

PUMPEN GEGEN DIE ZEIT

Das arktische Meereis schmilzt. Forschende und Unternehmer haben eine Vision, um das Schwinden aufzuhalten: das Eis künstlich zu verdicken. Kann ihnen das gelingen – oder schadet es womöglich gar?

TEXT: LEA WOWRA



Das Team um Shaun Fitzgerald unterwegs auf dem arktischen Eis. Bislang werden die Pumpen noch per Hand installiert, um dort das Meereis zu fluten



FOTO: ELISE IMBEAU

»Mit unserer Idee wollen wir das Schmelzen des Meereises stoppen«

Shaun Fitzgerald, Klimatechniker



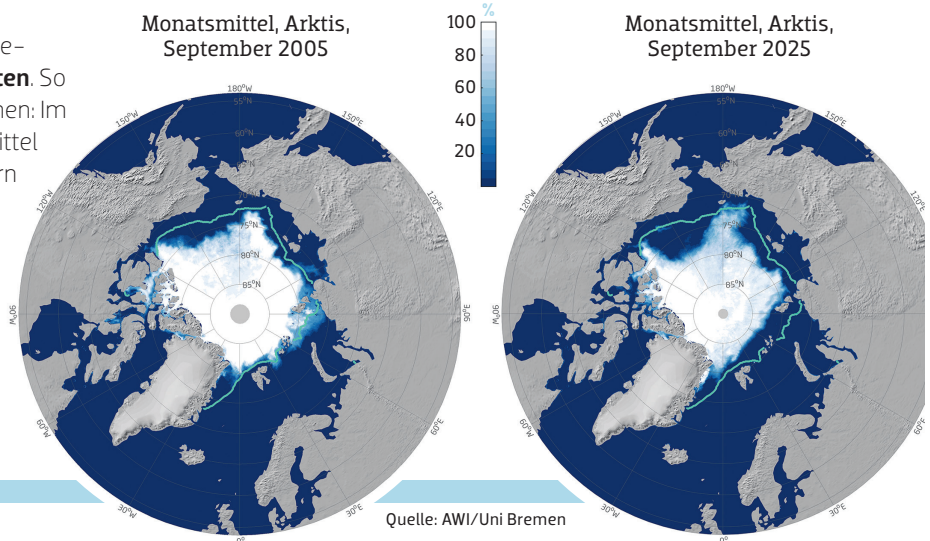
Abholen der Ausrüstung.
Ein Kritikpunkt an der Methode: Das nach oben gepumpte Meerwasser ist wärmer als das Eis und kann die Eisschicht teilweise auftauen, bevor es selbst gefriert

Ende der Eiszeit

KLIMA Seit über 40 Jahren erfasst das Alfred-Wege-ner-Institut (AWI) die Meereisbedeckung mit **Satelliten**. So lässt sich die Veränderung auch optisch nachvollziehen: Im September 2005 dehnte sich das arktische Eis im Mittel auf einer Fläche von 5,56 Millionen Quadratkilometern aus (links). Im September 2025 (rechts) hingegen waren es nur noch 4,97 Millionen Quadratkilometer. Die türkise Linie zeigt dabei die mittlere Meereis- ausdehnung im September von 1981 bis 2010.

Dass es sich nicht um eine zufällige Moment- aufnahme handelt, zeigen die Daten des AWI: Demnach geht die arktische Meereisfläche um rund 13 Prozent pro Jahrzehnt zurück.

MEEREISKONZENTRATION



Es war ein Morgen im Februar 2025 – bei minus 38 Grad. Kalter Wind blies Shaun Fitzgerald ins Gesicht. Die Schneemobile jagten über die weite Eislandschaft, das Forschungsequipment auf Schlitten hinterher. Zielort: ein Stück gefrorener Ozean, ein paar Kilometer vor der kanadischen Victoria-Insel, welche zu dieser Jahreszeit eine dicke Schicht Meereis umgibt. Die Mission: das Schwinden des arktischen Meereises aufzuhalten – im besten Fall, es sogar umzukehren.

Fitzgerald leitet das Institut für Klimatechnik an der University of Cambridge und arbeitet

zudem als wissenschaftlicher Berater für das britische Start-up Real Ice. Gemeinsam mit seinem Team testet er im hohen Norden Kanadas eine Idee, die so kühn wie umstritten ist. Ihre Hoffnung: mit Pumpen, die Meerwasser auf das Eis befördern, das Schmelzen zu verlangsamen. Denn nach Ansicht der Befürworter von sogenanntem Geoengineering lässt sich die Klimakrise, insbesondere das Abschmelzen der Arktis, ohne technisches Eingreifen nicht mehr rechtzeitig aufhalten. Doch Kritiker werfen ihnen vor, mehr Schaden als Nutzen anzurichten. Kann eine Pumpe mit Meerwasser das Schmelzen des arktischen Meereises bremsen?

Was unbestritten ist: Der Klimawandel erwärmt die Arktis so schnell wie keine andere Weltregion. Das Meereis, das sich hier jeden Winter über den Ozean ausdehnt, nur im Sommer wieder auf einen Bruchteil dessen abzuschmelzen, schwindet zunehmend. Es breitet sich im Winter nicht mehr so weit aus, schmilzt im Frühjahr schneller und zieht

sich im Sommer immer weiter in den Norden zurück. Noch vor 2050 könnte den Berechnungen des Weltklimaforschungsprogramms zufolge die Arktis im Sommer erstmals eisfrei sein – »praktisch eisfrei«. So nennen es Fachleute, wenn die arktische Meereiseisfläche unter eine Million Quadratkilometer fällt.

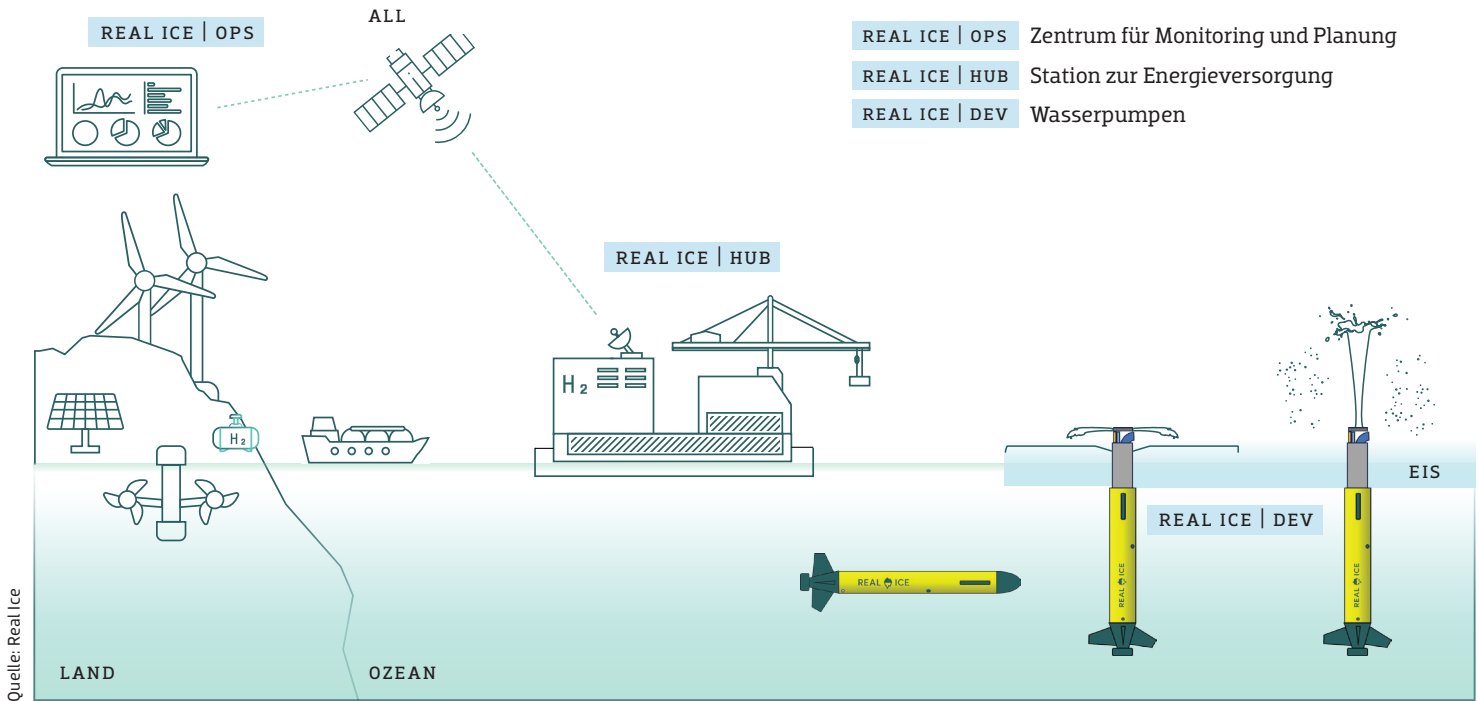


Shaun Fitzgerald

ist Klimawissenschaftler und hält die Emissionsreduktion für wichtig. Doch er glaubt, dass Technologien, die ins Klima eingreifen, getestet werden müssen. Als Notfallplan, aber auch um mögliche Risiken einschätzen zu können

Auch wenn das nach einer Menge Meereis klingen mag, wäre es das Ergebnis eines sich weiter verstärkenden Abwärtstrends. Denn: Meereis ist nicht nur ein wichtiges Ökosystem, an das Tiere und Menschen ihr Leben über Jahrtausende angepasst haben. Es kühlt auch das globale Klima. Fachleute sprechen vom Albedo-Effekt: Helles Eis und Schnee reflektieren im Sommer einen großen Teil der Sonnenenergie, die die Erde trifft. Im Umkehrschluss heißt das aber auch: Schmelzen Schnee und Eis, absorbieren Schmelzwasser und offener Ozean mehr Energie und heizen die Arktis weiter auf. ▶

FOTOS: REAL ICE, CENTRE FOR CLIMATE REPAIR; GRAFIKEN: Meereisportal (2)



Quelle: Real Ice

Die Vision von »Real Ice«: Erneuerbare Energie soll Wasserstoff erzeugen, um damit Unterwasserdrohnen zu betanken. Diese wiederum sollen die Pumpen betreiben

Hinter dem Rückgang des Eises steckt also ein Teufelskreis – einer, der längst in Bewegung ist. In den letzten 45 Jahren hat sich die Sommereisfläche so immer weiter verkleinert – um fast 80 000 Quadratkilometer pro Jahr. Das ist so, als würde die USA jedes Jahr Landmasse in der Größe des US-Bundesstaats South Carolina verlieren.

»Mit unserer Idee wollen wir diesen Prozess stoppen, solange, bis wir unsere Emissionen ausreichend reduziert haben. Letzteres ist die einzig langfristige Lösung«, betont Fitzgerald.

Gelingen soll das durch eine Technologie, die sie in der kanadischen Arktis bereits seit ein paar Jahren testen: Mittels der Pumpen wollen die Forschenden das Meereis im Winter mit Meerwasser fluten. So soll es dicker, seine Lebenszeit verlängert und der Planet weiter gekühlt werden. An jenem Morgen im Februar bei minus 38 Grad testeten sie die Idee. Sie bohrten Löcher in das Meereis vor der Küste Kanadas

20 Tausend

Kubikkilometer beträgt das durchschnittliche Volumen des arktischen Meereises im Winter – genug, um die gesamte Ostsee mit Eis zu füllen. Da es beim Schmelzen das verdrängte Volumen ausgleicht, trägt es nicht zum Meeresspiegelanstieg bei

und ließen in jedes eine Pumpe aus Aluminium hinab, die in etwa so aussieht wie ein herkömmlicher Wasserhahn an einem Schlauch – nur in Übergröße. Sie schützten die Technik, schalteten die Elektrik ein und fluteten die umliegende Landschaft aus Eis und Schnee.

Arktisches Meereis wächst, indem das Wasser darunter gefriert. Sobald sich aber eine erste Eisschicht bildet, isoliert sie das wärmere Meer von der kälteren Polarluft. Das Eis wächst nun immer langsamer. Sich ansammelnder Schnee – Iglu-Baumaterial – wirkt noch isolierender. Durch Fluten des Meereises wollen die Forscher deshalb nicht nur Meerwasser an der kälteren Atmosphäre zum Gefrieren bringen und so das Eis verdicken. Sie bewässern auch isolierende Schneeschichten, um so das Wachstum an der Unterseite zu beschleunigen. 2024 konnten sie das Eis bei Feldversuchen um

über 40 Centimeter verdicken – ein Gewinn von über 25 Prozent.

»Gerade sind wir noch in der Ausprobierphase. Funktioniert die Technologie einwandfrei, können wir als Gesellschaft darüber sprechen, wie wir sie großräumig einsetzen könnten«, sagt Fitzgerald.

Noch ist das Verdicken von Meereis ein arbeitsintensiver Prozess: Eine manuell installierte Pumpe kann zwischen 1000 und 3000 Quadratmeter fluten. Die langfristigen Pläne aber sehen laut Real Ice so aus: Grüner Wasserstoff aus erneuerbaren Energien soll Unterwasserdrohnen antreiben, die wiederum Löcher in das Meereis bohren und Wasser an die Oberfläche pumpen. Nur ist grüner Wasserstoff bis dato rar und teuer. Und auch die Unterwasserdrohnen werden noch entwickelt. Dabei sollen 50 von ihnen bis 2028 für 100 Quadratkilometer Meereis im Einsatz sein, um die Technik Investoren und Regierungen zu präsentieren. Das Ziel: 1 Million Quadrat-

GRAFIKEN: REAL ICE, MEEREISPORTAL; FOTO: REAL ICE



Meerwasser gefriert zu Meereis. Andere Eissorten wie Gletschereis hingegen entstehen aus Niederschlag, sind also süßwasserhaltig

kilometer mit 500 000 Drohnen zu verdicken.

Wie sehr das Verdicken des Eises das Klima kühlen würde, ist unklar. Ein Gebiet von 1 Million Quadratkilometern sei aber notwendig, um dem Klimawandel und dem Schwinden des Meereseises effektiv entgegenzuwirken, so Andrea Ceccolini, der Co-CEO von Real Ice. Das entspricht einer Fläche der Größe Ägyptens. Forschende des Alfred-Wegener-Instituts in Bremerhaven haben das Ganze 2019 modelliert und gezeigt: Funktionierte das Verdicken, könnte es das Meereis für die nächsten Jahrzehnte zwar erhalten, den Klimawandel aber kaum dämpfen.

Fitzgerald möchte sich auf keine Zahlen festlegen, zeigt sich aber zuversichtlich: »Ich bin optimistisch, was den wissenschaftlichen und den technologischen Fortschritt angeht. Spätestens in ein paar Jahren können wir sicher sagen, ob das Ganze in naher Zukunft möglich ist oder nicht.«

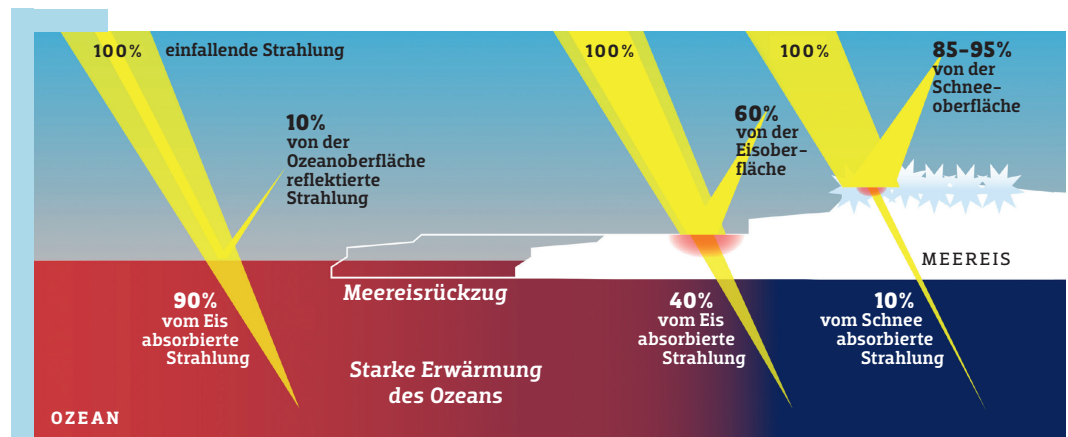
Doch die Idee grenze an Science-Fiction, behaupten die Kritiker.

»Der ganze Aufwand um die Pumpen ist nicht gerechtfertigt«, sagt etwa Christian Haas. Der Meereisphysiker vom Alfred-Wegener-Institut hat sich kürzlich

mit den Meereispumpen für eine bevorstehende Studie befasst. Dafür wertete er mit anderen Wissenschaftlern die Ergebnisse von Experimenten des niederländischen Start-ups Arctic Reflections aus – ein Unternehmen, das heute mit Real Ice zusammenarbeitet und ebenfalls von Fitzgerald beraten wird. »Viele Leute, die Technologien wie die Meereis-

pumpen entwickeln, kennen sich mit den Umweltbedingungen nicht richtig aus. Sie können zwar tolle Daten zu Meereis erheben, diese aber nicht vernünftig interpretieren«, so Haas.

Lauf Haas machen die Pumpen das Meereis zwar dicker, seine Qualität aber wesentlich schlechter. Grund dafür sei das warme Meerwasser, das das Eis, wenn auch nur für kurze Zeit, so erwärme, dass es beginne, von innen zu schmelzen. Hinzu kommt, dass Salz den Gefrierpunkt von Wasser senkt – der Grund weshalb Streusalz im Straßenverkehr verwendet wird. Pumpst man also Meerwasser auf das Eis, löst das Salz es von oben. Auch Fitzgerald und sein Team stellten fest, dass die sich ▶



Quelle: Meereisportal

Albedo-Effekt

PHYSIK Wenn die Sonnenstrahlen auf die Erde treffen, so werden sie je nach Untergrund unterschiedlich reflektiert. Wie groß dieses Reflexionsvermögen ist, wird in **Albedo** ausgedrückt. Dabei wird der Wert zwischen 0 und 1 (vollständige Reflexion, 100 Prozent) angegeben. So ist der Albedo von mit Eis bedeckter Wasserfläche 0,7 Albedo, waldbedeckte Oberfläche hat 0,2 bis 0,5 Albedo.

In der Grafik auf der linken Seite zeigt sich, was passiert, wenn das Meereis in der Arktis weiter großflächig schmilzt: Weniger Licht wird reflektiert und neben dem Klima erwärmt sich auch der Ozean. Ein Teufelskreis: So beschleunigt sich wiederum das Meereisschmelzen.

bildende Salzsole vertikale Kanäle in das Meereis fraß und so zurück in den Ozean floss. Ob dies gut oder schlecht ist, darauf will sich Fitzgerald noch nicht festlegen. Haas aber sagt: »Das Meereis fängt an zu verrotten, noch bevor das sommerliche Schmelzen überhaupt beginnt«.

Ein weiterer Kritikpunkt betrifft das Fluten von Schnee. Denn: Schnee hat eine höhere Albedo als Eis. Er reflektiert also mehr Sonnenstrahlen und hat somit den größten Kühlungseffekt auf die Arktis. Wird Meerwasser auf Schnee gepumpt, damit dieser gefriert und weniger isolierend wirkt, reduziert das den Albedo-Effekt. Die Methode könnte also nach hinten losgehen – je

nachdem ob im Frühjahr nach dem Fluten ausreichend neuer Schnee fällt, um den Effekt wiederherzustellen. Der meiste Schnee fällt in der Arktis aber im Herbst. Viele arktische Tiere wie Ringelrobben sind auf ausreichend Schnee angewiesen, um ihren Nachwuchs zu wärmen und zu schützen. Ob die Pumpen das Habitat der Tiere retten oder ihm schaden, bleibt daher unklar.

»Ich halte es für wahrscheinlich, dass die Pumpen mehr Probleme machen als lösen«, sagt Meereisexperte Haas. »Und selbst wenn die Idee ein bisschen funktioniert, würden die Meereispumpen es wahrscheinlich nicht schaffen, ihren eigenen negativen Effekt auf das Klima zu kom-

8

Vogelarten

wie die Schneeeule überwintern in der Arktis, mehr als 150 Arten brüten hier.

Das arktische Meereis ist Lebensraum vieler Tiere – vom Fadenwurm bis zum Walross. Sie leben über, am Rande, unter oder im Eis

Die Eisdicke hängt nicht nur von Wärme und Strahlung ab. Winde und Strömungen bewegen und deformieren das Eis, bilden Presseirücken und machen Eis- und Schneedecke variabel

pensieren, also den Aufwand und die Energie, die sie benötigen.«

Mit seinen Bedenken ist Haas nicht allein. Erst im September warnte ein Team aus 42 Polarforschern in einer Studie vor dem Einsatz und sogar dem Erforschen von Geoengineering-Technologien in den Polarregionen. Anlass für den Aufschrei aus der Wissenschaft ist die schiere Anzahl an Geoengineering-Konzepten. Während Fitzgerald und Real Ice das Meereis mit Unterwasserdrohnen und Pumpen retten wollen, tüfteln andere an reflektierenden Perlen aus Glas und Ton, die zu Millionen von Tonnen den Albedo-Effekt von Eis erhö-

FOTOS: ALFRED-WEGENER-INSTITUT/STEFAN HENDRICKS, ALFRED-WEGENER-INSTITUT/ESTHER HORVATH

»Wir sollten lieber darüber nachdenken,
wie wir die Emissionen senken können«

Christian Haas, Meereisphysiker



hen sollen. Wiederum andere wollen Gletscher mit kilometerlangen Unterwasservorhängen vor warmen Strömungen schützen. Weitere Verfahren sollen die CO₂-Aufnahme der Meere erhöhen, etwa durch das Düngen mit Eisen oder alkalischen Stoffen – und dies sind nur ein paar wenige Beispiele.

Die Verfahren seien zu gefährlich, unrealistisch, die Kosten exorbitant, so die Polarforscher. Außerdem lenkten sie die Aufmerksamkeit und Ressourcen weg von bereits funktionierenden Klimamaßnahmen. Über die Pumpen schreiben die Studienautoren: Allein die benötigte Technik und ihre Kosten mache das Vorhaben logistisch unmög-

lich. Sie würden außerdem die menschliche Aktivität in der Arktis deutlich erhöhen, was der bereits bedrohten Region mehr schaden als nutzen würde.

Auch geopolitisch dürfte das Umsetzen solcher Technologien schwer werden. Denn: Die allermeisten der Verfahren machen nicht an Ländergrenzen halt. Bis heute fehlen internationale Rahmen, um die Technologien zu regulieren. Völkerrechtler warnen vor Konflikten, sollte es zu nationalen Alleingängen kommen. Auch Meereis bewegt sich über Ländergrenzen hinweg. Arktische Nationen und Völker sollten sich also über den Einsatz von Meer-eispumpen einig sein. Das politische Spannungsfeld der Arktis – teilweise russisch, amerikanisch, kanadisch und europäisch – dürfte einen gemeinsamen Einsatz der Technik wohl eher erschweren als fördern.

Trotz aller Kritik wird die Entwicklung der Technologien gefördert – auch von Regierungen. Im Mai 2025 verkündete die britische Behörde ARIA, das weitere Erforschen der Meer-eispumpen mit 10 Millionen Pfund zu fördern. Die Gelder kommen aus einem öffentlichen Fond zum Erforschen von Maßnahmen zur Klimakühlung. Gefördert wird ein Zusammenschluss aus Real Ice, Arctic Reflections und einer

Handvoll Wissenschaftler – inklusive Fitzgerald. Die Behörde begründet ihre Förderung damit, dass man Expertise über die Verfahren brauche, sollte man in Zukunft in die schwierige Lage kommen, über ihren Einsatz entscheiden zu müssen.

Es ist ein gängiges Argument der Geoengineering-Befürworter: Die Eingriffe in das Erdsystem könnten am Ende der letzte Ausweg aus dem Klimakollaps sein. Allein deshalb müsse man sie erforschen. Kritiker warnen, die Technologien brächten die Menschheit in die Versuchung, es überhaupt erst so weit kommen zu lassen. »Wir sollten weiterhin lieber darüber nachdenken, wie wir die Emissionen senken können, statt über allerletzte Rettungsmaßnahmen«, sagt der Meereisphysiker Haas.

Denn der wichtigste Ansatz bleibt der alte: Stabilisiert sich das Klima, tut das Meereis es auch, und desto weniger eisfreie Sommer wird es in der Arktis in Zukunft geben. ■

Meereisphysiker Christian Haas erforscht, welche Prozesse die Meereseisdicke beeinflussen. Geoengineering sieht er kritisch, denn bis jetzt brauche es solche möglicherweise riskanten Eingriffe ins Klima nicht: »Von dem Punkt, an dem wir keine andere Option mehr haben, sind wir noch ein ganzes Stück entfernt.«

P.M. KOMPAKT

- In der Arktis nimmt die Meer-eisfläche pro Jahrzehnt um rund **13 Prozent** ab.
- Eine Idee: Das Eis mit **Meerwasser fluten** und so Eis erzeugen.
- Kritiker bemängeln die **unabsehbaren Risiken** und hohen Kosten.



Lea Wowra befasst sich seit ihrem Meereswissenschaftsstudium mit Polarmeeren und hofft, dass abenteuerliche Erfindungen nicht vom Klimaschutz ablenken

