



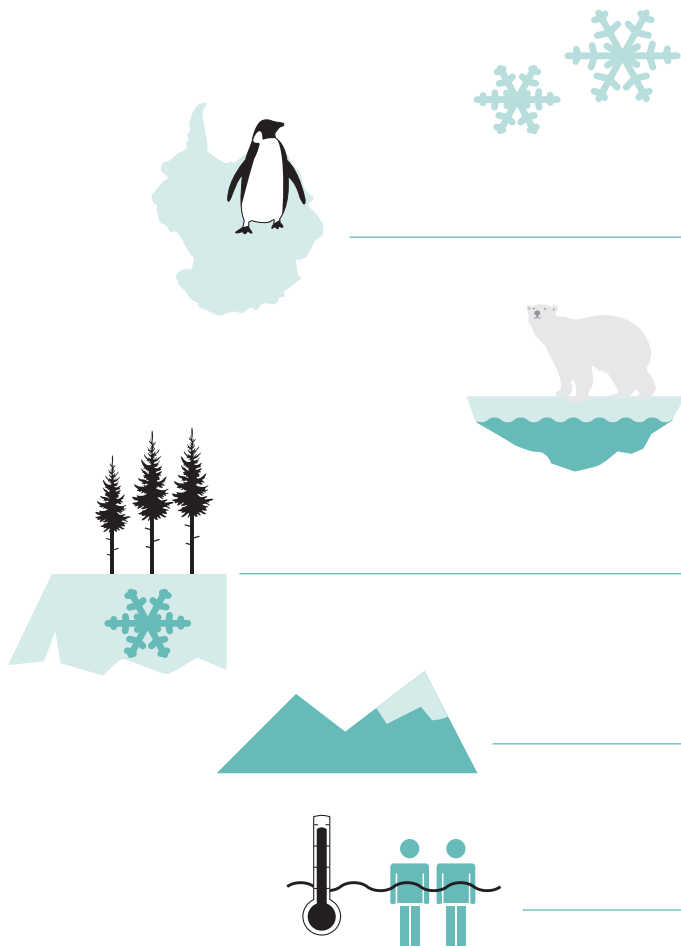
*Esther Gonstalla*

# Das Eisbuch

Alles, was man wissen muss, in 50 Grafiken

006 Vorwort von Antje Boetius

008 Einleitung



102 Quellen

110 Autorin und Dank

---

Eiswelten 011

---

Eisschilde 025

---

Meer und Eis 041

---

Permafrost 059

---

Gletscher 071

---

Mensch und Eis 085

---

# Eis als Landschaft

## **Liebe Leserinnen und Leser,**

bevor Sie anfangen zu lesen, schließen Sie doch erst einmal die Augen, und versuchen Sie, sich eine vollständig gefrorene, weiße Landschaft vorzustellen. Vielleicht waren Sie schon mal auf einem Gletscher wandern oder wenigstens mal so richtig eingeschneit auf einer Alm. Vielleicht konnten Sie sogar auf dem Antarktischen Kontinent ein paar Schritte gehen. Vollständig weiße Landschaften sind etwas Besonderes – wir finden sie vor allem rund um den Nordpol und den Südpol, wo es aufgrund des Sonnenwinkels kalt genug ist, damit Wasser gefroren bleibt.

Von Schnee über Firn zu Permafrost, Meereis und den riesigen Eisschilden Grönlands und der Antarktis finden wir Eis, die sogenannte Kryosphäre, in den unterschiedlichsten Landschaftsformen und Funktionen vor. Die Gletscher und Eisschilde speichern den Großteil des Süßwassers der Erde, Permafrostböden schützen Küstenregionen vor Erosion und halten Kohlenstoff in der Erde, das Meereis bildet ein besonderes Habitat für Meeressäuger, Eisbären und Pinguine. Besonders für den Energiehaushalt der Erde kommt dem Eis eine wichtige Rolle zu: der sogenannte Albedo-Effekt sorgt dafür, dass Eis und Schnee als helle Oberfläche die Sonnenstrahlung zu einem großen Teil reflektieren und damit das Aufheizen der Oberfläche verhindern. Ohne Kryosphäre würde die Erde immer weiter Sonnenenergie absorbieren und immer wärmer werden.

In 30 Jahren Polarforschung durfte ich selbst einen besonderen Blick auf die gefrorenen Landschaften gewinnen. Sie erscheinen mir unwirklich schön, voller Geheimnisse. Wenn man mit dem Forschungsschiff Richtung Nordpol unterwegs ist, dann kann man den Rand des Meereises als einen hellen Schein am Horizont sehen, lange bevor man das Eis erreicht. Der Ozean wird schon lange vorher ganz ruhig, denn wo Eis ist, gibt es kaum noch spürbare Wellen. Seitdem ich im Sommer 2012 die größte bis heute gemessene Meereisschmelze in der Arktis selbst miterlebt habe und messen konnte, wie sich dadurch bis in die Tiefsee hinab alles ändert, denke ich viel mehr über den Klimawandel und die Folgen unseres Handelns nach. So ein tiefes Gefühl von Verlust habe ich auch, wenn ich am Fuße der isländischen oder der alpinen Gletscher stehe, die immer mehr Geröll freilegen und die vor Ende des Jahrhunderts verschwunden sein werden, weil es zu warm wird.



Die Arktis nimmt für unser Klima in Mitteleuropa eine ganz besondere Rolle ein, sie ist unsere Wetterküche. Die rasche Erwärmung der Atmosphäre und des Ozeans verändert die Polarregionen schneller als vorhergesagt und auf vielfältige Weise. Die Erkenntnisse der gerade abgeschlossenen Nordpol-Drift-Expedition MOSAiC zeigen, dass sich der arktische Winter bereits um zehn Grad erwärmt hat gegenüber den Temperaturen des 19. Jahrhunderts, als der Polarforscher Fridtjof Nansen mit seinem Schiff »Fram« im Eis driftete. Die Erwärmung der Erde erzeugt jetzt schon einen massiven Rückgang der Kryosphäre, ob als Meereis, Gletscher oder Permafrost. Da schwinden nicht nur das Weiss und unser Albedo-Schutzschild, sondern auch einzigartige Lebensräume mit ihren besonders angepassten Tieren und Pflanzen und die Lebensgrundlage von vielen Menschen.

Mehr Wissen über die Meere und das Eis hilft, das Klimasystem der Erde besser zu verstehen und sich für eine andere Zukunft einsetzen zu können. Das Eisbuch zeigt eindrücklich, wie wir Menschen und alles Leben mit dem Element »Eis« verbunden sind und was für ein ganz besonderer Stoff das ist.

Viel Spaß beim Lesen und Entdecken!

Foto: © Alfred-Wegener-Institut /  
Esther Horvath

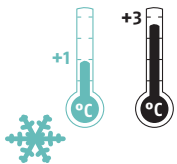


**Prof. Dr. Antje Boetius**

Direktorin des Alfred-Wegener-Instituts (AWI),  
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung  
Bremerhaven, 2021

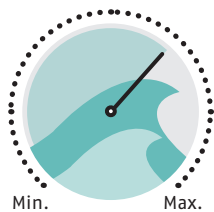
# Das Eis ...

ist essenziell für Klima  
und Lebewesen als:



## Temperaturregulator

Helle Eisflächen reflektieren einen großen Teil der Sonnenstrahlen und sind daher ein bedeutender Faktor für das weltweite Klima.



## Ozeanregulator

Schmelzendes Eis erhöht den Meeresspiegel, verändert durch den Schmelzprozess den Salzgehalt und die Dichte des Wassers und beeinflusst sogar die Meeresströmungen.



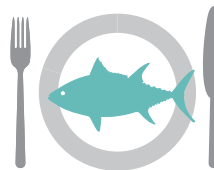
## Wasserlieferant

Knapp 69 % des Süßwassers der Erde sind in Gletschern gespeichert, nur 30 % im Grundwasser.



## Lebensraum

Unzählige Vögel, Meerestiere und Landsäugetiere in den Polarregionen sind abhängig von Schnee und Eis, etwa zur Aufzucht ihres Nachwuchses oder zur Überwinterung.



## Helfer bei der Nahrungssuche

Eisbären und andere Raubtiere sind zur Nahrungssuche auf das Meereis angewiesen. Auch von den rund 4 Mio. Menschen in der Arktis gehen einige auf dem Eis zur Jagd.



## Bodenschützer

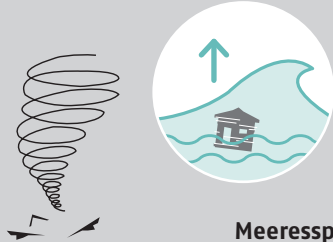
In den Polarregionen schützt der dauerhaft gefrorene Boden (Permafrost) vor Erdbeben, Absenkung von Erdreich oder Erosion\* von Küsten.



\*natürliche Abtragung von Gestein und Boden durch Wasser, Eis und Wind

# ... und der Mensch

hängt vom Eis ab:



## Meeresspiegel

Aufgrund steigender Temperaturen schmilzt mehr Inlandeis, in der Folge steigt der Meeresspiegel, und es kommt zu Überflutungen. Für rund 700 Mio. Menschen an Küsten, Flüssen und auf Inseln stellt das bereits heute eine ernste Bedrohung dar.

## Landwirtschaft

In vielen Regionen der Welt, z. B. im Himalajagebirge oder in Chile, ist der Anbau von Obst, Gemüse und Getreide in der Trockenzeit nur durch Schmelzwasser aus Gletschern möglich.



## Wasserqualität & Gesundheit

Im Eis eingelagerte Schwermetalle und Chemikalien wie FCKW können durch die Eisschmelze das Trinkwasser kontaminieren.

1350 Mio.

Menschen in hohen Bergregionen und niedrig liegenden Küstenzonen sind direkt von der Kryosphäre (alle Eismassen auf der Erde) und dem Ozean abhängig.

## Lebensunterhalt

Von traditionellen Tätigkeiten bis hin zu Jobs im Eistourismus z. B. auf Kreuzfahrtschiffen – Millionen Beschäftigte hängen vom Zustand des Eises ab.



## Infrastruktur und Häuser

Auf Permafrost gebaute Infrastruktur und Häuser für 4 Mio. Menschen in der Arktis bleiben nur dann stabil, wenn der Boden darunter dauerhaft gefroren ist.



## Kultur

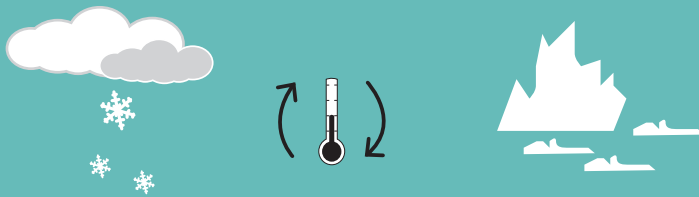
Eis ist besonders für die Kultur der indigenen Bevölkerung der Arktis identitätsstiftend.



## Tourismus und Freizeit

Ski und weitere Wintersportarten, Eisklettern oder Hundeschlittenrennen auf gefrorenen Seen haben eines gemeinsam: Sie benötigen Eis und Schnee.





»Das offene Meer, die Arktis, die Antarktis und das Hochgebirge mögen vielen Menschen weit entfernt erscheinen, aber wir sind von ihnen abhängig und werden in vielerlei Hinsicht direkt und indirekt von ihnen beeinflusst.«

**Prof. Dr. Hoesung Lee,**  
Vorsitzender des Weltklimarats (IPCC)



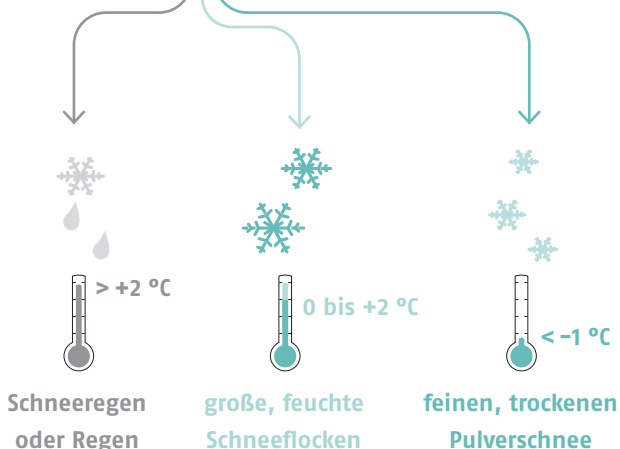
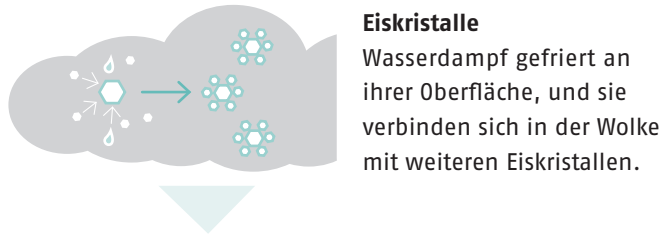
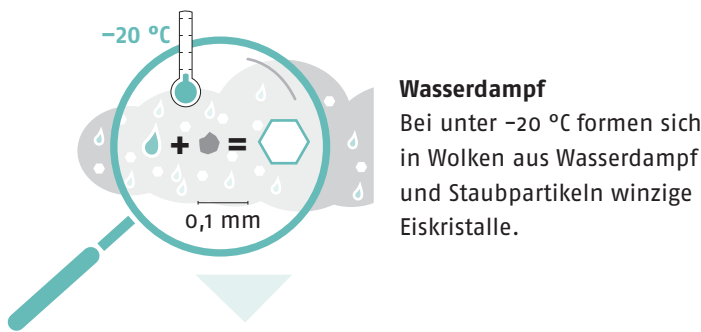


Eiswelten

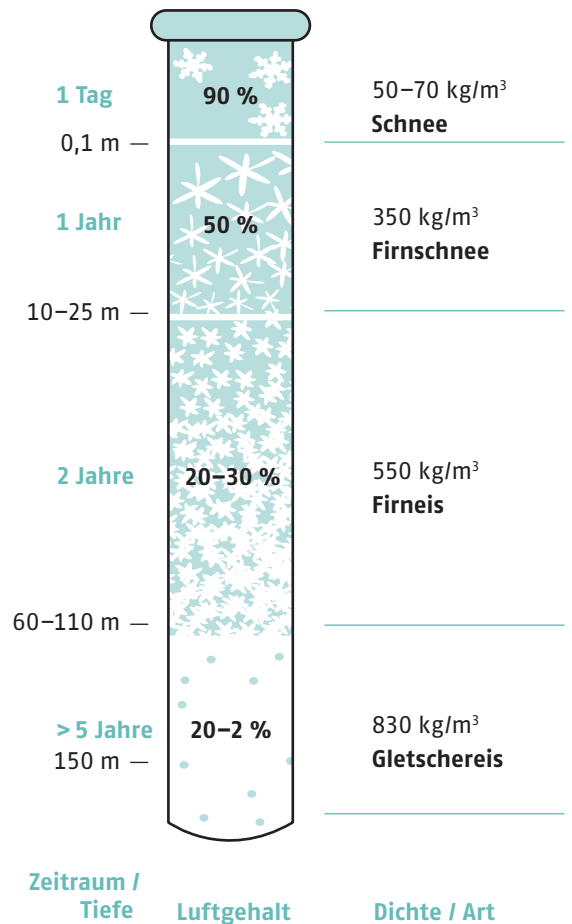
# Was ist Eis?

Eis hat viele Formen: Bei Minusgraden entstehen u. a. Eisflocken in der Luft, Eiskristalle im Boden und Eisnadeln auf dem Wasser.

## Von Schneeflocken ...



## ... zum Gletschereis



Von seinem Eigengewicht verdichtet und durch wiederholte Schmelz- und Gefrierprozesse entsteht aus leichtem Neuschnee nach rund fünf Jahren schweres Gletschereis. Im Gletschereis verbleiben wenige Luftblasen, die durch den Druck immer weniger werden, bis nur noch ca. 2 % übrig bleiben. Forscher\*innen können in diesen Bläschen die Klimageschichte der letzten 800.000 Jahre ablesen.

## Eis ist immer in Bewegung

### Akkumulation

Gletscher und Eisschilde wachsen durch Schneefall jedes Jahr wieder an. Auch Schnee- und Eislawinen und das Wiedergefrieren von Schmelzwasser tragen dazu bei.

### Ablation

Gletscher und Eisschilde verlieren jedes Jahr an Masse, u. a. durch: Abschmelzen, Abfluss, Sublimation (»Verdunstung«), Ablösen von Eisbergen (Kalbung) und Abbruch von Eis an der Schelfeis- oder Gletscherfront.

### Eis & Atmosphäre

interagieren in der Eisentstehung und -schmelze: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit entscheiden, ob es zu Wolken-, Schnee- und später zur Eisbildung kommt. Sonneneinstrahlung, CO<sub>2</sub>-Gehalt und der Transfer von Wärme zwischen Eis, Ozean und der Atmosphäre führt zur Schmelze.

### Gletscherbewegung

Das Eis in Gletschern und Eisschilden fließt durch das enorme Gewicht ständig mit der Gravitationskraft abwärts. Dabei verformt sich die zähe Eismasse innerhalb des Gletschers.

### Eis & Meere

Die Flächen von Meereis schwanken saisonal stark. Meereis bewegt sich durch Meeresströmungen und Winde, verändert den Salzgehalt und wirkt isolierend zwischen Ozean und Atmosphäre.

### Eis & Untergrund

An der Unterseite des Eisschildes oder Gletschers gleiten die Eismassen durch den enormen Druck und die höheren Temperaturen auf einem dünnen Film aus Wasser. Die Temperatur wird von der Erdwärme und Rauheit des Untergrunds (Reibungswärme) bestimmt.

## Das Eisbuch

Die vom Menschen verursachte Erderhitzung lässt an den Polen und in vielen Hochgebirgen in dramatischem Umfang Eismassen schmelzen. Dadurch verändern sich nicht nur klimatische Prozesse zum Nachteil von Menschen, Pflanzen und Tieren. Auch polare und alpine Ökosysteme sind bedroht, außerdem die Nahrungsketten und die Süßwasservorräte der Erde. Esther Gonstalla stellt die so sensiblen wie gefährdeten Eisregionen der Erde vor und vermittelt in übersichtlichen Grafiken eine Fülle wissenswerter Fakten: Welche physikalischen Wechselwirkungen lösen den Eisverlust aus? Wie hoch wird bei anhaltender globaler Erwärmung der Meeresspiegel steigen, und welche Küstengebiete sind davon besonders betroffen? Welche Folgen hat der Schwund der Alpengletscher? Wie wirkt sich der tauende Permafrostboden in den Subpolarzonen auf die Lebensbedingungen dort aus? Welche vielfältigen Gefahren, nicht zuletzt für die maritime Schifffahrt und die globale Sicherheit, gehen von der Meereserwärmung und -versauerung aus? Wie und wo kann gegengesteuert werden?