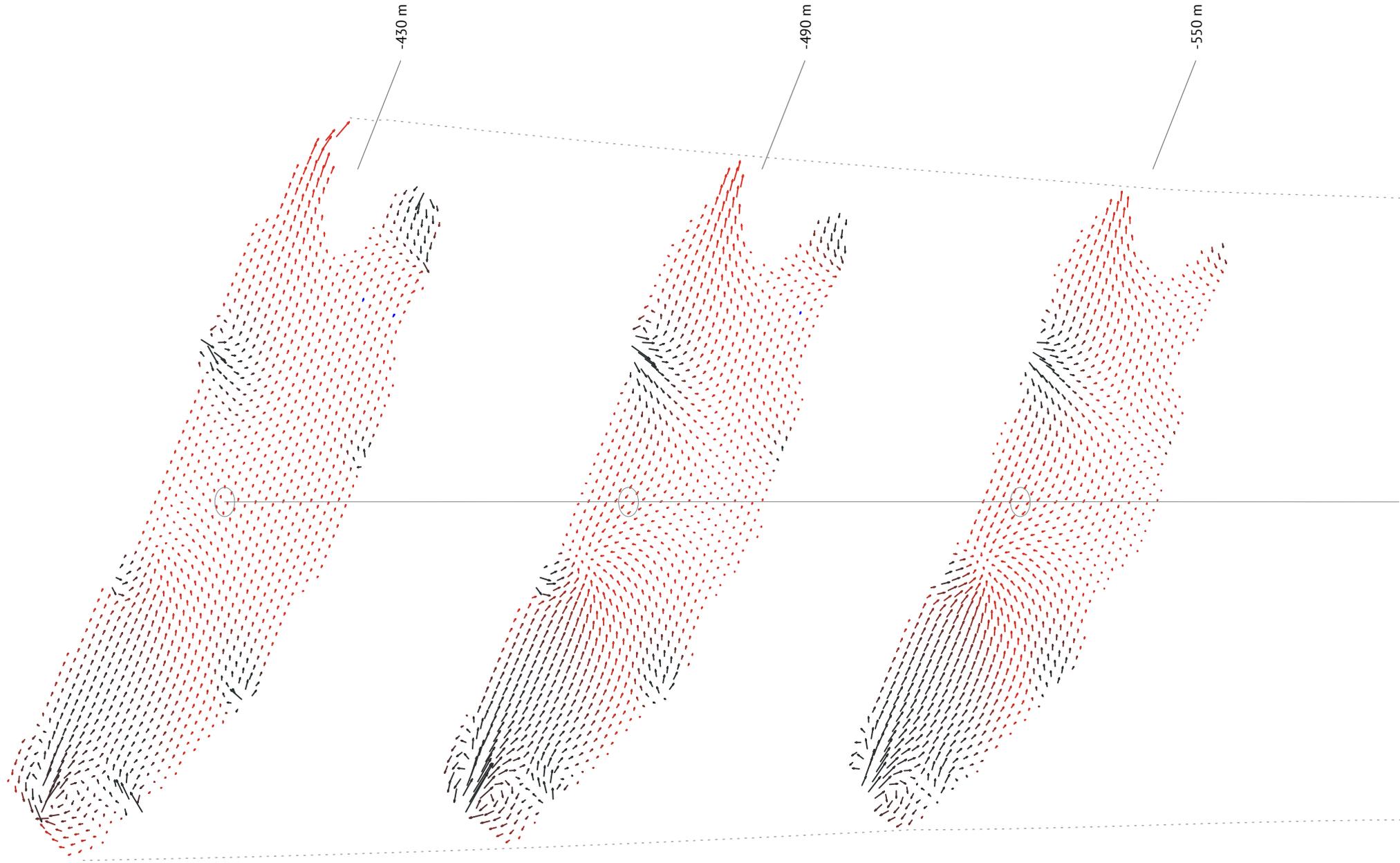


Abb. E3 Eignung als Bauplatz



Cathedral of Climate Change
Resultat

Abb. E4 Überlagerung der
Ergebnisse



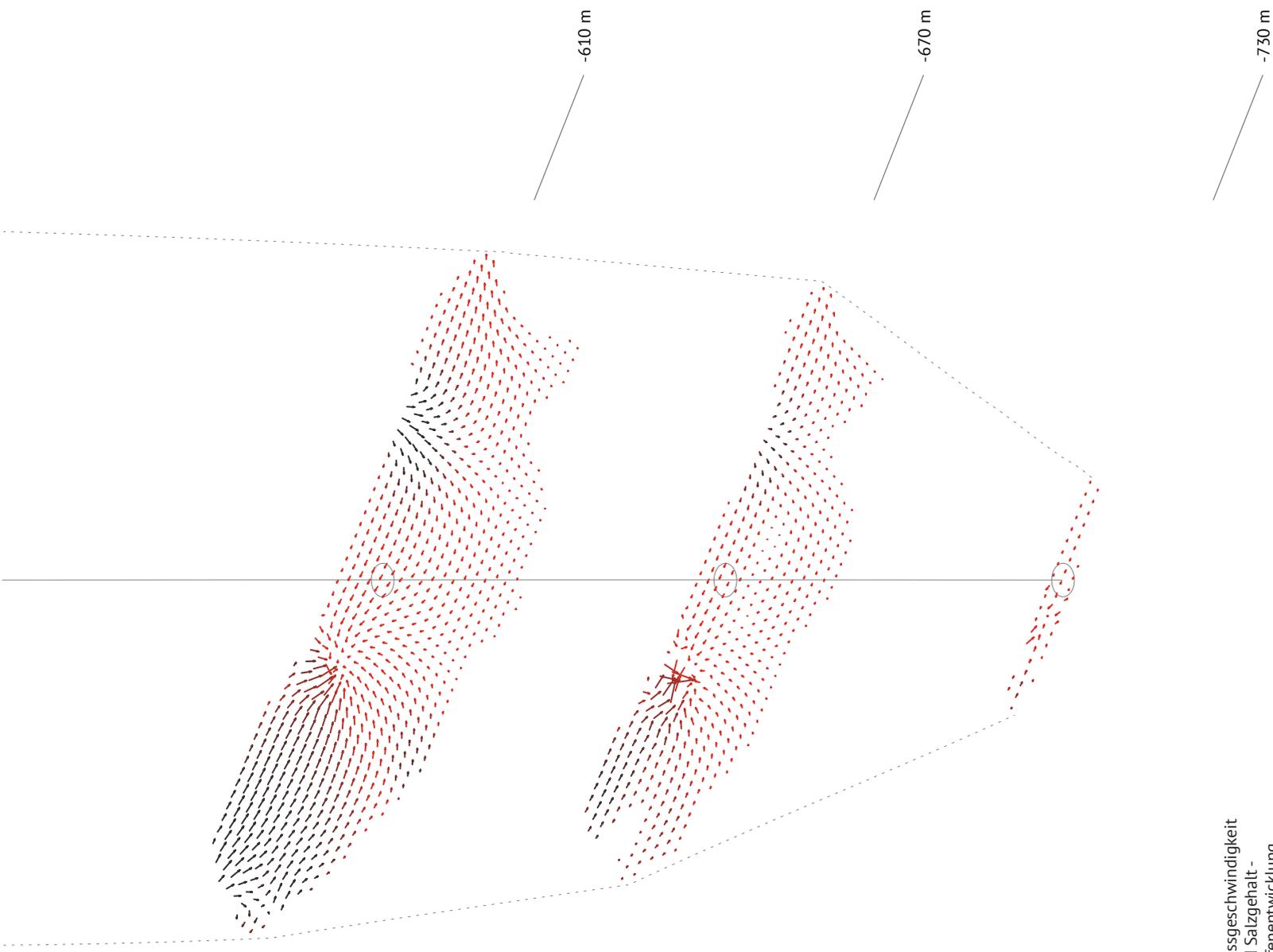
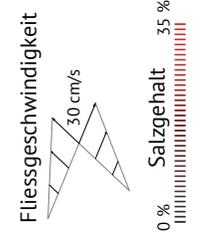


Abb. E5 Fließgeschwindigkeit und Salzgehalt - Tiefenentwicklung



2. Kristallisation und Erosion

Mithilfe des Chemikers Ass.Prof. Dr. Thomas Konegger von der TU Wien gelang es, Annahmen zur Kristallisations- und Erosionsgeschwindigkeit der Minerale im Toten Meer zu treffen. Laut seiner Auskunft, die sich mit den aus Fotos abgeleiteten Werten von Sigalit Landaus Kleid (siehe Abb. C4 auf S. 56) deckt, kann man von einem Kristallisationszuwachs von etwa 10 mm pro Jahr ausgehen. Nachdem der Wasserspiegel unter die Struktur gesunken ist, beläuft sich die Erosion in einem Jahr bei durchschnittlichen Wettereinwirkungen auf 5 mm / Jahr. Aus diesen Annahmen ergibt sich das Diagramm auf der gegenüberliegenden Seite.

Kombiniert man diese Werte mit der Tiefe des Toten Meeres, einem Wasserspiegelabfall von einem Meter pro Jahr und der angestrebten Konstruktionsmethode, so zeigt

sich, dass die Struktur bei vollständiger Austrocknung des Toten Meeres im Jahr 2317 seine maximale Größe erreichen kann: maximal 200 m Höhe mit bis zu 6 m Durchmesser am Boden mit einer Verjüngung nach oben hin.

Bis zu diesem Zeitpunkt wachsen die sich unter der Wasseroberfläche befindlichen Teile der Struktur noch, während die herausragenden bereits erodieren werden. Nach 2317 erodiert die gesamte Struktur bis sie schließlich im Jahr 2917 ganz verschwunden sein wird. Diese Projektion dient als Richtwert und beruht auf einigen vereinfachenden Annahmen, die aufgrund der Unvorhersagbarkeit der Randbedingungen getroffen werden müssen. Die Struktur ist jedoch flexibel konzipiert, um sich vielen möglichen Abweichungen anzupassen.

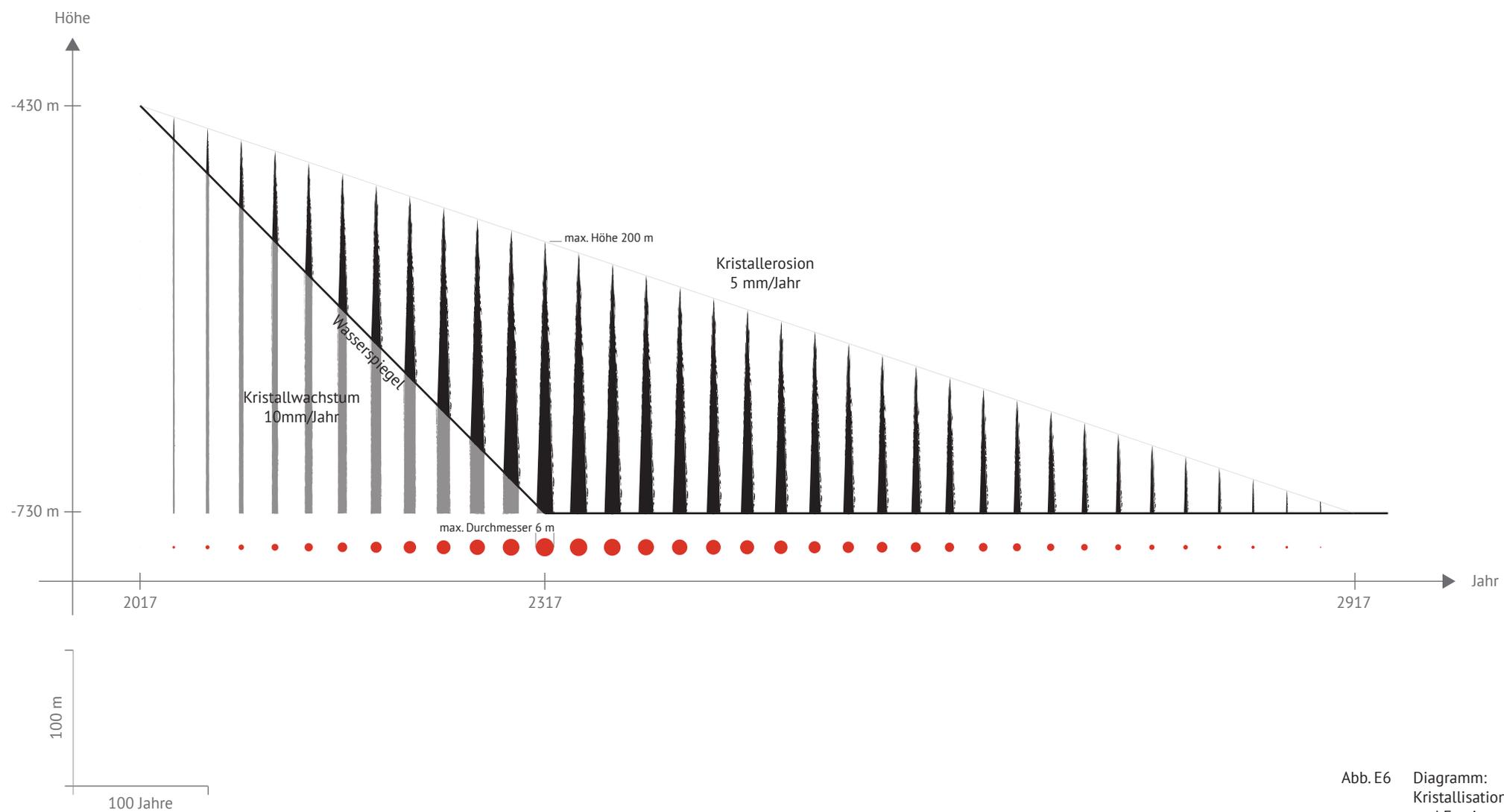


Abb. E6 Diagramm:
Kristallisation
und Erosion

3. Exkurs: Kettenlinien

Über viele Jahrhunderte hat Mathematiker die Frage beschäftigt, welche Form eine Kette annimmt, die sich an ihren Endpunkten befestigt unter ihrem eigenen Gewicht verformt. Diese Form hängt von der Lage der Befestigungen und der Länge der Kette ab, nicht aber von ihrem Gewicht je Längeneinheit.

$$y = a \cosh\left(\frac{x}{a}\right) = \frac{a \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right)}{2}$$

Schon Galileo Galilei beschäftigte sich mit dieser Frage. Er ging von einer Parabel aus, was aber wie Huygens später beweisen sollte, nur eine Näherung darstellt. Gottfried Wilhelm Leibniz und Johann Bernoulli fanden schließlich im Jahr 1690 unter Verwendung der neuen Differentialrechnung eine Lösung zur mathematischen Beschreibung dieser Form. Es zeigt sich, dass die geometrische Figur durch die mathematische Formel für Hyperbelfunktionen abgebildet werden kann. So konnte man dem Rätsel mathematisch beikommen, es dauerte jedoch noch bis man eine weitere

Eigenschaft der Kettenlinie zunutze machte, die zwar bekannt aber mathematisch nicht bewiesen war.

Kettenlinien können zum Entwurf stabiler und materialeffizienter Bögen herangezogen werden. Ein hängendes Seil hat mechanisch die Eigenschaft nur Zugkräfte aufnehmen zu können - zudem ist es verformbar. Es ändert seine Form je nach Belastungszustand, beispielsweise bildet es unter Eigengewicht eine Kettenlinie aus - es ist bestrebt die Last durch gleichmäßige Zugkräfte in Kettenachse aufzunehmen. Ebenso verändert es seine Form infolge von veränderten Lasten oder modifizierter Geometrie.

Spiegelt man nun die erzeugte Form entgegen der Gravitationsrichtung, so zeigt sich, dass die gegebenen Lasten - genau umgekehrt wie im Fall des Seils -

Abb. E7
Mathematische
Formel der
einfachsten
Kettenlinie

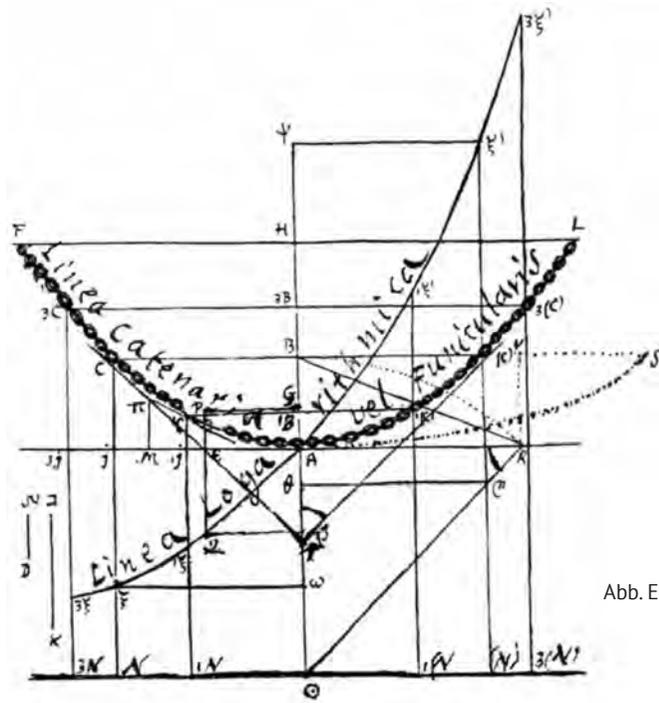


Abb. E8 Geometrische Konstruktion einer Kettenlinie von Leibniz

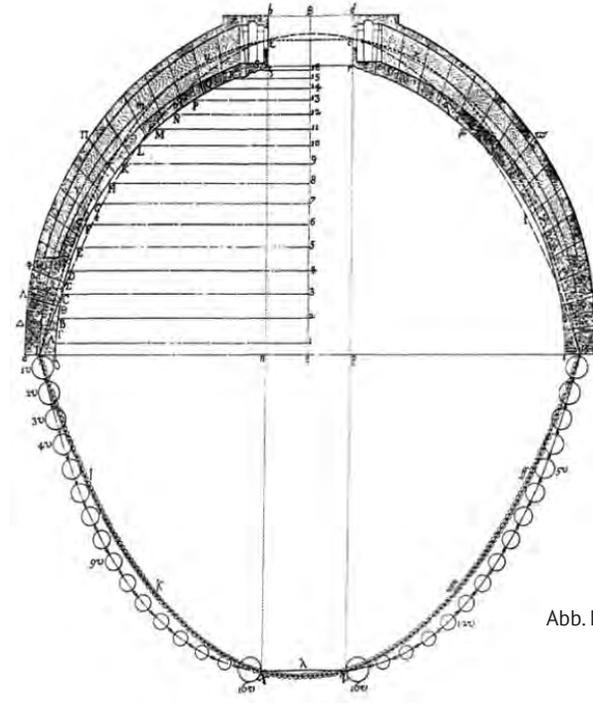


Abb. E9 Analyse der Kuppel des Petersdoms

ausschließlich Druckkräfte verursachen, keine Querkräfte und Momente und somit keine Zugkräfte im Querschnitt. Das ist eine Eigenschaft, die den Eigenschaften sehr vieler Materialien entgegenkommt und so sehr effiziente Strukturen ermöglicht.

Frühe architekturgeschichtliche Beispiele wie das Pantheon in Rom oder gotische Kathedralen, sind in ihrer Formgebung oft nahe an Kettenlinien, es ist jedoch nicht gesichert, ob diese als Formfindungsmethode eingesetzt wurden, oder sich die Form in einem bauhistorischen Optimierungsprozess auf anderem Weg an diese Idealform annäherte.

Nachweislich brachte die Methode 1748 Poleni Padova erstmals zum Einsatz, allerdings nur zur zweidimensionalen Analyse der Kuppel des Petersdoms zum Zweck ihrer Restaurierung (siehe Abb. B3).

160 Jahre später knüpft Antoni Gaudi an diese Ideen an, erweitert sie jedoch entscheidend: er verwendet Kettenlinien als Werkzeug zur Formfindung von

dreidimensionalen Tragwerken und erkennt dabei die Interaktion einzelner Teile: er untersucht das statische Gleichgewicht von Gebäuden in ihrer Gesamtheit. Diese Formoptimierung der Tragstruktur setzt er besonders beim Projekt der Colonia Güell Kirche in einem Vorort von Barcelona um 1910 ein. Im Hängemodell untersucht er die Auswirkung von Änderungen der Fadenlängen (Stützlängen), Gewichtsbelastungen (Lasten) sowie der Geometrie Festpunkte und dem Verhältnis der Bauteile zueinander. Er entwickelt also gewissermaßen eine statisch-diagrammatische Entwurfsmethode. (Abb. E10 und E11)

Natürlich waren damit nicht alle konstruktiven Schwierigkeiten aus der Welt geschafft: Details wie Lasteinleitungsstellen und Verbindungen blieben eine Herausforderung. Außerdem zeigte sich ein bedeutender Unterschied bei der Umkehrung von der zug- zur druckbelasteten Konstruktion: das Auftreten von Stabilitätsproblemen und Ausknicken. Einzelne Bogentragwerke sind zwar in sich in einer stabilen Gleichgewichtslage, bei Umkehrung der Vorzeichen befinden sie sich jedoch plötzlich in einer labilen

Abb. E10 Hängemodell
der Kirche der
Colonia Güell



Abb. E11 Gemauertes
Gewölbe
der Krypta

Gleichgewichtslage und sind anfällig seitlich aus ihrer Ebene zu kippen. Zusätzlich muss das Tragwerk auch Belastungen standhalten, die über das reine Eigengewicht hinausgehen, insbesondere Horizontallasten infolge von Erdbeben oder Wind sowie asymmetrische Belastungen stellen dabei eine Herausforderung dar.

Durch Gaudís Methode entstanden vermutlich die ersten als Faltwerke ausgebildete Wände und HP-Schalen. Auch kann es als Ursprung der Formfindungsmethoden modernen CAD-Systeme angesehen werden, die nach ähnlichen Prinzipien funktionieren.

Später knüpfte Frei Otto an die von Gaudí entwickelten Methoden an und entwickelte diese gemäß den im 20. Jahrhundert verfügbaren Technologien weiter. Unter seinen Bauten finden sich zahlreiche Beispiele für die Anwendung von Hängemodellen und Kettenlinienkonstruktionen unter Einsatz von zahlreichen Baumaterialien. Exemplarisch sei die Multihalle Mannheim angeführt, die zur Bundesgartenschau 1975 als Holzgitterschale konstruiert wurde und heute trotz Denkmalschutz vom Abriss bedroht

bzw. sanierungsbedürftig ist.

All den angeführten Beispielen ist gemein, dass ein Hängemodell als bloßes Formfindungswerkzeug dient und um zum Einsatz gebracht werden zu können zuerst auf den Kopf gestellt und in ein anderes (druckfestes) Material übersetzt werden muss.

Diesen bisher entscheidenden Schritt möchte ich in der folgenden Arbeit erstmals vermeiden. Um das zu erreichen, kehre ich das Prinzip um: Seile sind schwerer als Luft und bilden deshalb eine nach unten durchhängende Kettenlinie aus. Befinden sie sich jedoch in Wasser mit höherer Dichte und stehen unter Auftrieb, so bilden sich dieselben Formen, allerdings nach oben. Schafft man es nun, diese Struktur zu verfestigen, beispielsweise indem sich Kristalle anlagern, bevor der Wasserspiegel absinkt, so kann man mit sehr geringem Aufwand auf direktem Weg sehr große Kettenlinien-Konstruktionen herstellen. Diesen Prozess werde ich in den folgenden Kapiteln beschreiben.

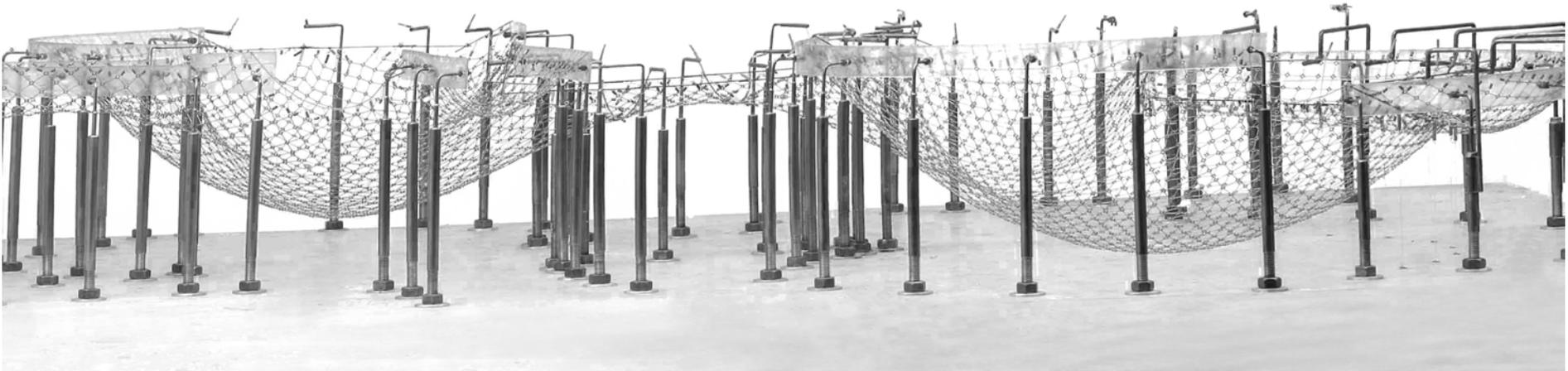
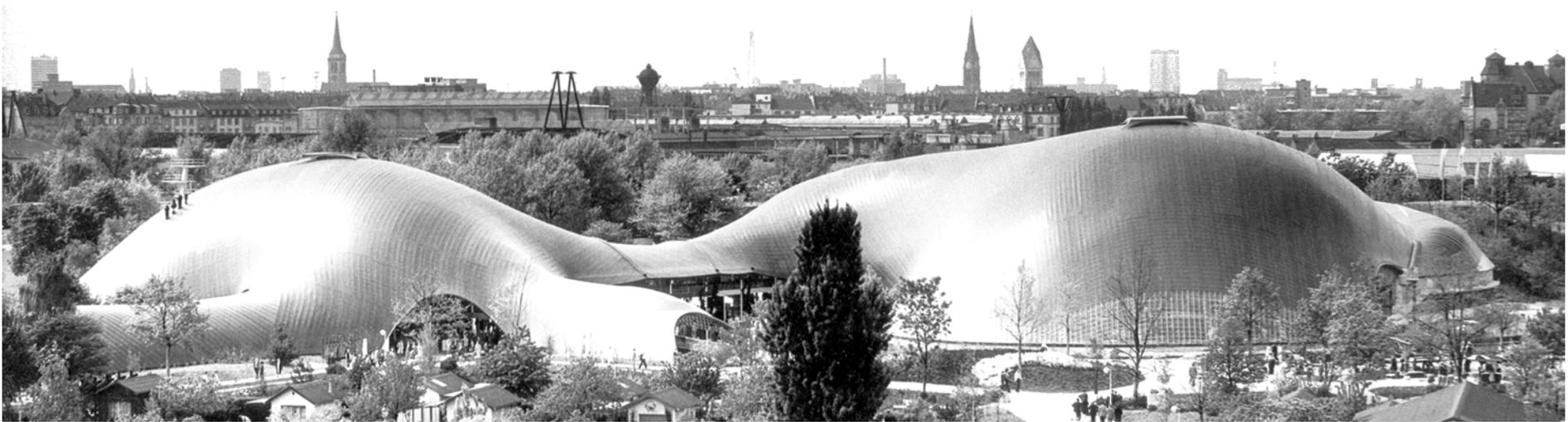


Abb. E12 Vergleich
Hängemodell
und
Ausführung,
Multihalle
Mannheim

4. Festigkeitsuntersuchungen

Um die Einsatzmöglichkeiten von Salzkristallen als Baumaterial abschätzen zu können, wurden Anfang August 2017 am Labor des Forschungsbereichs für Baustofflehre, Werkstofftechnologie und Brandsicherheit der TU Wien mithilfe von Ass.Prof. Karl Deix Festigkeitsversuche durchgeführt.

Die untersuchten Probenkörper bestanden aus im Salzbergwerk Khewra, Pakistan, abgebauten Steinsalzquadern, die hauptsächlich aus Natriumchlorid bestehen. Ihre geologische Entstehungsgeschichte ist der von im austrocknendem Toten Meer entstehender Kristalle nicht unähnlich. In größeren Tiefen nimmt auch hier der Druck zu und führt zu einer zunehmenden Festigkeit der Kristalle. Ausschlaggebend sind aber nicht

nur die Festigkeiten an sich, sondern vor allem Fehlstellen und Verwerfungen im Kristallgitter. Zudem kommt der sogenannte Joffe-Effekt zum Tragen, der einen Einfluss eines umgebenden Lösungsmittels auf die mechanischen Eigenschaften des Salzkristalls beschreibt.

Insgesamt wurden fünf Versuche gemacht, davon vier Druckversuche und ein Biegeversuch. Die ersten drei Druckversuche wurden an Würfeln mit einer Kantenlänge von 4 cm, der vierte an einem stehende Quader von 9,7 x 9,8 x 4,9 cm durchgeführt. Nach dem Zuschneiden der Prüfquader erfolgte eine Glättung der Oberflächen um eine gleichmäßige Lasteinleitung zu erreichen, im Anschluss erfolgte die Prüfung. Es zeigten sich zusammenfassend sehr hohe Druckfestigkeiten zwischen 36 und 45 N/mm²

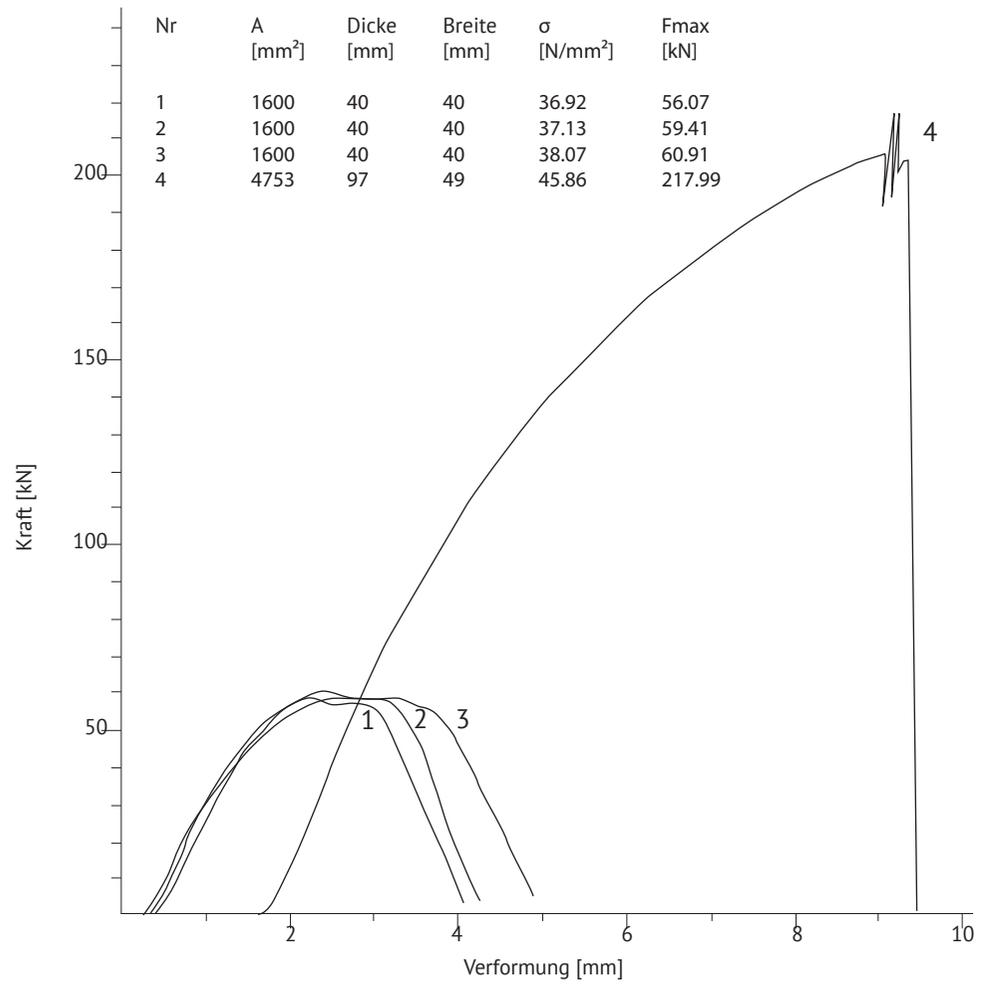


Abb. E13 Diagramm
Druckversuche



Abb. E14 Fotostrecke
Druckversuch

(siehe Kraft-Verformungs-Diagramm rechts). Interessant zu beobachten war auch eine Farbveränderung des Probenkörpers durch die von der zunehmenden Belastung ausgelösten Mikrorisse hin zu einer immer weißeren Erscheinung (siehe Fotostrecke ganz rechts, von unten nach oben). Im Biegeversuch zeigte wie erwartet eine deutlich niedrigere Biegezugfestigkeit von 4.55 N/mm^2 . Das Material versagt hier spontan, mit zunehmender Lastaufbringung kommt es zu geringen Verformungen und einem Spontanbruch wenn die maximale Zugfestigkeit in der äußersten Faser erreicht ist.

Das Material weist laut Karl Deix zusammenfassend hohe Festigkeiten auf, ähnlich denen von unbewehrtem Beton. Es kann wesentlich höhere Druck- als Zugkräfte aufnehmen, eignet sich deshalb vorzüglicher für Kettenlinienkonstruktionen die in erster Linie auf Druck

beansprucht sind. Die eigentliche Belastbarkeit ist vermutlich in stärkerem Maß von Fehlern in der Kristallstruktur als von der Festigkeit des Kristalls an sich abhängig. Es zeigt sich, dass grundsätzlich sehr hohe Festigkeiten erreichbar sind, die das im weiteren beschriebene Projekt realistisch erscheinen lassen. Zusätzlich kann davon ausgegangen werden, dass sich eventuell auftretende Risse mit einer Lösung aus Regenwasser und gelösten Kristallen zum Teil selbst "verkitten" können und somit Schwachstellen immer wieder automatisch ausgebessert werden.

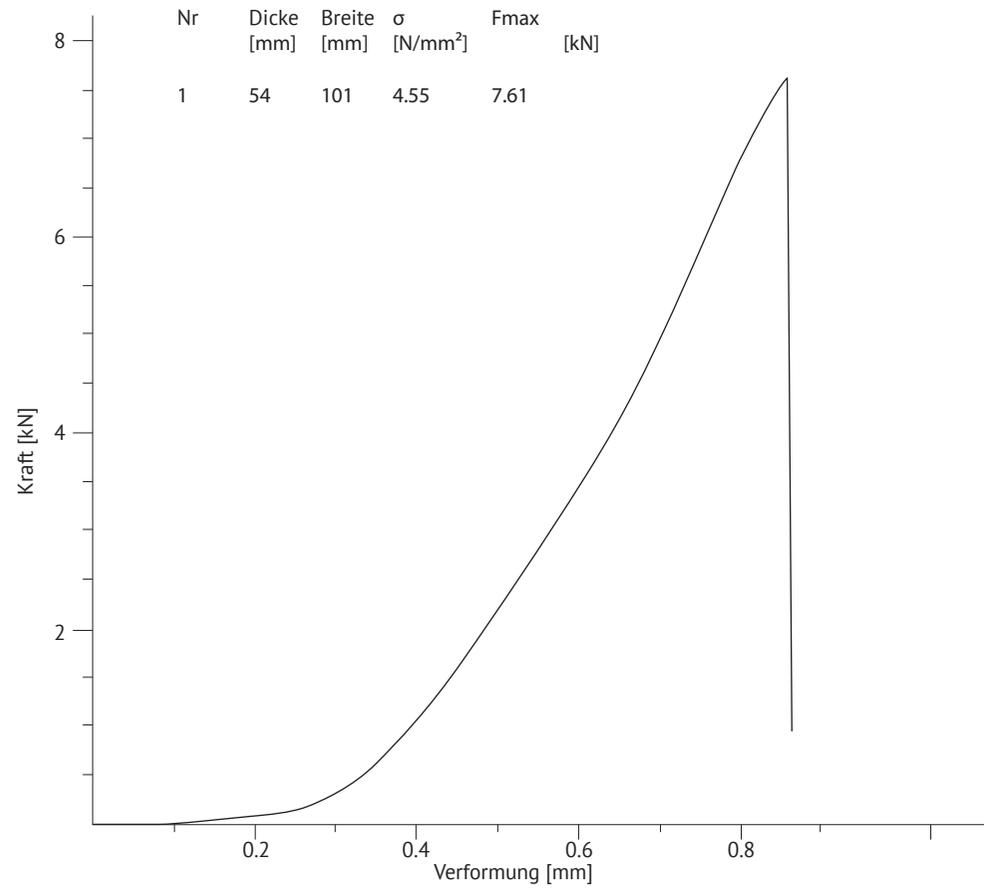


Abb. E15 Diagramm
Biegeversuch

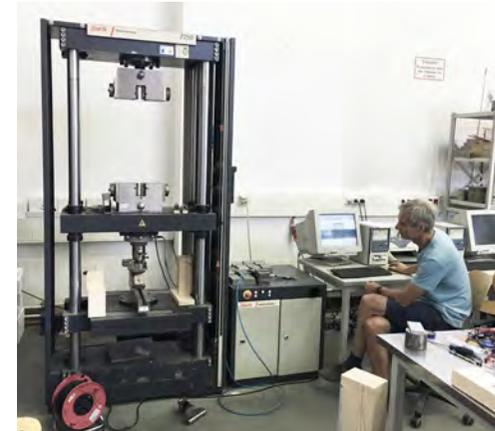
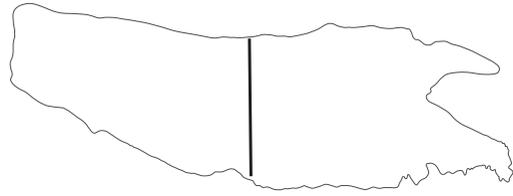
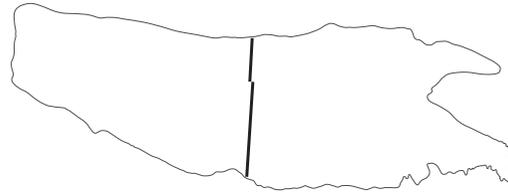


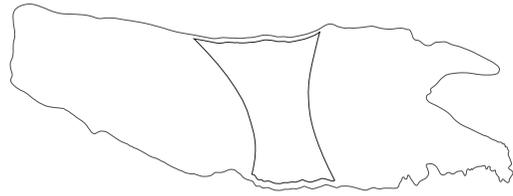
Abb. E16 Versuchsanordnung
Biegeversuch



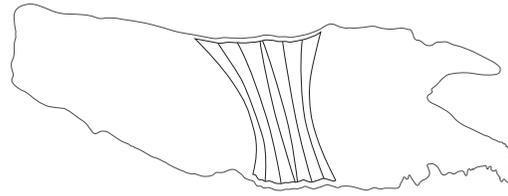
1.1



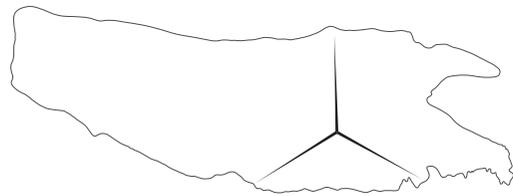
1.2



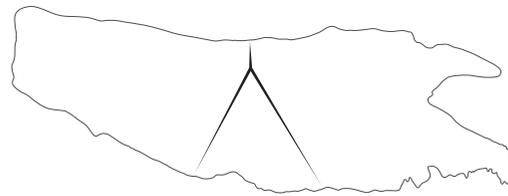
2.1



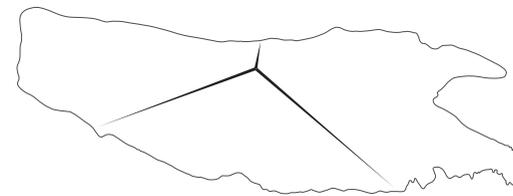
2.2



3.1



3.2



3.3

Abb. E17 Untersuchte Anordnungen

5. Genese (Formfindung)

Ausgehend von den bisher getroffenen Entscheidungen über die Konstruktionsmethode von kristallisierten Kettenlinien und einer Strömungsanalyse , gilt es zu entscheiden, welche Form die Cathedral of Climate Change haben soll. Dafür wurden einige Formen getestet und gegenübergestellt, schließlich anhand dieser Überlegungen die aus meiner Sicht optimalste Form gewählt.

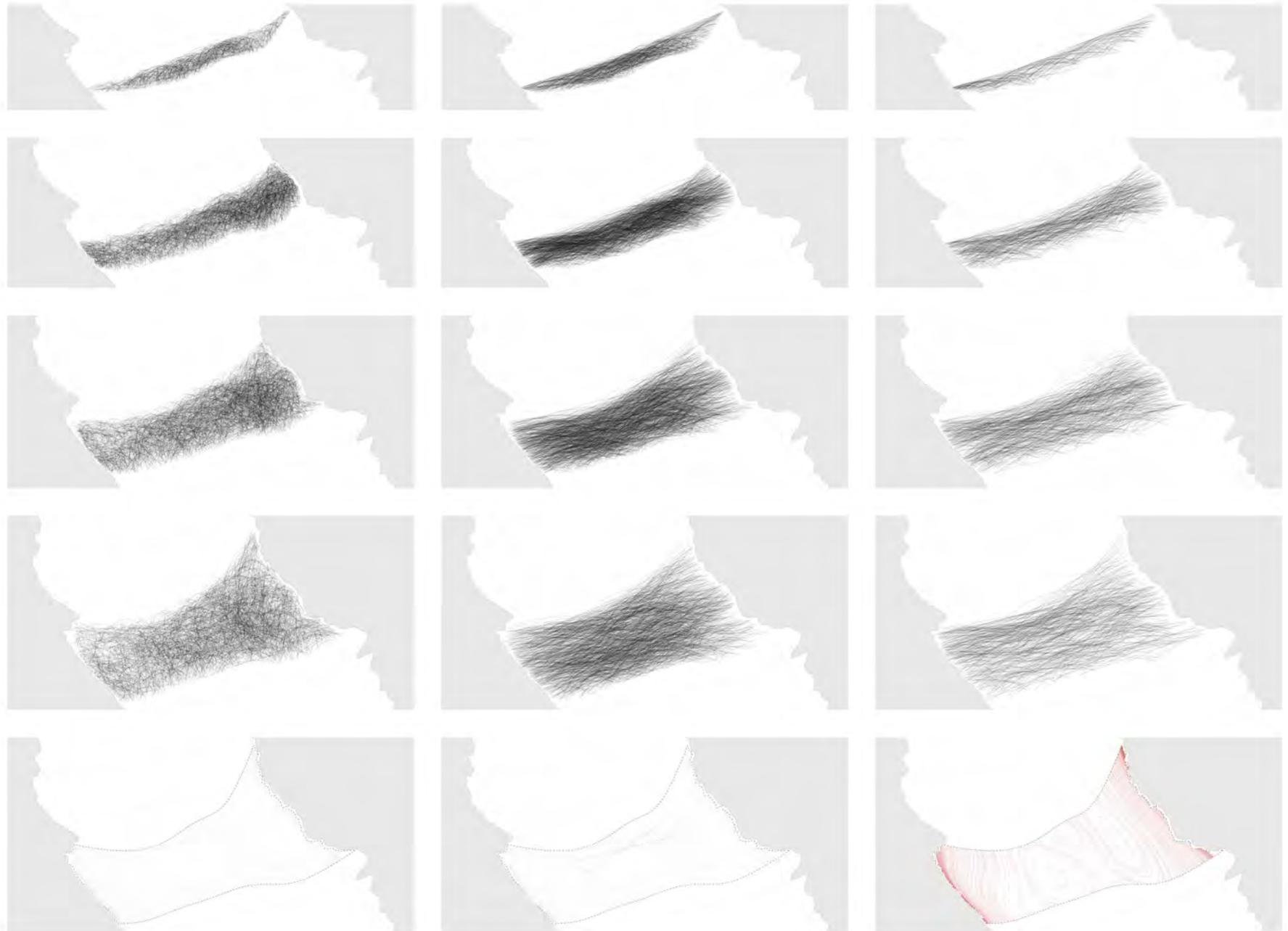
Die ersten an dieser Stelle präsentierten Formen stellen Brücken bzw. lineare Verbindungen zwischen Ost- und Westufer dar. Diese sind durchgängig (1.1) bzw. unterbrochen und im Grundriss an der tiefsten Stelle versetzt (1.2). Wie auch auf Abb. E18 auf der folgenden Doppelseite zu erkennen ist, wird die beabsichtigte Brückenform von einer zu starken Wahrnehmung als Mauer oder Barriere konterkariert. Aus

diesem Grund stellte ich weitere Überlegungen an: Was, wenn man die Verbindung verbreitert bzw. flächiger gestaltet?

Die Varianten in der zweiten Zeile zeigen Varianten einer großflächigeren Ost-West-Verbindung an der laut Strömungsanalyse auf Seite 77 geeignetsten Stelle (2.1) bzw. schmalere Abschnitten davon (2.2). Die Ergebnisse sind auf den Seiten 96/97 dargestellt. Auf Basis der Grundrissform führte ich weitere Formstudien durch. In 2(a) sind Punkte einer zufälligen Punktwolke miteinander verbunden, in 2(b) erfolgen diese Verbindungen nur in Längsrichtung. In 2(c) erfolgt die Anordnung der Punkte im Grundriss auf Grundlage von Höhenschichtlinien, diese sind jeweils in Längsrichtung miteinander verbunden. 2(d) und 2(e) zeigen eine Kreisgeometrie (Ballpacking Algorithmus) im



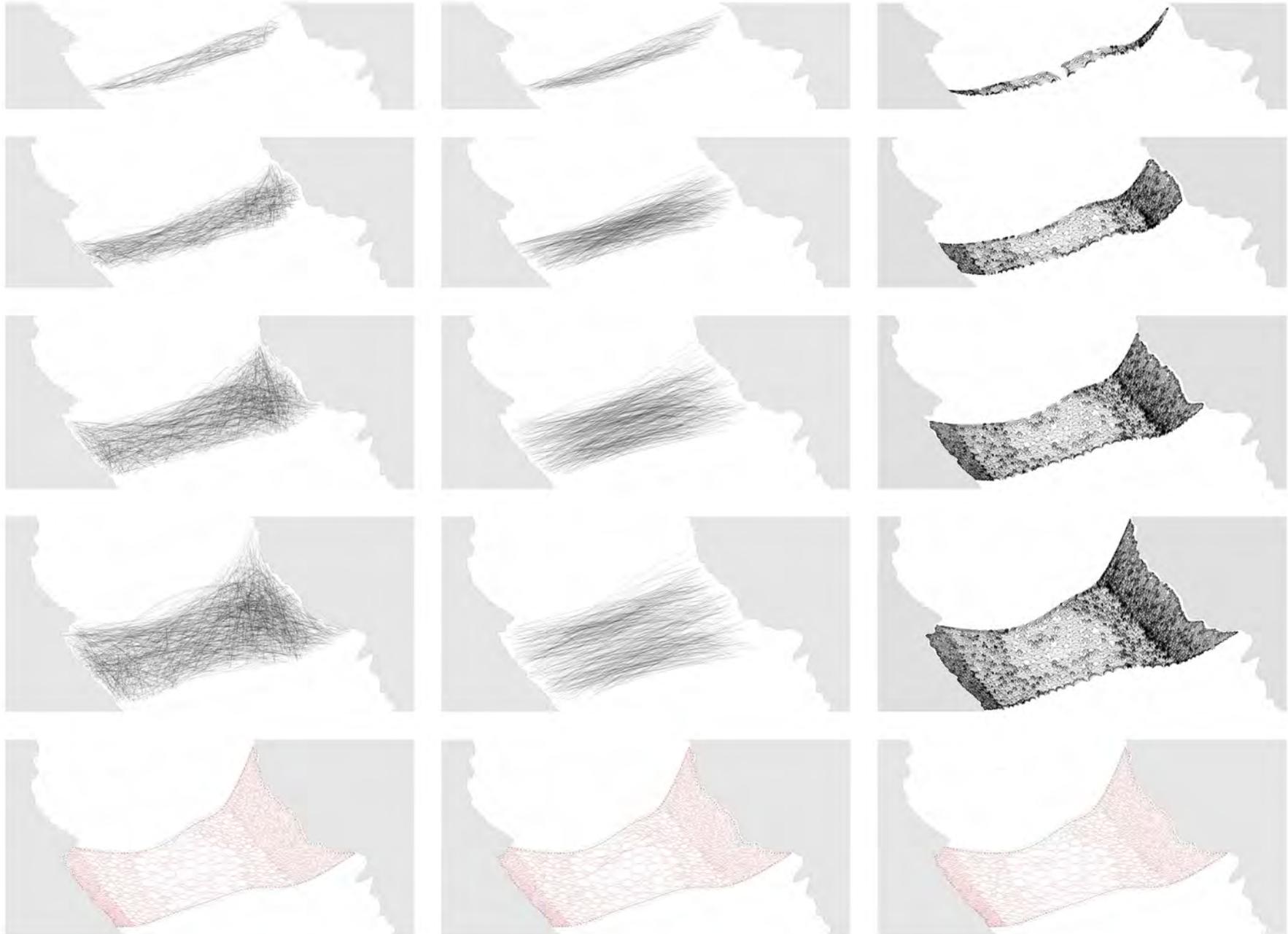




Variante 2(a)

Variante 2(b)

Variante 2(c)



Variante 2(d)

Variante 2(e)

Variante 2(f)

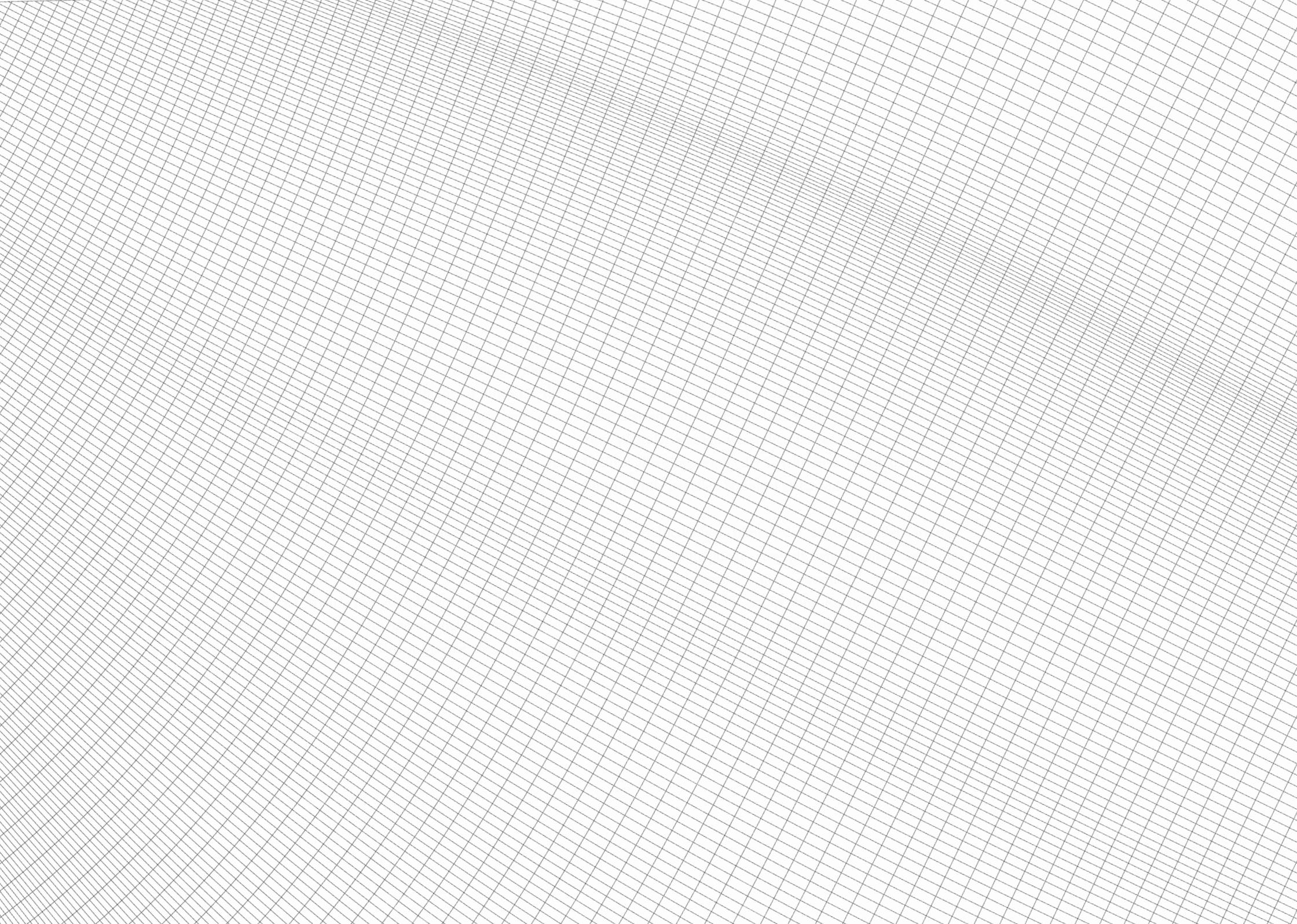
Abb. E19
Entwurfs-
varianten
zur 2.
Anordnung

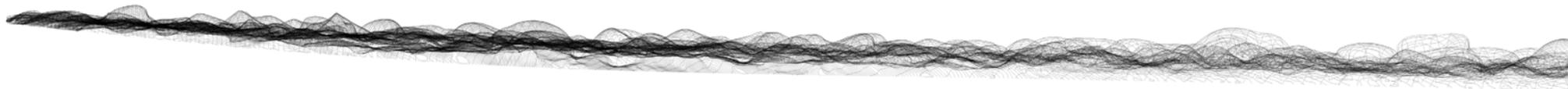
Grundriss und verhalten sich abgesehen davon analog zu 2(a) und 2(b). Man sieht, dass alle Überlegungen zu der Anordnung der Fußpunkte bei den Varianten 2(a) - 2(e) optisch verlorengehen und im Endresultat (zumindest in der dargestellten Maßstabsebene) kaum mehr zu erkennen sind. 2(f) hebt sich davon ab - hier wurden die unterschiedlich großen Kreise geometrisch unterteilt und die Punkte in geordneter Weise miteinander verbunden.

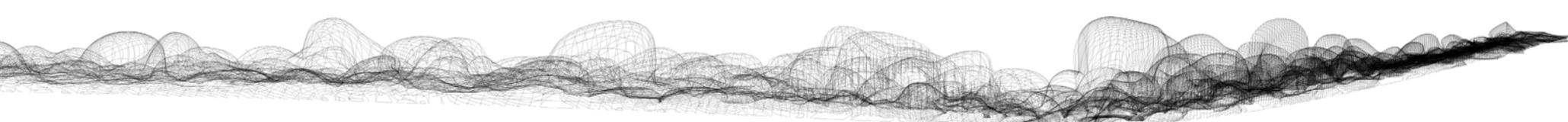
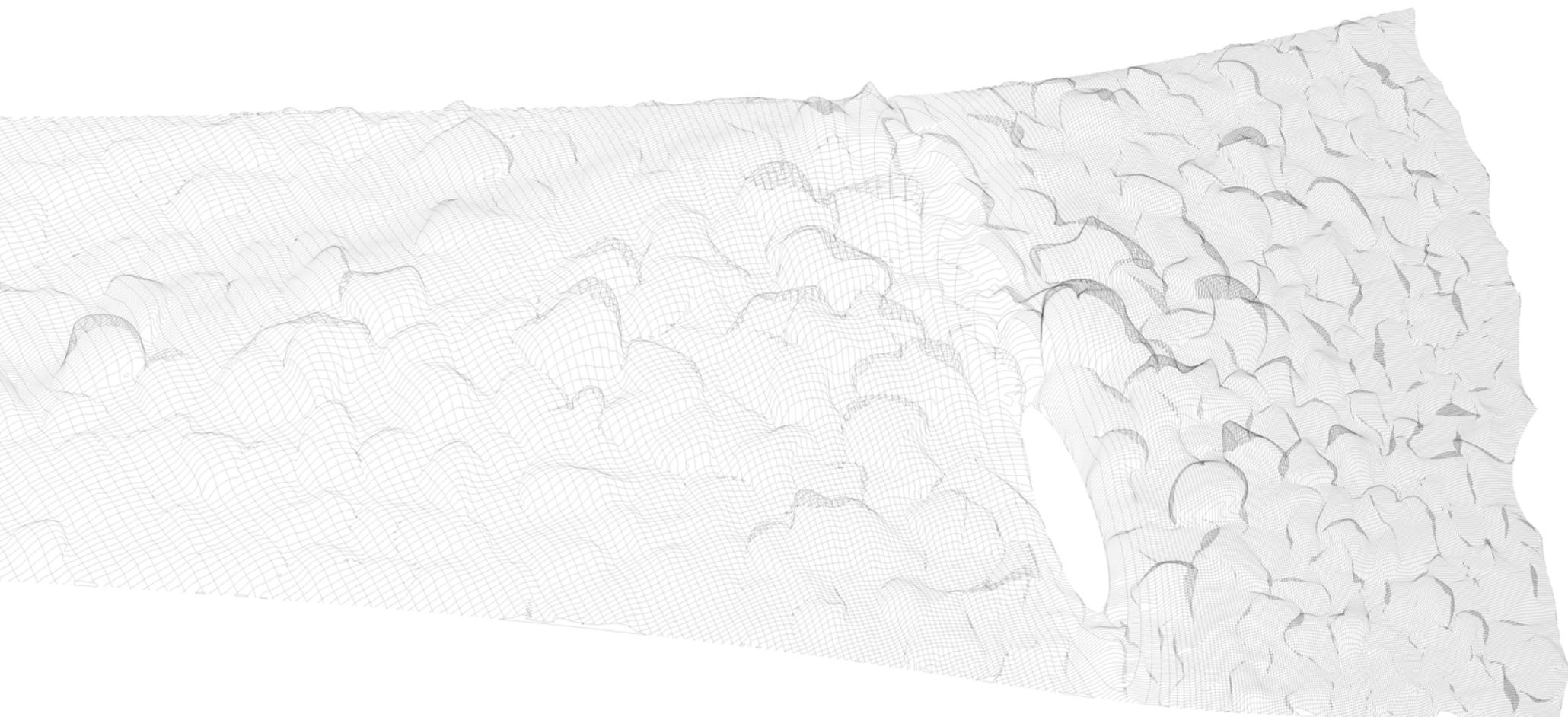
Es stellt sich heraus, dass alle hier dargestellten Varianten 2(a) bis 2(f) bei ihrer Anwendung auf der 12 km breiten Ost-West Verbindung selbst bei schmaler Ausführung sehr viele Ressourcen benötigen und damit im Gegensatz zu den Zielen des Projekts stehen (und obendrein die Kritik am Klimawandel und Ressourcenverbrauch unterlaufen). Ein weiteres Resultat der Gegenüberstellung war die Feststellung, dass eine geometrisch organisierte Seilkonstruktion jenen

mit zufälliger Anordnung in ästhetischer Hinsicht überlegen ist und dass die Höhen- bzw. Falllinien einen hohen ästhetischen Wert besitzen und in zukünftige Überlegungen einfließen können.

Zunächst übersetzte ich meine Faszination für die Höhenschichtlinien und Kettenlinien in die Studie auf Seite 100/101. Hier zeigt sich ein auf einem begrenzten Gebiet aufgespanntes Netz, dessen Maschenweite sich zu den Rändern hin und insbesondere zu den Ufern des Toten Meeres hin verfeinert und von bei dem zufällig ausgewählte Knotenpunkte (auch hier an den Rändern und zu den Ufern hin mehr) als Fußpunkte dienen. Die dazwischenliegenden Seilabschnitte bilden ein Flächentragwerk und überspannen damit zum tiefsten Punkt hin immer weitere Distanzen. Der zentrale Kritikpunkt an den vorigen Varianten 2(a) bis 2(f) trifft aber natürlich auch auf diesen Entwurf zu: er steht mit







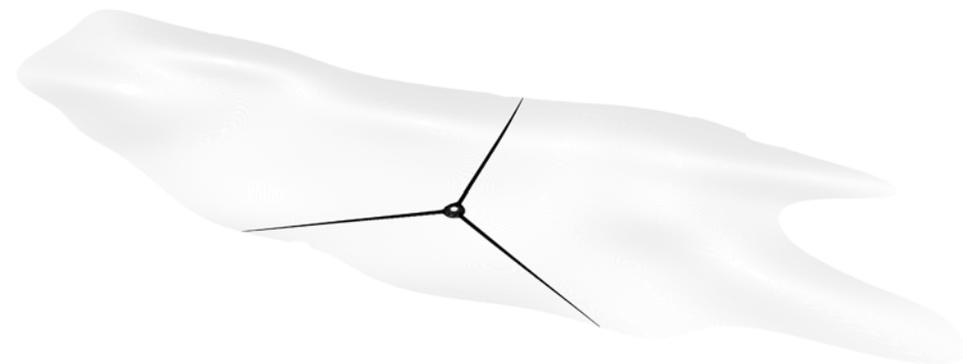
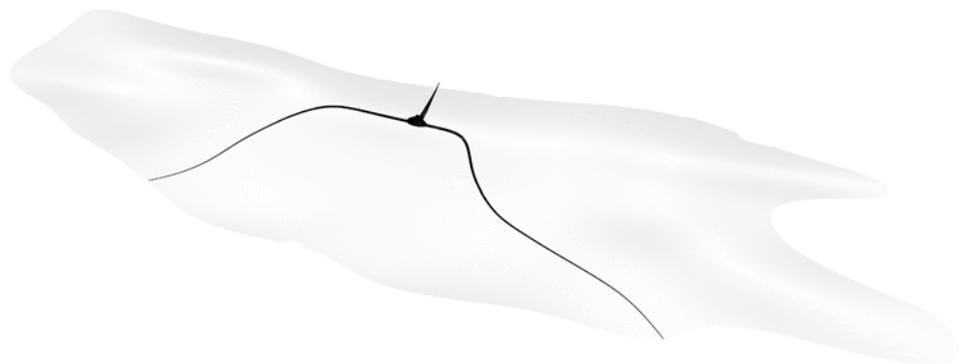
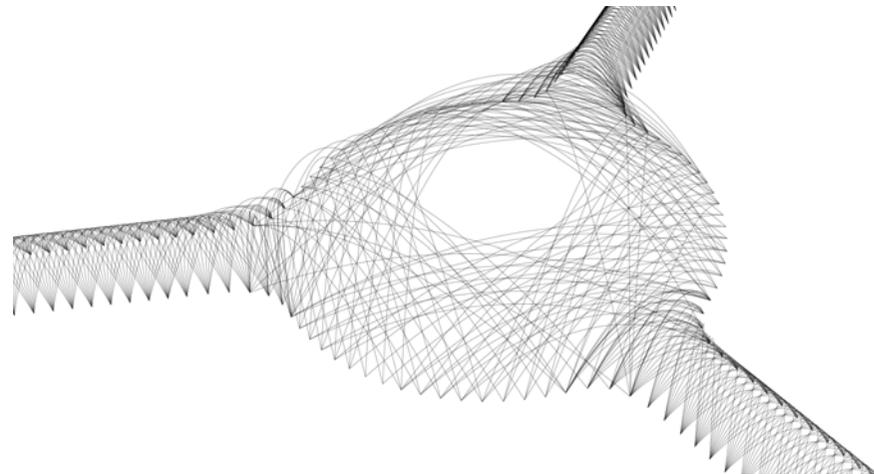
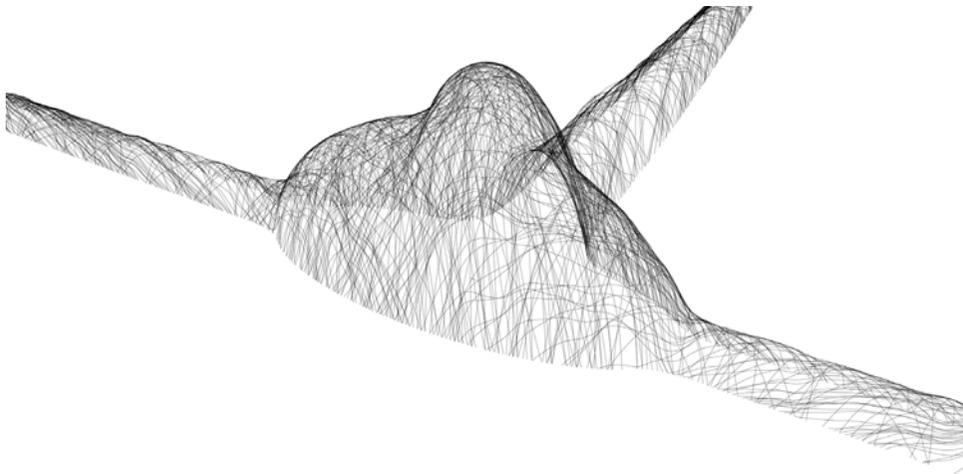
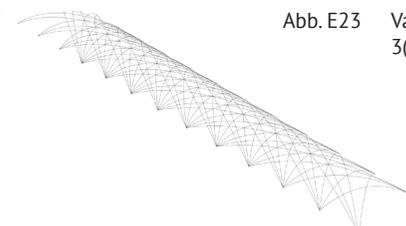
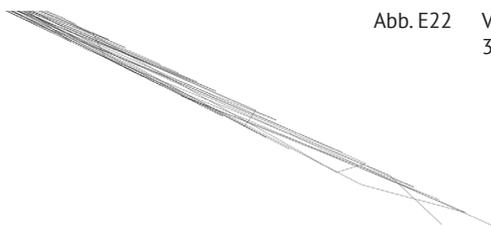


Abb. E22 Variante 3(a)

Abb. E23 Variante 3(b)



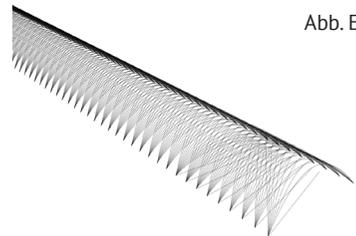
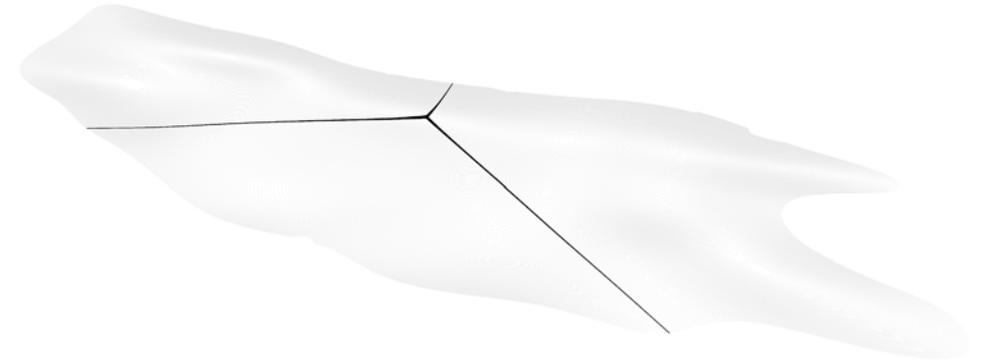
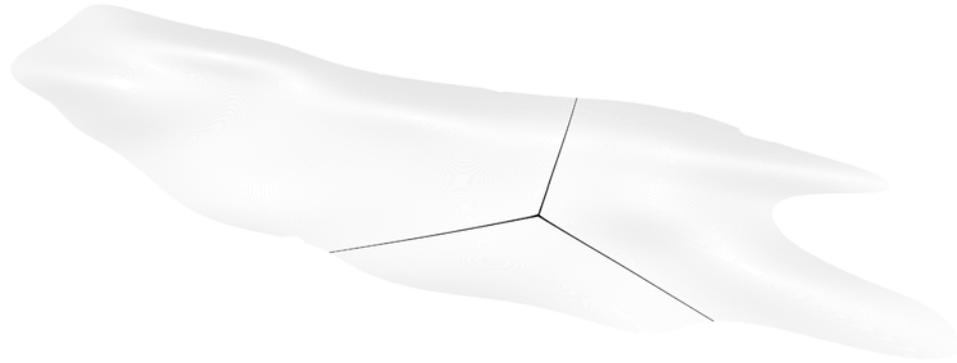
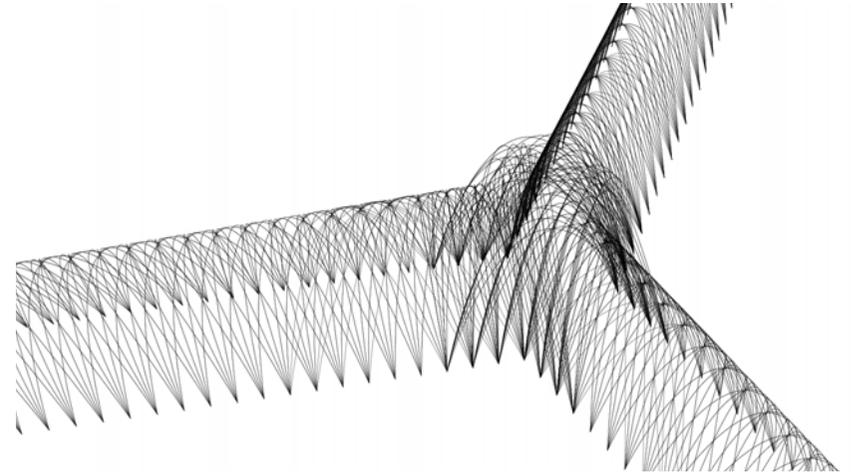
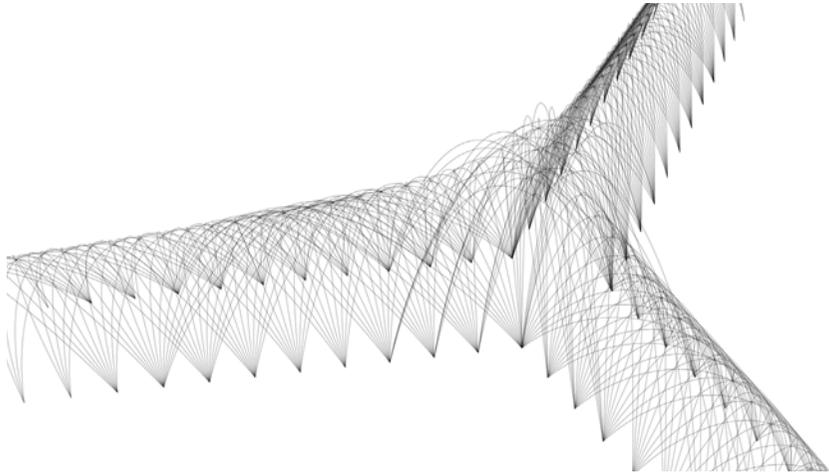


Abb. E24 Variante 3(c)

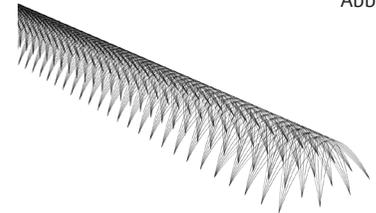


Abb. E25 Variante 3(d)

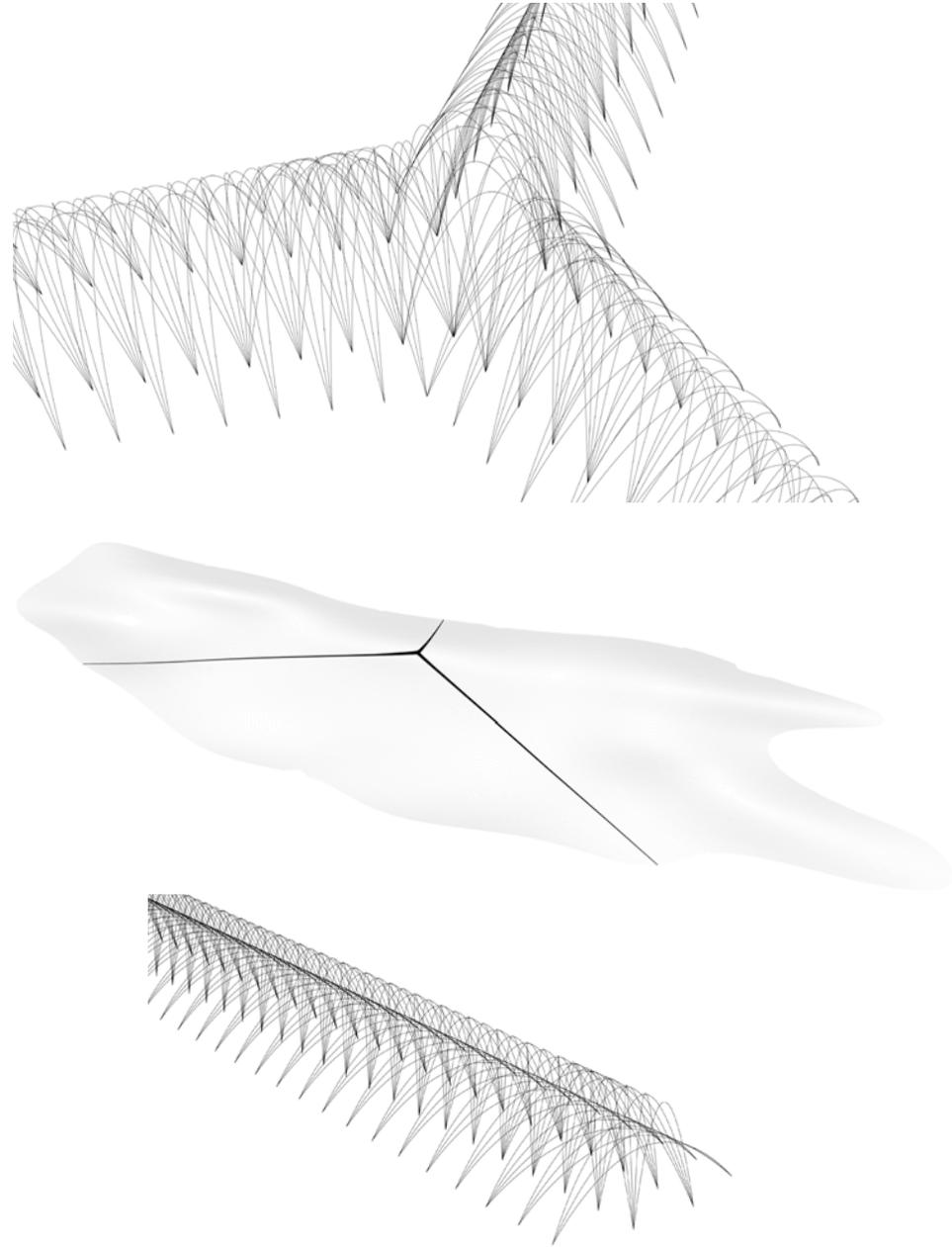


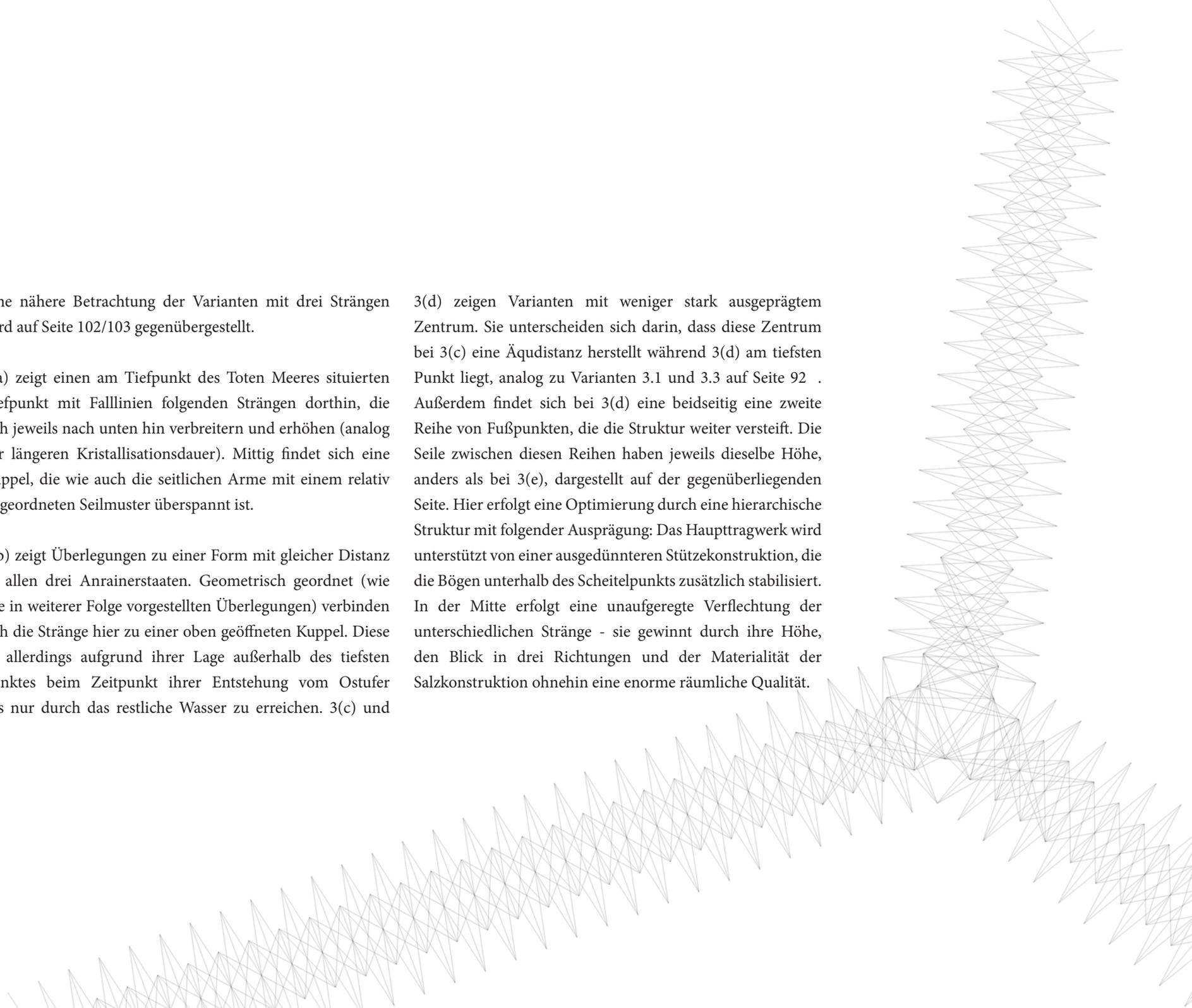
Abb. E26 Variante
3(e)

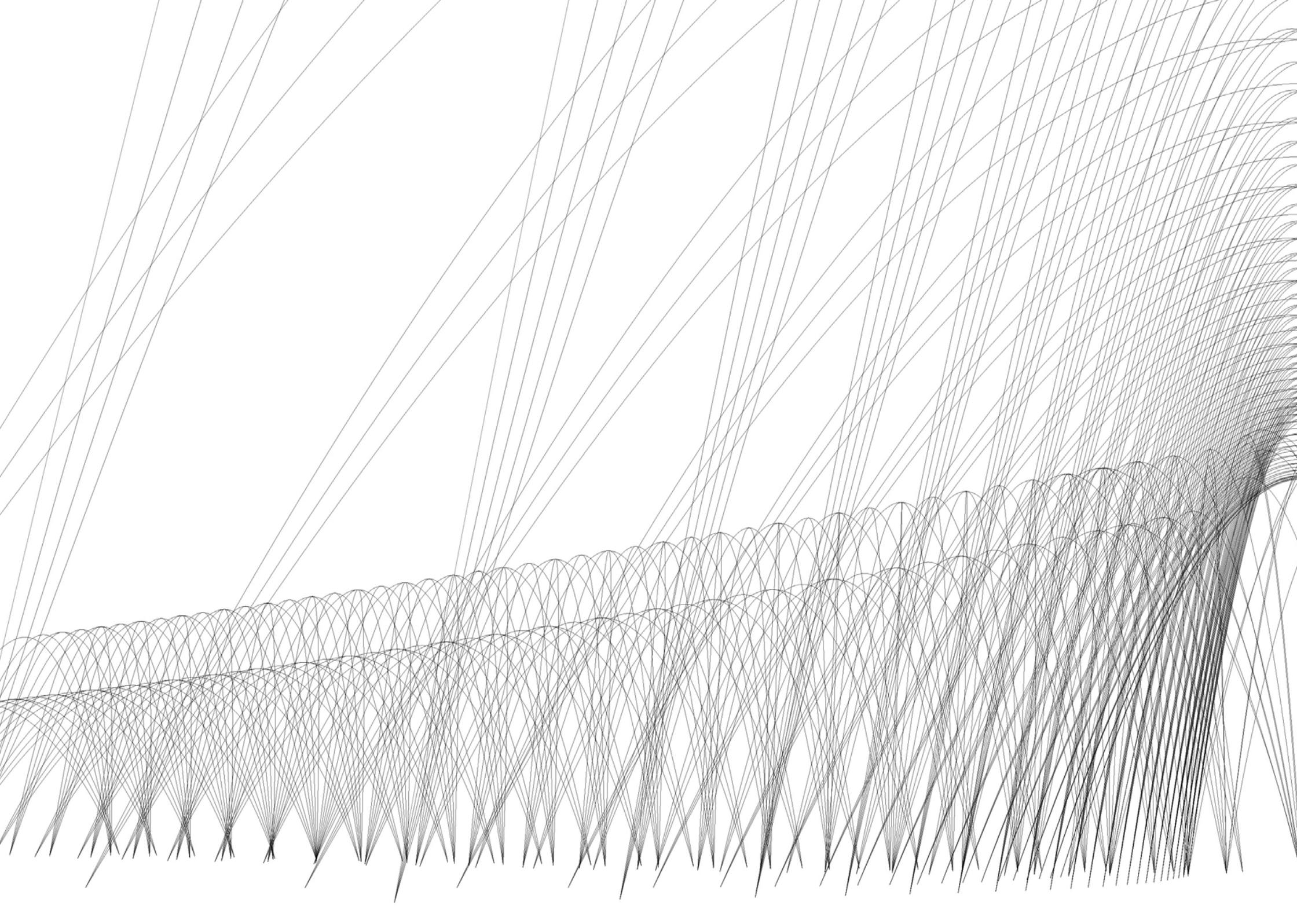
Eine nähere Betrachtung der Varianten mit drei Strängen wird auf Seite 102/103 gegenübergestellt.

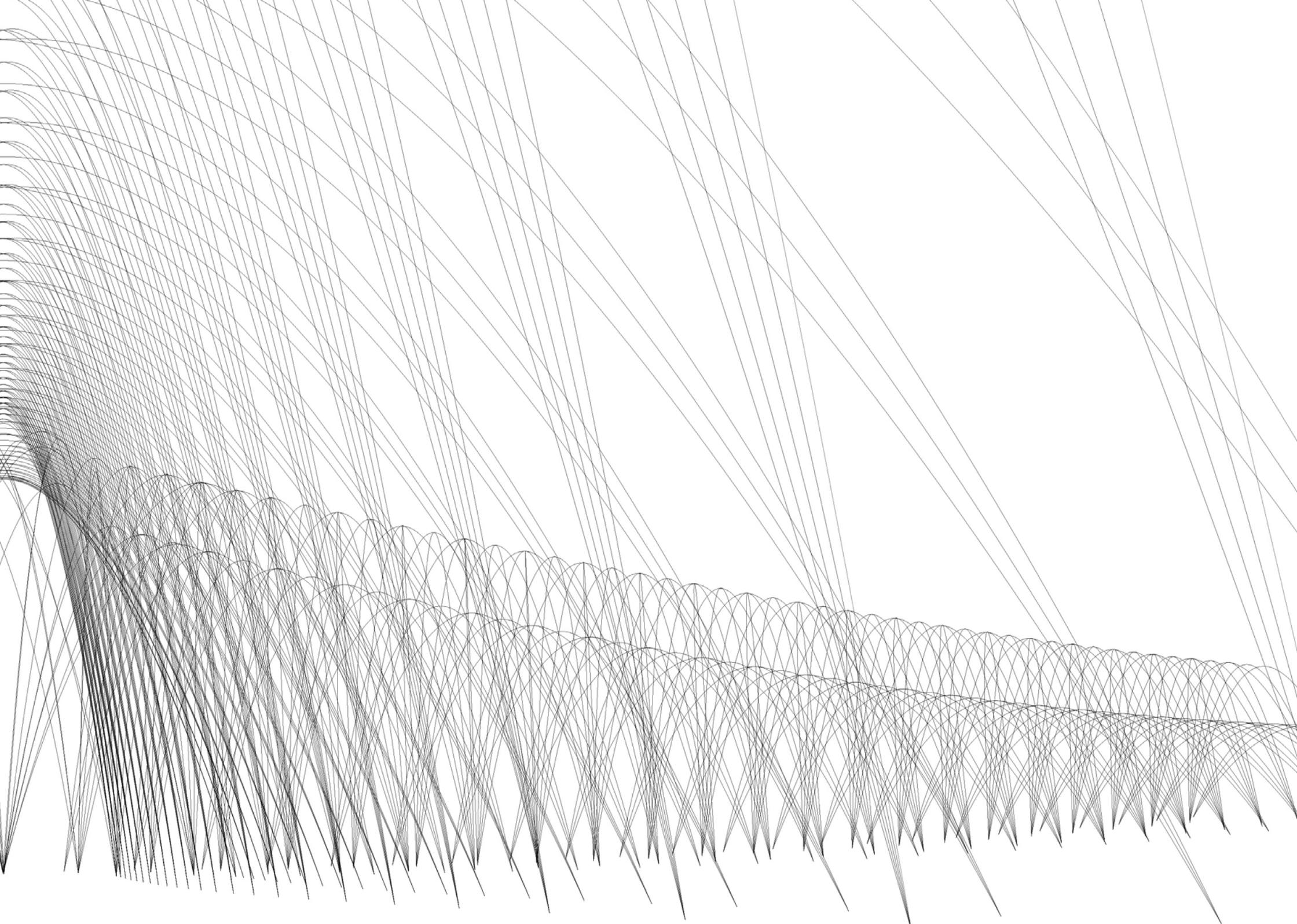
3(a) zeigt einen am Tiefpunkt des Toten Meeres situierten Tiefpunkt mit Falllinien folgenden Strängen dorthin, die sich jeweils nach unten hin verbreitern und erhöhen (analog zur längeren Kristallisationsdauer). Mittig findet sich eine Kuppel, die wie auch die seitlichen Arme mit einem relativ ungeordneten Seilmuster überspannt ist.

3(b) zeigt Überlegungen zu einer Form mit gleicher Distanz zu allen drei Anrainerstaaten. Geometrisch geordnet (wie alle in weiterer Folge vorgestellten Überlegungen) verbinden sich die Stränge hier zu einer oben geöffneten Kuppel. Diese ist allerdings aufgrund ihrer Lage außerhalb des tiefsten Punktes beim Zeitpunkt ihrer Entstehung vom Ostufer aus nur durch das restliche Wasser zu erreichen. 3(c) und

3(d) zeigen Varianten mit weniger stark ausgeprägtem Zentrum. Sie unterscheiden sich darin, dass diese Zentrum bei 3(c) eine Äquidistanz herstellt während 3(d) am tiefsten Punkt liegt, analog zu Varianten 3.1 und 3.3 auf Seite 92 . Außerdem findet sich bei 3(d) eine beidseitig eine zweite Reihe von Fußpunkten, die die Struktur weiter versteift. Die Seile zwischen diesen Reihen haben jeweils dieselbe Höhe, anders als bei 3(e), dargestellt auf der gegenüberliegenden Seite. Hier erfolgt eine Optimierung durch eine hierarchische Struktur mit folgender Ausprägung: Das Haupttragwerk wird unterstützt von einer ausgedünnteren Stützekonstruktion, die die Bögen unterhalb des Scheitelpunkts zusätzlich stabilisiert. In der Mitte erfolgt eine unaufgeregte Verflechtung der unterschiedlichen Stränge - sie gewinnt durch ihre Höhe, den Blick in drei Richtungen und der Materialität der Salzkonstruktion ohnehin eine enorme räumliche Qualität.

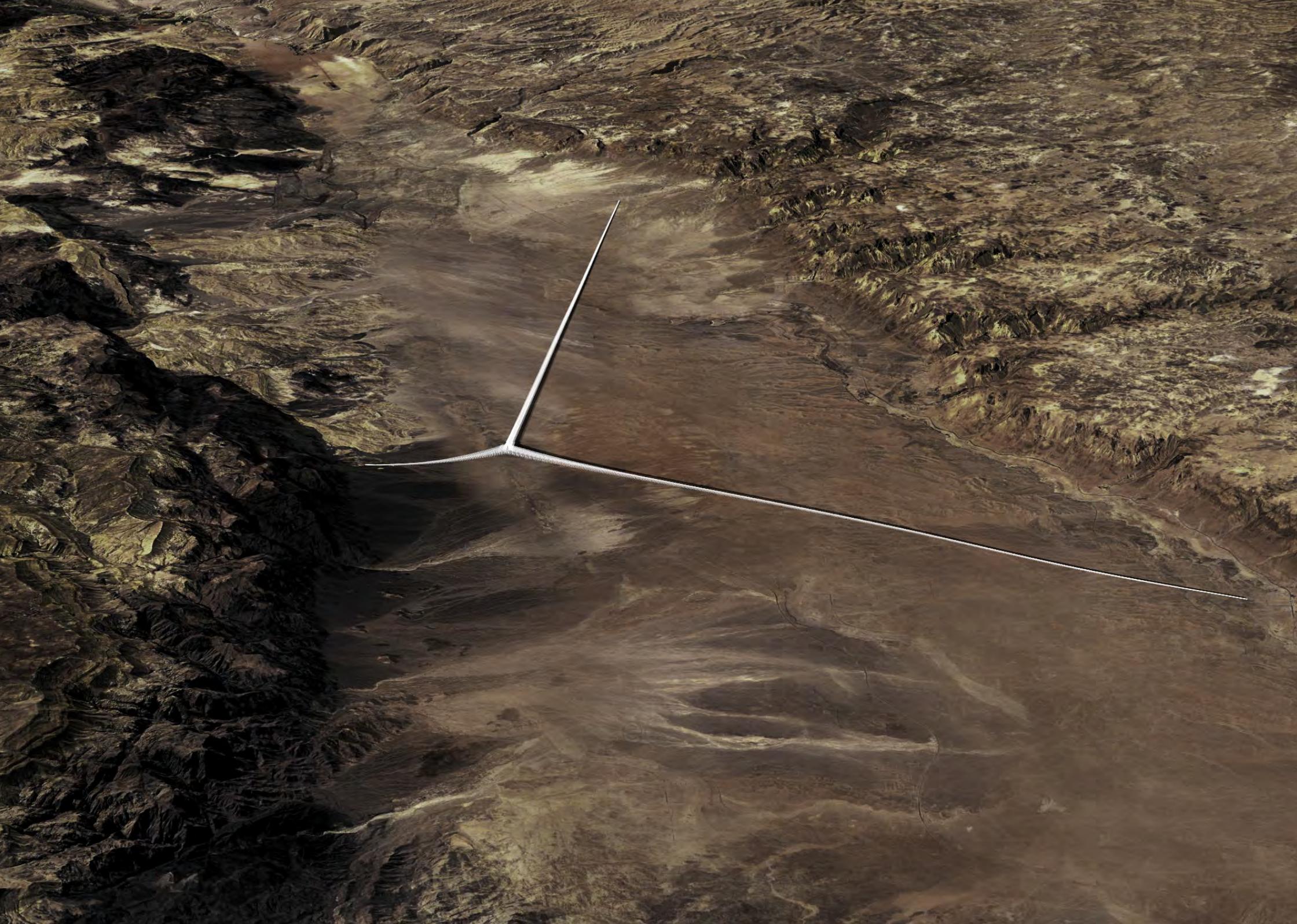




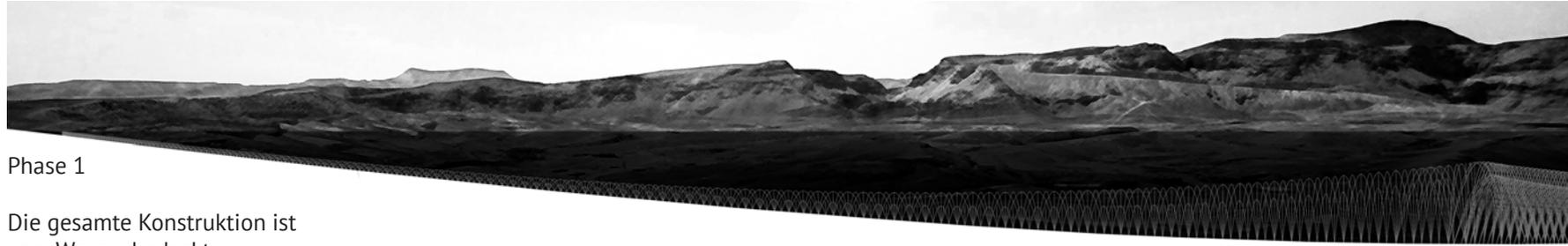






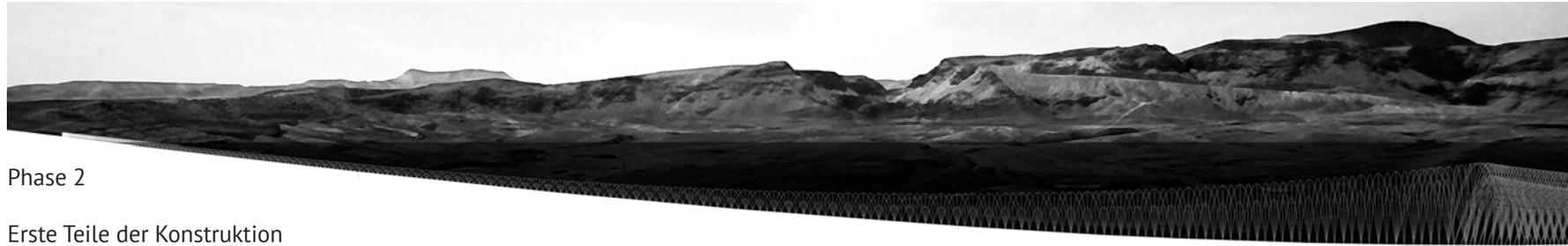






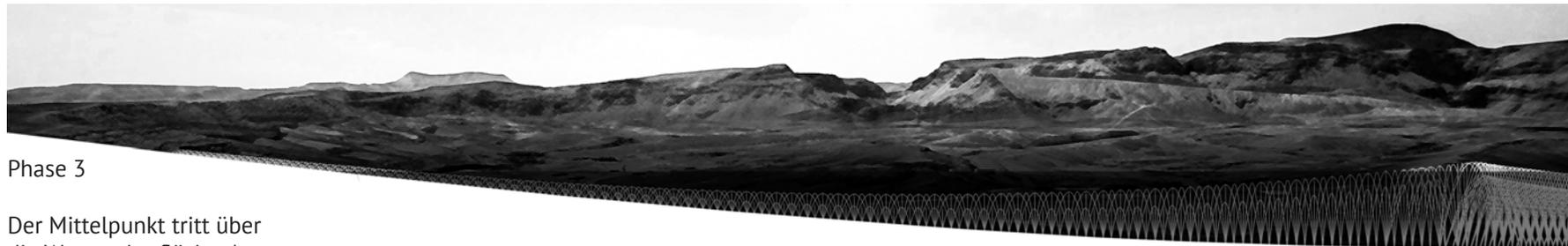
Phase 1

Die gesamte Konstruktion ist vom Wasser bedeckt.



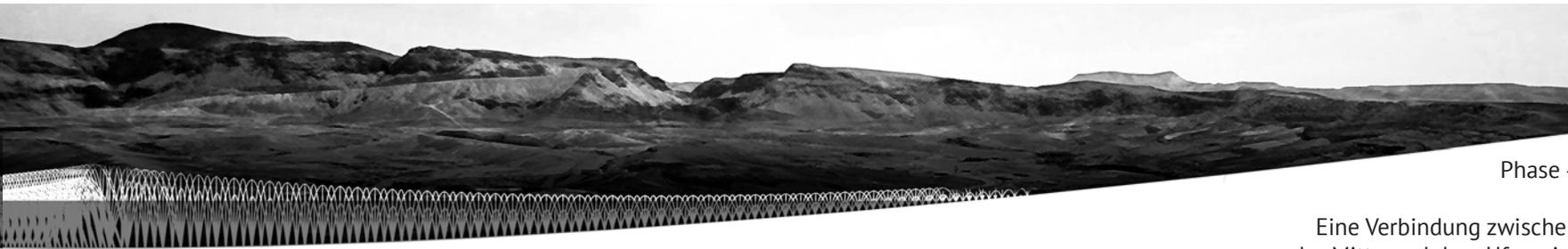
Phase 2

Erste Teile der Konstruktion kommen in Ufernähe zum Vorschein.



Phase 3

Der Mittelpunkt tritt über die Wasseroberfläche. Am Ufer folgt die Struktur der Wasserkante. Erste Teile zerallen.



Phase 4

Eine Verbindung zwischen
der Mitte und dem Ufer wird
sichtbar.



Phase 5

Vollständige Austrocknung.
Die Mitte ist begehbar,
zunehmender Zerfall zum
Rand hin.



Phase 6

Die Konstruktion erodiert und
zerfällt immer weiter.

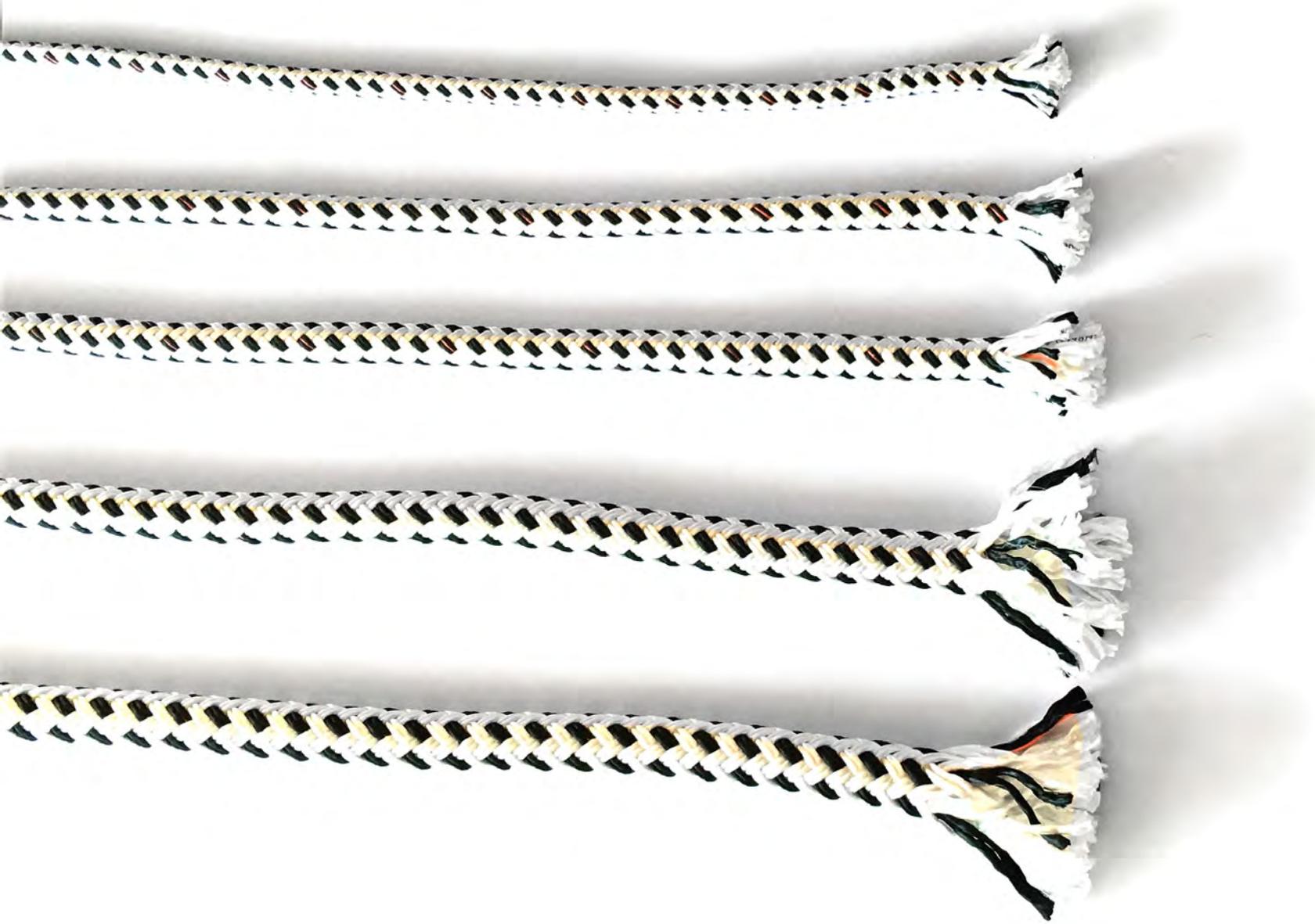


Abb. E31 verwendete
Seile

Die Konstruktion der Cathedral of Climate Change ist denkbar einfach: sie besteht aus Betonfundamenten und Seilen unter Auftrieb, auf denen das Salz kristallisieren kann. Die Fundamente fixieren die Fußpunkte der Seile.

Sowohl bei den Seilen als auch bei den Fundamenten kommen je nach Spannweite unterschiedliche Größen zur Anwendung. Zwischen den Fundamenten können nicht Seile unter Auftrieb (für die Tragkonstruktion) eingesetzt werden, sondern auch Horizontalverbindungen um Schublasten aus dem Tragwerk aufzunehmen.

Die Seile unter Auftrieb bestehen aus Polypropylen, dessen Eigenschaften sich hervorragend für den vorgeschlagenen Einsatz eignen. Für die Horizontalverbindungen ohne Auftrieb kann aus einer breiten Palette aus Produkten gewählt werden.

Die Konstruktion kann von Booten aus mit sehr geringem Aufwand an Arbeitskräften und Material eingebracht werden. Das Absenken der bereits verbundenen Fundamente erfolgt jeweils von der Mitte der Konstruktion zum Rand hin in zwei Schritten. Zuerst wird die äußere, daraufhin die innere Reihe der Konstruktion von 3 Parallel arbeitenden Mannschaften abgesenkt.

Nach kurzer Konstruktionsdauer, bleibt nur noch abzuwarten und den Kristallen bei ihrem Wachstum zuzusehen.

Ⓕ Conclusio

Die Cathedral of Climate Change ist eine utopische und doch realistische Konstruktion. Ihr Reiz besteht einerseits im geringen Verhältnis von Aufwand und Wirkung und andererseits an ihrer außergewöhnlichen Konstruktion aus dem Salz des Toten Meeres.

Das Tote Meer wird lange über seine prognostizierte Lebensdauer hinaus konserviert. Die Cathedral of Climate Change kann sich zu einem Symbol der lokalen Problematik und darüber hinaus für zahlreiche weitere Umweltprobleme (in wahrsten Sinn des Wortes) kristallisieren. Sie soll ein Ort des Zusammentreffens der beteiligten Völker sein und möglicherweise einen Beitrag dazu leisten, eine gemeinsame Lösung für deren Probleme zu finden. Wie im Rahmen dieser Diplomarbeit ausführlich analysiert wurde, gehen die Ursachen des Wassermangels des Toten Meeres weit über seine unmittelbare Umgebung hinaus.

Die Cathedral of Climate Change ist eine Kathedrale, die jedoch nicht einer Religionsgemeinschaft oder sonstigen Gruppe gewidmet ist, sondern explizit allen Anwohnern des Toten Meeres und allen Erdbewohnern. Sie erkennt ein Problem zwar als solches, sieht darin aber auch ein Potential für die Schaffung von Großem. Ihr Großteil besteht aus Salz des Toten Meeres und somit aus einem Material mit dem als Baustoff keine Erfahrungen bestehen. Im Zuge der Diplomarbeit habe ich mithilfe von Chemikern und Ingenieuren herausgefunden, dass es sich für die hier vorgeschlagenen Konstruktion hervorragend eignet.

Für eine tatsächliche Umsetzung müsste man sich mit kleinteiligen Versuche vor Ort an einen größeren Maßstab herantasten. Es erscheint als fantastische Vision, diese Struktur eines Tages tatsächlich vor sich zu haben!

vertiefende Literatur

resources

Klimawandel

IPCC	Fifth Assessment Report (AR5)	physical science basis http://ipcc.ch/report/ar5/wg1/ synthesis report http://ipcc.ch/report/ar5/syr/ mitigation of climate change http://ipcc.ch/report/ar5/wg3/ impacts, adaption and vulnerability http://ipcc.ch/report/ar5/wg2/ abgerufen am 05.09.2017, 24:00
------	-------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Totes Meer

World Bank	Dead Sea Study, Final Report	http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Dead_Sea_Study_Final_August_2011.pdf abgerufen 04.09.2017, 19:00
Dieter Lohmann	Das Tote Meer - Vom Salzsee zum Sandsee?	http://www.scinexx.de/inc/artikel_drucken.php?f_id=104&a_flag=2 abgerufen 04.09.2017, 19:00
Horst Rademacher	Ein Salzsee voller Rätsel	http://www.faz.net/aktuell/wissen/erde-klima/geologie-ein-salzsee-voller-raet-sel-11691258.html abgerufen 04.09.2017, 19:00

Kristalle

Charlotte Jansen	As the Dead Sea Dries Out, an Artist Immortalizes It	https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-as-the-dead-sea-dries-out-an-artist-immortalizes-it , abgerufen 31.08.2017, 23:00
------------------	------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Kettenlinien

R. Grothmann	Die Kettenlinie	http://mathsrv.ku-eichstaett.de/MGF/homes/grothmann/Projekte/Kettenlinie/index.html , abgerufen 29.08.2017, 17:00
Gema M. Lopez	Poleni's Manuscripts about the Dome of Saint Peter's	https://www.arct.cam.ac.uk/Downloads/ichs/vol-2-1957-1980-lopez.pdf abgerufen 29.08.2017, 17:00
Oliver Schürer	Morphogenese und Plastizität Antoni Gaudís Hängemodell als Typ, Algorithmus und Diagramm S 128 ff. in: Diagrammatik der Architektur, Dietrich Goschung und Julian Jachmann (Hrsg.)	http://www.morphomata.uni-koeln.de/site/assets/files/2206/full_morphomata06.pdf , abgerufen 29.08.2017, 17:00
Maximilian Johannes Schrems	Zur Erweiterung der "grafischen Statik" in die Dritte Dimension Dissertation an der ETH Zürich	https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/114357/eth-48827-02.pdf?sequence=2&isAllowed=y abgerufen 29.08.2017, 18:00

A Klimawandel

Abb. A1	S 17	Der Klimawandel beeinflusst das Tote Meer	https://media.cntraveler.com/photos/58331a15bfbc10942ab379f7/master/pass/dead-sea-jordan-GettyImages-463047547.jpg
Abb. A2	S 18/19	CO ₂ Konzentration und Temperatur der letzten 650.000 Jahre	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von https://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/page4.php https://climate.nasa.gov/climate_resources/24/ https://www.youtube.com/watch?v=-JluKjaY3r4 abgerufen 28.08.2017, 11:00
Abb. A3	S 20	Temperaturanomalien 1900-2016	Grafik erstellt von Antti Lipponen (@anttilip), Finnish Meteorological Institute leichte graphische Anpassungen von Valentin Hofer http://www.dailyinfographic.com/wp-content/uploads/2017/08/116yrstempanomalies.jpg Datenquelle: NASA GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP) Land-Ocean Temperature Index, ERSSTv4, 1200km smoothing Average of monthly temperature anomalies. GISTEMP base period 1951-1980 abgerufen 28.08.2017, 13:00
Abb. A4	S 21	Temperaturanomalien Juli 2017	Grafik erstellt von Antti Lipponen, Finnish Meteorological Institute leichte graphische Anpassungen von Valentin Hofer https://pbs.twimg.com/media/DHXvFrpWAAAQe0Y.jpg Datenquelle wie oben abgerufen 28.08.2017, 13:00
Abb. A5	S 22/23	Trump Tweets zum Klimawandel	http://elitedaily.com/news/politics/donald-trump-lie-climate-change/1624447/ https://simranklair.wordpress.com/2015/11/03/rhetoric-blurring-the/ http://www.politifact.com/truth-o-meter/statements/2016/jun/03/hillary-clinton/yes-donald-trump-did-call-climate-change-chinese-h/ http://elitedaily.com/news/politics/get-involved-climate-change-under-trump/1696007/ abgerufen am 28.08.2017, 23:00

Abb. A6	S 24	Trockenheit	http://edition.cnn.com/travel/article/cnnphotos-dead-sea-dying/index.html abgerufen am 28.08.2017, 22:00
Abb. A7	S 24	Sinkholes	http://edition.cnn.com/travel/article/cnnphotos-dead-sea-dying/index.html abgerufen am 28.08.2017, 22:00
Abb. A8	S 25	Friedenskanal	http://ecopeaceme.org/projects/dead-sea/red-dead-canal/ abgerufen am 28.08.2017, 22:00
Abb. A9	S 25	Flora und Fauna	http://www.panoramio.com/m/photo/102626423 abgerufen am 28.08.2017, 22:00

B Bauplatz Totes Meer

Abb. B1	S 26	Bathymetrie und Ländergrenzen des Toten Meeres	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von http://www.gsi.gov.il/eng/?CategoryID=365&ArticleID=1103 abgerufen 24.08.2017, 19:00
Abb. B2	S 27	Totes Meer	https://www.bluewin.ch/de/news/wissen---technik/2015/12/2/jordanien-startet-ausschreibung-fuer-kanal-vom-rotem-zum-totem-m.html abgerufen 22.08.2017, 22:00
Abb. B3	S 28	Die salzigsten Gewässer der Erde	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von http://lakes.chebucto.org/saline1.html https://en.wikipedia.org/wiki/Salt_lake (abgerufen am 20.06.2017, 12:00)
Abb. B4	S 30	Der Nahe Osten aus dem Weltall	https://sciencetide.files.wordpress.com/2015/09/nile-sinai-dead_sea-wide-angle-view.jpg abgerufen am 05.09.2017, 12:00)
Abb. B5	S 32	Geologischer Schnitt	Grafik leicht modifiziert von Valentin Hofer http://internationalmapping.com/portfolio abgerufen am 04.09.2017, 12:00
Abb. B6	S 32	Tektonik des Nahen Ostens	Grafik leicht modifiziert von Valentin Hofer https://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/dead_sea/tectonic.html abgerufen am 04.09.2017, 12:00
Abb. B7	S 34/35	Bathymetrische Karte des Toten Meeres	Grafik leicht modifiziert von Valentin Hofer http://www.gsi.gov.il/eng/?CategoryID=365&ArticleID=1103 Sources 1) American Expedition to the Dead Sea - April-May 1848 (Lynch, 1849) 2) G.S.I. Surveys - 1959-1960 (Neev and Emery, 1967) 3) Dead Sea Geophysical Survey - 19 July-1 August 1974 Chart Compiled and Drawn by Dr. John K. Hall, Marine Geology Divison, Geological Survey of Israel, Jerusalem 95 501 abgerufen am 04.09.2017, 12:00
Abb. B8	S 36	Hydrologie des Toten Meeres	http://edition.cnn.com/travel/gallery/cnnphotos-dead-sea-dying/index.html?gallery abgerufen am 04.09.2017, 20:00

Abb. B9	S 38	Regenmengen im Einflussgebiet des Toten Meeres	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von http://www.jewishvirtuallibrary.org/overview-of-middle-east-water-resources http://www.ibrahimabdela.org/pdf/Jordan_River_Basin_description_Paper.pdf (abgerufen am 24.08.2017, 12:00)
Abb. B10	S 39	Klimadiagramm von Ein Gedi	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von https://de.climate-data.org/location/202313/ (abgerufen am 25.08.2017, 15:00)
Abb. B11	S 41	Staumauern und Kanäle an den Zuflüssen des Toten Meeres	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von http://www.ibrahimabdela.org/pdf/Jordan_River_Basin_description_Paper.pdf http://www.ce.utexas.edu/prof/mckinney/ce397/Topics/Jordan/Jordan(2003).htm http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Dead_Sea_Study_Final_August_2011.pdf https://www.youtube.com/watch?v=B5LAroyepjw https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_dams_and_reservoirs (abgerufen am 24.08.2017, 11:00)
Abb. B12	S 42	Wasserbilanz des Toten Meeres, Zahlen in Millionen m ³	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Dead_Sea_Study_Final_August_2011.pdf (S. 255 ff., abgerufen am 27.08.2017, 18:00)
Abb. B13	S 44/45	Entwicklung des Wasserstands 1100 - heute	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von http://web.macam.ac.il/~arnon/Int-ME/water/Jordan%20River/Pages%2041-44_%20Dead%20Sea.htm (abgerufen am 24.08.2017, 12:00)
Abb. B14	S 46/47	Entwicklung der Küstenlinie, 1980 - 2317	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von http://www.gsi.gov.il/eng/?CategoryID=365&ArticleID=1103 abgerufen 24.08.2017, 19:00
Abb. B15	S 47	Historisch lag der Wasserstand bei etwa -390 m	http://www.bbc.com/news/world-middle-east-36477284 abgerufen 24.08.2017, 18:00
Abb. B16	S 48	Wind in Abhängigkeit von Monat und Uhrzeit	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage der Daten von http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Dead_Sea_Study_Final_August_2011.pdf (S.51, abgerufen am 25.08.2017, 11:30)

C Kristalle

Abb. C1	S 51	Kristallisation am Ufer des Toten Meeres	https://www.liferetreat.co.za/dead-sea-salt/ abgerufen am 30.08.2017, 11:00
Abb. C2	S 52	Geometrie der Kristallisation	https://goldschmiede-plaar.de/2012/10/19/kristallsysteme-crystal-systems/ abgerufen am 30.08.2017, 11:00
Abb. C3	S 54	Mineralanteile Atlantik Totes Meer Rückspülung chemische Industrie [g/l]	Grafik erstellt von Valentin Hofer auf Grundlage der Daten von http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Dead_Sea_Study_Final_August_2011.pdf (S. 31 ff) http://www.meersalz.info/wissen/mwasser.php abgerufen am 30.08.2017, 24:00
Abb. C4	S 56	Sigalit Landau: Salt Bride	http://www.woahworld.com/this-artist-left-a-dress-in-the-dead-sea-for-two-months-and-it-turned-into-a-crystallized-masterpiece/ http://www.tabletmag.com/scroll/211774/sigalit-landau-israeli-artist-salt-bride-dress-dead-sea abgerufen am 31.08.2017, 19:00
Abb. C5	S 58/60/61	Experimente mit Kristallen	alle Fotografien von Valentin Hofer
Abb. C6	S 62/63	Ergebnisse von 7 Experimenten mit jeweils 4 Salzen	alle Fotografien von Valentin Hofer
Abb. C7	S 64	Modellfotos	alle Fotografien von Valentin Hofer
Abb. C8	S 66	Fotomontagen mit Modellfotos	Modellfotos von Valentin Hofer, Quellen der verwendeten Fotos: http://download-wallpaper.net/content/related-pictures-salar-de.html https://www.flickr.com/photos/christianhaugen/5687460167/ http://israblog.nana10.co.il/blogread.asp?blog=217336&blogcode=4053118 abgerufen am 31.08.2017, 14:00
Abb. C9	S 68/69	Modellfoto längliche Kristallstruktur	Fotografie von Valentin Hofer

E Cathedral of Climate Change

Abb. E1	S 73	Skizze	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E2	S 74	Strömungen und Salzgehalt	Grafik von Valentin Hofer auf Grundlage von Berechnungen mit Autodesk CFD 2017
Abb. E3	S 76	Eignung als Bauplatz	Grafik von Valentin Hofer Überlagerung von Salzgehalt (Parameter Balance 0) und Fließgeschwindigkeit (Parameter Balance 1)
Abb. E4	S 77	Überlagerung der Ergebnisse	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E5	S 78/79	Fliessgeschwindigkeit und Salzgehalt - Tiefenentwicklung	Grafik von Valentin Hofer Auf Grundlage von Berechnungen mit Autodesk CFD 2017
Abb. E6	S 81	Diagramm: Kristallisation und Erosion	Grafik von Valentin Hofer auf Grundlage von Beratungen mit dem Chemiker Thomas Konegger
Abb. E7	S 82	Mathematische Formel der einfachsten Kettenlinie	https://en.wikipedia.org/wiki/Catenary abgerufen am 29.08.2017, 16:00
Abb. E8	S 83	Geometrische Konstruktion einer Kettenlinie von Leibniz	http://intellectualmathematics.com/dl/histmath.pdf abgerufen am 29.08.2017, 12:00
Abb. E9	S 83	Analyse der Kuppel des Petersdoms	https://www.arct.cam.ac.uk/Downloads/ichs/vol-2-1957-1980-lopez.pdf abgerufen am 29.08.2017, 17:00
Abb. E10	S 85	Hängemodell der Kirche der Colonia Güell	https://gmasaarquitectura.wordpress.com/2013/10/10/el-presente-de-las-impresoras-3d/ abgerufen am 29.08.2017, 17:00
Abb. E11	S 85	Gemauertes Gewölbe der Krypta	https://en.wikipedia.org/wiki/Church_of_Col%C3%B2nia_G%C3%BCell#/media/File:Cripta_de_la_Col%C3%B2nia_G%C3%BCell_1.jpg abgerufen am 29.08.2017, 18:00
Abb. E12	S 87	Vergleich Hängemodell und Ausführung, Multihalle Mannheim	Grafik erstellt von Valentin Hofer, auf Grundlage folgender Grafiken: http://mai-nrw.de/wp-content/uploads/MAI_fuenfteAnsicht_Multihalle-Mannheim_Modell_187-011-001_f_2_low.jpg http://images.cdn.baunetz.de/img/2/1/7/3/4/9/6/Stirn_cafeteria_100x140-d81fd14a1f91129f.jpeg abgerufen am 28.08.2017, 22:00

Abb. E13	S 89	Diagramm Druckversuche	Grafik von Valentin Hofer nach Versuchen mit Ass.Prof. Karl Deix, Forschungsbereich für Baustofflehre TU Wien, 01.08.2017, 12:00
Abb. E14	S 89	Fotostrecke Druckversuch	Fotografien von Valentin Hofer nach Versuchen mit Ass.Prof. Karl Deix, Forschungsbereich für Baustofflehre TU Wien, 01.08.2017, 12:00
Abb. E15	S 91	Diagramm Biegeversuch	Grafik von Valentin Hofer nach Versuchen mit Ass.Prof. Karl Deix, Forschungsbereich für Baustofflehre TU Wien, 01.08.2017, 12:00
Abb. E16	S 91	Versuchsanordnung Biegeversuch	Fotografien von Valentin Hofer nach Versuchen mit Ass.Prof. Karl Deix, Forschungsbereich für Baustofflehre TU Wien, 01.08.2017, 12:00
Abb. E17	S 92	untersuchte Anordnungen	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E18	S 94/95	Anordnung 1: lineare Brücke	Grafik von Valentin Hofer unter Verwendung von https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Israel_desert_view.jpg abgerufen am 10.08.2017, 13:00
Abb. E19	S 96/97	Entwurfsvarianten zu Anordnung 2	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E20	S 98/99	Höhenschicht- und Falllinien	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E21	S 100/101	Netz aus Höhenschicht- und Falllinien	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E22	S 102	Variante 3(a)	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E23	S 102	Variante 3(b)	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E24	S 103	Variante 3(c)	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E25	S 103	Variante 3(d)	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E26	S 104	Variante 3(e)	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E27	S 106/107	Innenansicht	Grafik von Valentin Hofer
Abb. E28	S 108/109	Positionierung	Grafik von Valentin Hofer, auf Grundlage von Google Earth Bildern
Abb. E29	S 110/111	Lage im ausgetrockneten Becken des Toten Meeres	Grafik von Valentin Hofer, auf Grundlage von Google Earth Bildern

Abb. E30 S 112/113 Projektphasen
Abb. E31 S 114 verwendete Seile

Grafk von Valentin Hofer
Grafk von Valentin Hofer



Valentin Hofer
v.hofer@h-w.at
+43 664 88397128

Born

January 23, 1989 in Linz, Austria

Education

BSc in Architecture 2009-15
BSc in Civil Engineering 2008-13
Semester Abroad in Tomsk, Russia 2011

Relevant Work Experience

Inter-American Development Bank, Urban Planning Consultant, Argentina 2016
pool Architekten 2014-15
H+W Ziviltechniker 2012-15
seele Austria/Germany 2011 / 2012
Los Angeles Museum of the Holocaust 2007-08

Languages

