

Sie wollen einen Einstiegsfilm zeigen? Hier finden Sie meinen selbst erstellten Schulfilm zur Expedition: <https://bit.ly/3hSeT3n>

## Die Prozesse in der Arktis

Die MOSAiC-Expedition betrachtet die vielen Prozesse unter, im, auf und über dem Eis multidisziplinär. Das heißt, dass die verschiedenen Wissenschaftler\*Innen aus unterschiedlichen Disziplinen wie Ozeanographie, Biologie, Meereisforschung oder Atmosphärenforschung zusammenarbeiten. Denn alle Prozesse in der Arktis wirken aufeinander ein und bedingen sich gegenseitig.

Welche Prozesse in der Arktis stattfinden, sollen die Schüler\*Innen mit diesem Material selbstständig erarbeiten.

1. Das Video von CIRES zeigt eine Erklärung der in der Arktis stattfindenden Prozesse in englischer Sprache. Das Video kann individuell, im Klassenverbund oder im Englischunterricht angesehen werden. Im Material findet sich das Skript zum Video. <https://www.youtube.com/watch?v=QZ4netlc7LY&feature=youtu.be>
2. Die deutsche Version des Skripts findet sich ebenfalls im Material. Das Skript kann genauso Stück für Stück gelesen werden oder als Übersetzungshilfe dienen.
3. Die deutsche Version ist außerdem als MP3-Datei verfügbar. Es kann also ebenfalls angehört werden.

### Beispiel einer Umsetzung:

Phase	Inhalt	Medien/Infos
Einstieg	Welche Prozesse finden in der Arktis statt? Blitzlichtmethode <sup>1</sup> : „Welche Prozesse werden aufeinander wirken, wenn sich die Durchschnittstemperatur in der Arktis erwärmt?“	Zeitgleich möglich: Bildimpuls oder Video (s.o.) im Startmodus
Zwischensicherung	Über Ergebnisse diskutieren, einzelne Ideen an der Tafel festhalten	Tafel
Erarbeitungsmöglichkeit 1	Die Prozesse mithilfe von Medien erarbeiten	Video in englischer Sprache ansehen und Skript vorlegen
Erarbeitungsmöglichkeit 2	Die Prozesse mithilfe von Medien erarbeiten	Die MP3-Datei anhören (und deutsches Skript lesen)
Sicherung	Gemeinsames Tafelbild	
Transfer	Ein eigenes Legevideo mithilfe der MP3-Aufnahme auf Deutsch erstellen	Vorlage Zeichnungen auseinanderschneiden, oder selbst gestalten MP3-Datei abspielen, Video mit Smartphone drehen

<sup>1</sup> Bei der Blitzlichtmethode werden die Schüler\*Innen gebeten, nacheinander spontan und schnell möglichst nur neue Aspekte und Ideen einzuwerfen. Anschließend wird über die Ergebnisse diskutiert.

## **The key processes in the Arctic**

(from Sam Cornish, Oxford University 2019)

The Arctic is a cold, hostile region around the North Pole that is populated by Polar Bears, Arctic Foxes and other animals that have adapted to cope with the freezing temperatures. Humans like us simply cannot survive here without special clothing and shelter.

It is so cold in the Arctic, that the ocean here freezes over in winter. You can walk on the ice, and even put heavy machinery like helicopters on it if it is thick enough.

In the winter months the sun never rises, but in the summer, the sun never sets. Much of the ice on the ocean melts during the summer, and more than before is melting now due to climate change.

Although it is so cold, the Arctic is actually warming faster than anywhere else on Earth. Scientists are trying to understand what the effects of this warming will be for all of us, whether we live near the Arctic or further away, and to do that, they need to understand how exactly the Arctic climate system works.

So – where to start in understanding this system? Let's begin with the Sun, which provides the energy for weather on Earth. The Sun is a hot fiery ball of gas, which sends out high energy light-waves into space. Some of that energy is received by the Arctic directly, if the Sun has not set. As this light makes its way through the atmosphere, some of it is prevented from reaching the Earth's surface by a gas called ozone in the high atmosphere – the stratosphere. Some of it is blocked by clouds. Whatever sunlight makes it through then hits the surface. When it hits ice, almost all of this light bounces back towards space, minimising the warming. The snow and ice acts like a reflective blanket on the ocean, preventing the sun from warming it up. However, when the blanket isn't there and sunlight hits seawater, which is dark, the water absorbs this energy and gains heat. The less ice there is, the more heat can be absorbed by the water, which then means the ice may melt faster.

Energy also goes from the surface back up to space. Because the Earth's surface is much colder than the Sun, these waves are much less energetic. As such, these space-bound energy waves interact differently with the atmosphere than the incoming energy waves from the sun. Picture polar night for a second. There is no incoming radiation from the sun, but there is still some energy being sent towards space from the surface. If there are clouds overhead, a lot of this energy is trapped, keeping the surface relatively warm. If the night sky is clear, the energy can escape to space and the temperatures can plummet. You may have experienced this yourself: cold nights are often starry nights.

Even more interesting, the type of cloud actually effects how much it acts like a warm blanket over the Arctic. The cloud can be made of supercooled liquid droplets, or ice, or both. And it is aerosols, or tiny little particles suspended in the air, that help to determine whether clouds are made of ice, liquid, or both. These little particles can come from far away, perhaps smoke from forest fires in Siberia, or exhaust fumes in Berlin. Or they might come from the Arctic itself: perhaps from sea spray or even from tiny little microbes living in the ocean. One of things scientists here are trying to understand is how these aerosols affect clouds, which in turn affect the temperature at the surface, which affects whether the sea ice grows or melts.

Relatively recently, scientists discovered that there are tiny organisms that get their energy from light living on the base of the sea-ice. So, amazing as it seems, just enough light gets

through to allow these creatures to survive. Scientists are interested in what role these creatures might play in a food chain that goes up to whales and polar bears, but also in the cycling of nutrients and important elements like carbon in the ocean.

The sea-ice doesn't just stay where it is, but is blown around by winds. It moves around the Arctic and in general follows a sort of highway of ice that goes from the North Pole towards the Atlantic ocean.

The ocean below the ice is also in motion. Directly under the ice, the Arctic Ocean is cold and relatively fresh. You still wouldn't want to drink it, but it would be more palatable than the warm salty water below that comes from the Atlantic. This seawater from the Atlantic sits below the fresh layer because it is much more dense on account of all the salt it contains. So as the wind blows over the ice, and pushes it around, the ice also moves over the water, and transfers some of that energy to the water. The circulation of this surface fresh layer of water is largely determined by the winds, and the amount and type of ice there helps to establish how much energy the winds are able to give the ocean.

As the motion of the winds and the ice on top of the ocean stirs this surface layer up, heat (which can melt ice) and nutrients (which can give food to little lifeforms) that is stored in the water below can be mixed up to the surface. So scientists are also interested in how the energy from winds gets transmitted via ice to the ocean below.

Lying at the North Pole of the Earth, the Arctic is at the receiving end of northwards movement of heat and moisture from warmer latitudes near the equator. Depending on the large-scale patterns of atmospheric circulation at any given time, these air masses bearing huge amount of heat and moisture can either be kept away from the Arctic, or driven up there as if by a steamroller. So the Arctic is also very sensitive to large-scale atmospheric motions. And, at the same time, the conditions in the Arctic seem to affect these same patterns of circulation, and indeed the weather we experience in Europe. This is because one of the things driving the movement of the atmosphere is the temperature difference between lower latitudes and the Arctic.

## **Die wichtigsten Prozesse in der Arktis**

(von Friederike Krüger nach Sam Cornish, 2019)

Die Arktis ist eine kalte, unwirtliche Region rund um den Nordpol, in der Eisbären beheimatet sind, Polarfüchse und andere Tiere, die sich an die eiskalten Temperaturen angepasst haben. Menschen können hier ohne spezielle Kleidung nicht überleben.

Es ist so kalt in der Arktis, dass der Ozean im Winter zufriert. Dann kann man auf dem Eis herumlaufen und sogar schwere Maschinen wie Helikopter und Pistenbullys daraufstellen, wenn es dick genug ist.

In den Wintermonaten geht die Sonne nicht mehr auf und im Sommer geht sie nicht unter. Große Mengen des Meereises schmelzen während der Sommermonate, und aufgrund des Klimawandels schrumpft die Gesamtmenge an Eis jährlich.

Auch wenn es hier so kalt ist, erwärmt sich die Arktis momentan schneller als jeder andere Ort auf der Erde. Wissenschaftler versuchen zu verstehen, welchen Effekt die Erwärmung auf uns alle hat, egal, ob wir in der Nähe der Arktis leben oder weit davon entfernt sind. Und um das zu tun, müssen sie das arktische Klimasystem verstehen.

Also wo beginnen wir mit diesem System, das aus Ozean und Eis, Wolken und Atmosphäre, der Sonne und Lebewesen besteht?

Starten wir mit der Sonne, die die Energie für das System liefert. Sie ist ein heißer Feuerball aus Gas, der kurzwellige Strahlung im sichtbaren Bereich in den Weltraum aussendet. Ein Teil der Strahlung erreicht die Arktis direkt, solange die Sonne nicht untergeht. Während das Licht seinen Weg durch die Atmosphäre nimmt, wird ein Teil davon vom Ozon-Gas in der oberen Schicht der Atmosphäre, der sogenannten Stratosphäre, abgehalten. Ein anderer Teil der Strahlung wird von den Wolken abgehalten. Die restliche Sonnenstrahlung erreicht die Erdoberfläche. Wenn sie auf Eis trifft, wird beinahe die gesamte Strahlung wieder zurück Richtung Weltall reflektiert. Denn Schnee und Eis verhalten sich wie eine reflektierende Decke auf dem Ozean und halten die Sonne davon ab, ihn zu erwärmen. Doch wenn es diese Decke nicht gibt und das Sonnenlicht das verhältnismäßig dunkle Meerwasser direkt trifft, nimmt das Wasser die Energie direkt auf und erwärmt sich. Und je weniger Eis es gibt, desto mehr Wärme kann das Wasser aufnehmen, was wiederum heißt, dass das noch vorhandene Eis schneller schmelzen kann.

Wir beobachten nicht nur Energie, die von der Sonne auf die Erde trifft und dort zum Teil zurückreflektiert wird. Auch die Erde gibt direkte Energie an die Atmosphäre ab. Weil die Erdoberfläche aber viel kälter ist als die Sonne, sind die Strahlungswellen wesentlich schwächer und im langwelligen Bereich. Aus diesem Grund reagieren die von der Erde ausgehenden Strahlungswellen anders mit der Atmosphäre als die der Sonne. Betrachten wir die Polarnacht für einen Moment. In dem Fall fehlt die Einstrahlung der Sonne, aber es geht weiterhin Energie von der Erdoberfläche Richtung All aus. Wenn es Wolken gibt, wird ein Großteil der Energie aufgehalten und die Erdoberfläche bleibt relativ warm. Wenn der Himmel jedoch wolkenlos ist, kann die Energie ins All entweichen und die Temperatur ist wesentlich geringer. Das habt ihr sicher selbst schon erlebt: sternenklare Nächte sind häufig bitterkalt.

Interessanterweise kommt es dabei auf den Wolkentyp an, wie sehr Wolken als wärmende Decke über der Arktis wirken. Die Wolken können aus unterkühlten flüssigen Tröpfchen bestehen, aus Eis oder aus beidem. Unterkühlt heißt ein Wassertröpfchen, wenn es auch Unterrichtsmaterial erstellt von Friederike Krüger, entstanden im Rahmen der MOSAiC-Expedition und der MOSAiC School durch Unterstützung des Alfred-Wegener-Instituts. Das Material darf unter Nennung der Ursprungsquelle frei, jedoch nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Weiteres Material unter [mosaic-expedition.org/bildung](http://mosaic-expedition.org/bildung)

bei Minusgraden noch flüssig bleibt statt zu Eis zu gefrieren. Und oft sind Aerosole, also sehr kleine in der Luft schwebende Partikel, dafür verantwortlich, ob die Wolken aus kleinen Eiskristallen, flüssigen Tröpfchen oder beidem bestehen. Die kleinen Aerosolpartikel können aus großer Entfernung stammen, zum Beispiel von Rauch aus den Sibirischen Wäldern oder von Abgasen aus Berlin. Manche stammen auch aus der Arktis selbst: Zum Beispiel aus der Gischt oder von winzigen Mikroben, die im Ozean leben. Eines der Dinge, die die Wissenschaftler während der MOSAiC-Expedition verstehen wollen, ist die Frage, wie die Aerosole Wolken beeinflussen, welche wiederum davon die Erdoberflächentemperatur verändern und dann bestimmen, ob Meereis wächst oder schrumpft.

Das Licht der Sonne sorgt nicht nur für das Schmelzen des Eises, sondern ermöglicht auch Leben im und unter dem Eis. Auch wenn es wundersam klingt: Es gibt eine Menge Leben unter dem Eis! Die Biologen auf der MOSAiC-Expedition wollen herausfinden, welche Rolle diese Organismen in der Nahrungskette bis hinauf zu Walen und Eisbären, aber auch in dem Nährstoffkreislauf und in wichtigen Elementen wie dem Kohlenstoff spielen.

Das Meereis bleibt nie an einer Stelle, sondern wird vom Wind transportiert. Es bewegt sich durch die Arktis und folgt zwei großen Driftsystemen. Zum einen der Transpolardrift, die Eis von den russischen Küstengebieten über den Nordpol Richtung Atlantischen Ozean bewegt, und zum anderen dem sogenannten Beaufort-Wirbel, der das Eis, das vor Grönland aufgeschoben wird, im Uhrzeigersinn entlang der Nordamerikanischen Küste transportiert. Auch der Ozean unterhalb des Eises ist in Bewegung. Direkt unter dem Eis ist das Wasser relativ kalt und frisch. Man würde es nicht gerne trinken, aber es würde besser schmecken als das warme salzigere Wasser darunter, das aus dem Atlantik kommt. Das Meerwasser aus dem Atlantik befindet sich unter der frischen Schicht des arktischen Meerwassers, weil es durch seinen höheren Salzgehalt dichter und schwerer ist.

Wenn der Wind über das Eis bläst und es herumschiebt, wird auch das Wasser direkt darunter bewegt, wodurch Bewegungsenergie an das Wasser abgegeben wird. Die Zirkulation dieses frischen Oberflächenwassers wird hauptsächlich durch den Wind bestimmt. Und die Menge und die Art des vorhandenen Eises bestimmt, wie viel Windenergie am Ende im Ozean ankommt.

Während die Windbewegung Eis und Oberflächenwasser aufwirbelt, werden Nährstoffe und Wärme aus unteren Wasserschichten weiter nach oben transportiert. Eine daraus resultierende Frage, der einige Wissenschaftler auf der Expedition nachgehen wollen ist, wie genau die Bewegungsenergie von den Winden durch das Eis bis in den Ozean gelangt. Gelegen in der nördlichsten Region der Erde ist die Arktis der letzte Abnehmer von Wärme und Feuchtigkeit, die vom Äquator nordwärts transportiert wird. Und zeitgleich beeinflussen die Bedingungen der Arktis diese globalen Luftbewegungen und damit auch unser Wetter in Europa. Denn der maßgebende Antrieb für die Bewegungen von Luftmassen in unserer Atmosphäre sind die Temperaturunterschiede - zum Beispiel zwischen den niedrigen Breiten und der Arktis.

Abhängig von den größeren atmosphärischen Zirkulationssystemen werden feuchte und warme Luftmassen entweder von der Arktis ferngehalten oder schneller dahin transportiert. Die Arktis reagiert auf solche Bewegungen und Veränderungen sehr stark.