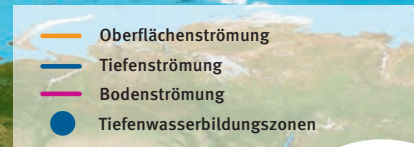


Abb.: Weltkarte: AdobeStock, Scallinger | Grafik: GFZ



Experimentieranleitung: Meeresströmungen – Das weltweite Förderband

Die Meeresströmungen verbinden alle Ozeane, mit Ausnahme des Arktischen Ozeans, miteinander. Dabei transportieren sie ungeheure Wassermassen rund um den Globus. So sorgen sie für einen Austausch von Wärme, Sauerstoff und Nährstoffen und beeinflussen unser Klima.

Meere sind ständig in Bewegung. Neben Gezeiten und Wind verursacht auch eine ungleichmäßige Verteilung von Temperatur und Salzgehalt Wasserbewegungen in den Ozeanen. Diese Bewegungen, auch Strömungen genannt, entsteht durch Abkühlung und Erwärmung an der Meeresoberfläche, aber auch durch Verdunstung, Niederschlag und Süßwassereintrag. Das Meerwasser kann an der Oberfläche oder in der Tiefe horizontal strömen oder es kann vertikal absinken und aufsteigen. Wenn große Mengen des Meerwassers in Bewegung sind, spricht man von Meeresströmungen.

Als **thermohaline Zirkulation** werden Meeresströmungen bezeichnet, die die ganze Welt umspannen und alle Meere, mit Ausnahme des Arktischen Ozeans, miteinander verbinden. Der Begriff thermohalin bedeutet, dass die Strömungen durch Temperaturunterschiede (thermo) sowie unterschiedliche Salzgehalte (halin) im Wasser angetrieben werden. Diese Meeresströmungen werden im Wesentlichen durch vier „Motoren“ angetrieben, die sich im Bereich des Nordatlantiks und vor der antarktischen Küste befinden. In diesen Zonen erhöht sich durch die Eis-

bildung der Salzgehalt des umgebenden Wassers. Die kalten, salzreichen und damit schweren Wassermassen sinken in die Tiefen der Ozeane ab und ziehen auf diese Weise oberflächennahe Ausgleichsströmungen nach sich. Dort unten strömt das Wasser dann wieder in Richtung des Äquators. Auf dem Weg durch die Tiefsee vermischen sich die kalten Wassermassen langsam mit darüberliegenden wärmeren Schichten und steigen sehr langsam wieder auf. Diese Strömungen werden auch als „Globales Förderband“ bezeichnet, da sie neben großen Wassermengen auch Wärmeenergie zwischen Äquator und den Polen um die Welt transportieren. Dadurch hat die thermohaline Zirkulation eine große Bedeutung für das globale Klima.

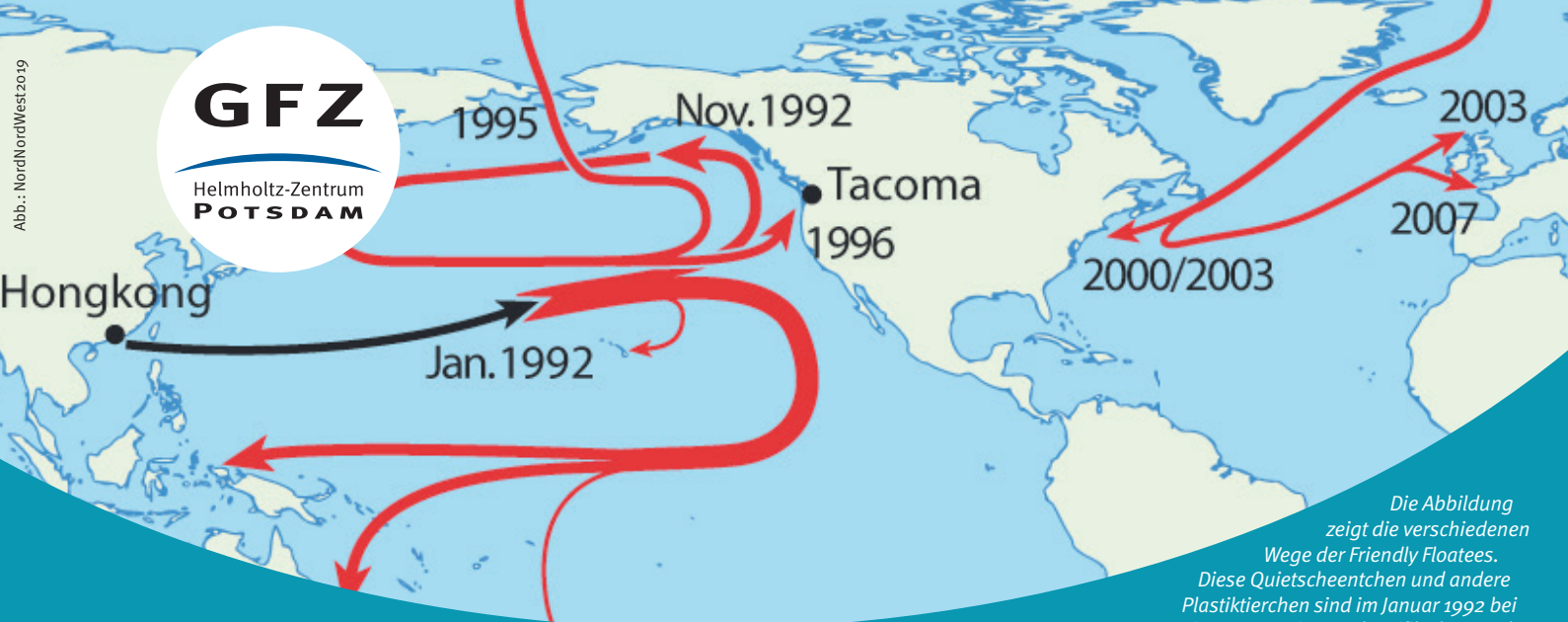
**Experiment 1:
Der Einfluss der Wassertemperatur**
Im ersten Experiment untersucht ihr, welchen Einfluss die Temperatur des Wassers auf die Zirkulation hat.

- So wird's gemacht:**
1. Fülle die Plastikkiste mit so viel Wasser (ca. 20 °C), dass der Wasserspiegel 10 Zentimeter hoch ist.
 2. Stecke in beide Becher in ca. 5 Zentimeter Höhe je eine Reißzwecke (siehe Abb. oben).

Das brauchst du:

- große durchsichtige Plastikkiste (ca. 30 cm x 15 cm x 12 cm)
- Leitungswasser
- 2 Pappbecher
- blaue und rote Lebensmittelfarbe, Ostereierfarbe oder Tinte
- ca. 200 ml kaltes Wasser aus dem Kühlschrank (ca. 8°C)
- ca. 200 ml heißes Wasser aus dem Wasserhahn (ca. 40°C)
- 2 Reißzwecken oder Pinnadeln
- Löffel





Die Abbildung zeigt die verschiedenen Wege der Friendly Floatees. Diese Quietscheentchen und andere Plastiktierchen sind im Januar 1992 bei einem Sturm im Nordpazifik über Bord gegangen. Es wurden etwa 28.800 Kunststofftiere ins Meer gespült, die aufgrund der Meeresströmungen über einen langen Zeitraum an verschiedenen Küsten angespült wurden und dabei Forscher:innen Auskunft über die Ozeanzirkulation gaben.

3. Fülle den einen Pappbecher bis knapp unter dem Rand mit dem kalten und den zweiten Becher mit dem heißen Wasser.
4. Färbe anschließend mit deinen Farben das kalte Wasser blau und das heiße Wasser rot. Wenn die Farbe sich nicht gleich im Wasser auflöst, kannst du den Prozess beschleunigen, indem du mit einem Löffel rührst.
5. Stelle die beiden mit Wasser gefüllten Becher in die Plastikkiste. Einen Becher an den rechten Rand und den anderen Becher an den linken Rand, so dass die beiden Reißzwecken jeweils nach außen gerichtet sind (siehe Abb. oben).
6. Ziehe nun nacheinander die beiden Reißzwecken aus den Bechern, so dass das gefärbte Wasser aus den Bechern in das Wasser der Plastikkiste läuft, und beobachte, was passiert (siehe Abb. unten).



Hier könnt ihr euch ein kurzes Video zum Experiment ansehen.



Erklärung:

Das kalte, blaue Wasser sinkt ab, während das heiße, rote Wasser sich an der Oberfläche ausbreitet. Vielleicht kannst du sogar eine Art Kreislauf beobachten – Wasser sinkt auf der einen Seite ab, fließt am Grund entlang zur anderen Seite, steigt dort wieder auf und bewegt sich an der Wasseroberfläche wieder zur ersten Seite zurück. Das Absinken des kalten Wassers kann mit dem Dichteunterschied erklärt werden. Da es eine höhere Dichte hat, also schwerer ist, als wärmeres Wasser, sinkt es ab.

Dichteunterschiede als Motor des Kreislaufs:

Ganz ähnlich kannst du dir das auch in den Ozeanen vorstellen. In den kalten Regionen um den Nordpol sinkt kaltes, schweres Wasser in die Tiefe, bewegt sich am Meeresgrund entlang und steigt dann unter anderem in Äquatornähe wieder auf, weil es dort durch die starke Sonneneinstrahlung erwärmt wird. Dann strömt es wieder zurück Richtung Pol. Es ist möglich, dass durch den Klimawandel die Temperaturunterschiede zwischen den Wassermassen am Äquator und den Wassermassen am Pol abnehmen, wodurch die Meeresströmung abgeschwächt werden würde.

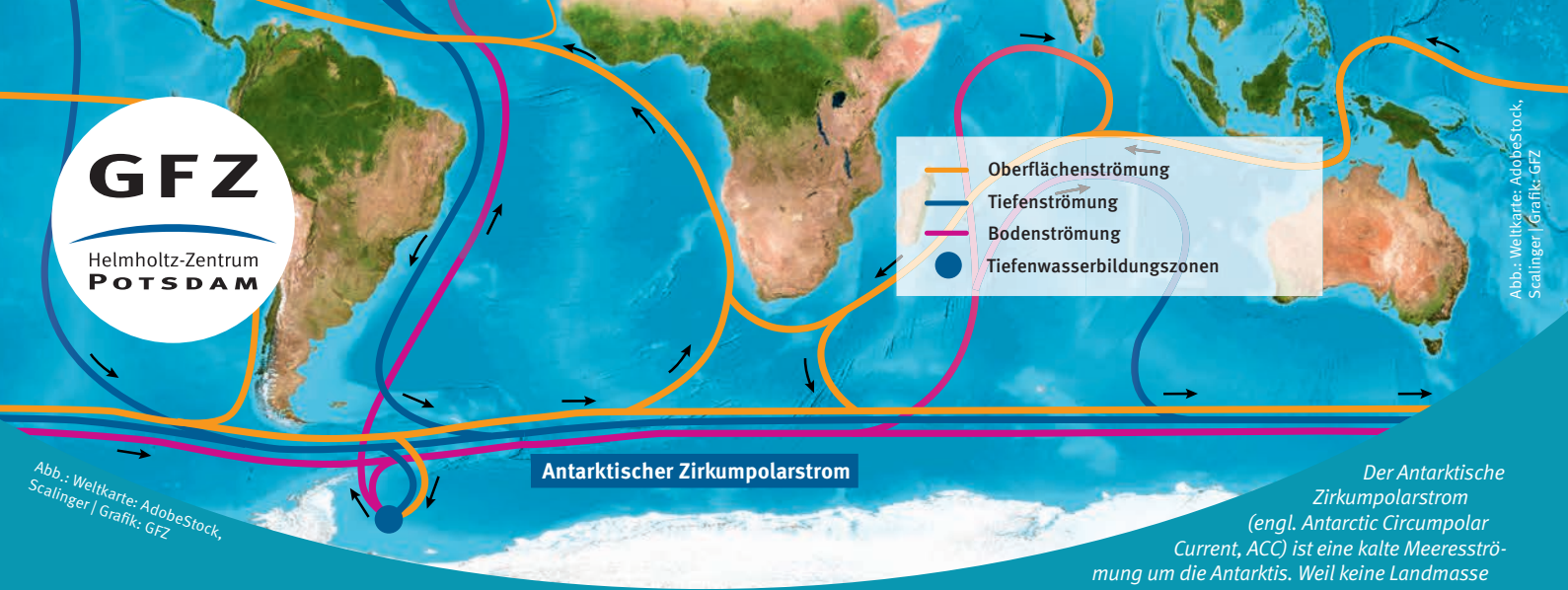


Abb.: Weltkarte: AdobeStock, Scalinger | Grafik: GFZ

Abb.: Weltkarte: AdobeStock, Scalinger | Grafik: GFZ

Antarktischer Zirkumpolarstrom

Der Antarktische Zirkumpolarstrom (engl. Antarctic Circumpolar Current, ACC) ist eine kalte Meeresströmung um die Antarktis. Weil keine Landmasse den Weg versperrt, treiben die starken Westwinde das Wasser ungehindert nach Osten, immer im Uhrzeigersinn um die Antarktis herum. Diese weltweit größte Ozeanströmung ist die einzige, die den Atlantischen, Indischen und Pazifischen Ozean direkt verbindet.

Experiment 2: Der Einfluss des Salzgehalts

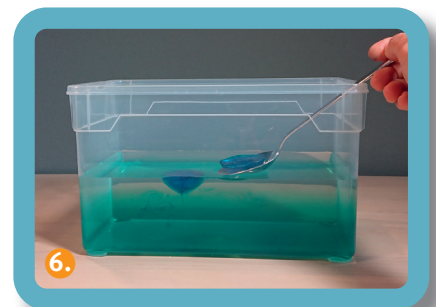
Im zweiten Experiment untersucht ihr, welchen Einfluss der Salzgehalt des Wassers auf die Zirkulation hat.

So wird's gemacht:

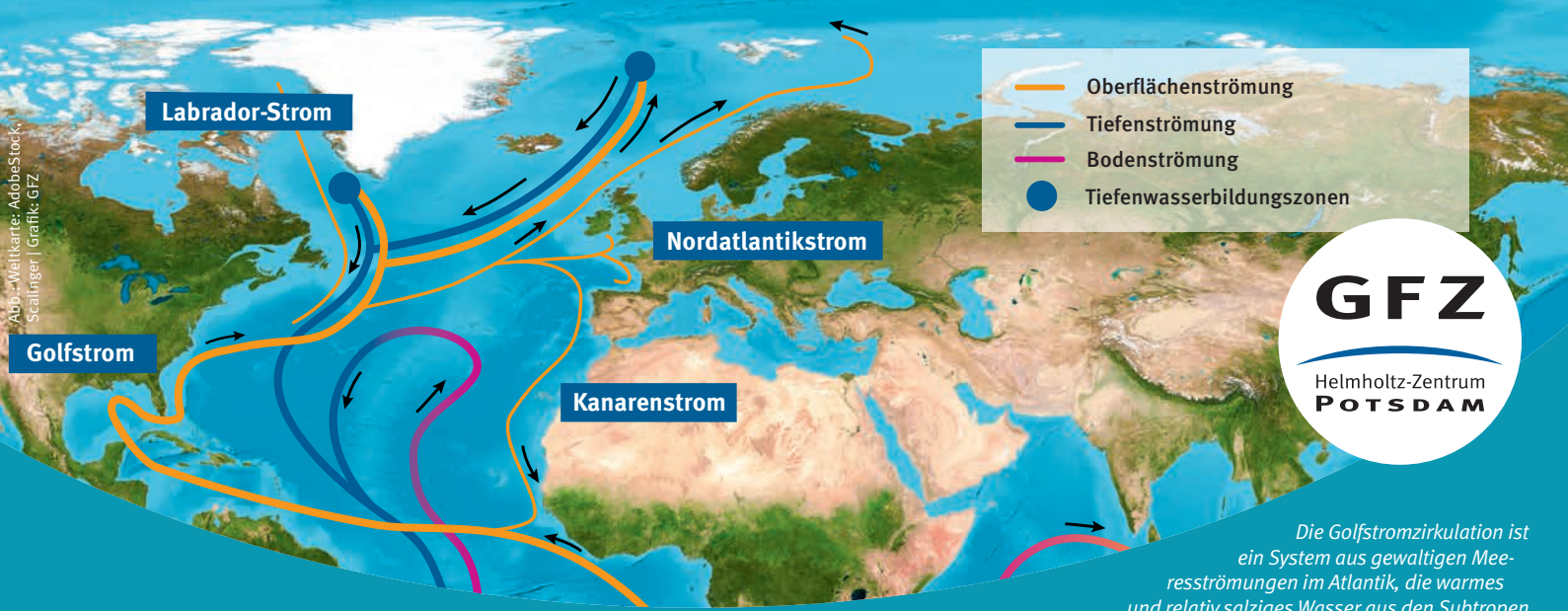
1. Stelle blau gefärbtes Wasser in einer Eiswürfelform über Nacht ins Tiefkühlfach.
2. Fülle die Plastikkiste mit so viel Wasser (ca. 20°C), dass der Wasserspiegel 10 Zentimeter hoch ist und löse einen Esslöffel Salz darin.
3. Stecke in den Becher in ca. 5 Zentimeter Höhe eine Reißzwecke.
4. Fülle den Pappbecher bis knapp unter dem Rand mit kaltem Leitungswasser, gebe die grüne Farbe hinzu und löse ebenfalls einen Esslöffel Salz darin. Rühre mit dem Löffel, bis sich die Farbe und das Salz vollständig aufgelöst haben (siehe Abb. unten links).
5. Stelle nun den Becher in die Plastikkiste und ziehe die Reißzwecke aus dem Becher, so dass das gefärbte Wasser aus dem Becher in das Wasser der Plastikkiste läuft (siehe Abb. unten Mitte). Beobachte, was passiert.
6. Lege nun vorsichtig die beiden blaugefärbten Eiswürfel in das Wasser in die Plastikkiste und beobachte, was passiert (siehe Abb. unten rechts).

Das brauchst du:

- große durchsichtige Plastikboxe (ca. 30 cm x 15 cm x 12 cm)
- Leitungswasser
- 1 Pappbecher
- Reißzwecke oder Pinnnadel
- blaue und grüne Lebensmittelfarbe, Ostereierfarbe oder Tinte
- Salz
- Löffel



Weiter auf der nächsten Seite...



Die Golfstromzirkulation ist ein System aus gewaltigen Meeresströmungen im Atlantik, die warmes und relativ salziges Wasser aus den Subtropen bis in die Arktis transportiert und so zu dem moderaten Klima Nordeuropas beiträgt. Ohne den Golfstrom wäre es in großen Teilen Europas im Schnitt fünf bis zehn Grad kälter und trockener als im gegenwärtigen Klimamittel.

Erklärung:

Beim ersten Teil des Experiments ist das grün gefärbte Wasser auf den Boden der Plastikkiste gesunken. Durch den höheren Salzgehalt, auch Salinität genannt, ist das grün gefärbte Wasser schwerer als das nicht gefärbte Wasser und sinkt somit ab. Denn es gilt: Je höher der Salzgehalt des Wassers ist, umso größer ist die Dichte des Wassers. Wasser ist also umso schwerer, je salziger und je kälter es ist. Auch in den Ozeanen sinkt das kalte, salzhaltige und damit schwere Wasser ab.

Wenn sich zum Beispiel in der Labradorsee zwischen Kanada und Grönland Meereis bildet, sorgt das dafür, dass der Salzgehalt des zurückbleibenden oberflächennahen Meerwassers zunimmt. (Meereis wird ausschließlich aus Süßwasser gebildet.) Das Wasser an der Oberfläche ist dann schwerer als das Wasser darunter, wodurch es absinkt. Diese Absinkbewegung ist ein wichtiger Teil der thermohalinen Zirkulation und treibt die Meeresströmungen an.

Beim zweiten Teil des Experiments hat sich das blaue Wasser der geschmolzenen Eiswürfel (Süßwasser!) entweder an der Oberfläche oder zwischen dem grün gefärbten und dem unge-

färbten Wasser gesammelt. Da sowohl der Salzgehalt als auch die Temperatur die Dichte des Wassers beeinflussen, können beide oben beschriebenen Ergebnisse auftreten. Für dieses Experiment geben wir zwar die Menge des Salzes vor, jedoch nicht die Menge des Wassers, mit der die Plastikkiste gefüllt werden soll. Je weniger Wasser in deine Plastikkiste passt, desto höher ist dessen Salzgehalt und desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Schmelzwasser der Eiswürfel sich an der Oberfläche sammelt.

Abschwächung der thermohalinen Zirkulation durch Gletscherschmelze

Wenn nun durch die Klimaänderung zum Beispiel die Gletscher auf Grönland schmelzen, gelangt dort vermehrt Süßwasser ins Meer. Der Salzgehalt im oberflächennahen Meerwasser nimmt dadurch ab, das Wasser wird leichter und es sinkt nicht mehr so leicht in die Tiefe. Deswegen kann das Abschmelzen des grönländischen Eises dazu führen, dass die Meeresströmungen, insbesondere der Nordatlantikstrom, schwächer werden. Dies hätte Auswirkungen auf das globale Klima, aber vor allem auch auf das Klima in Europa.

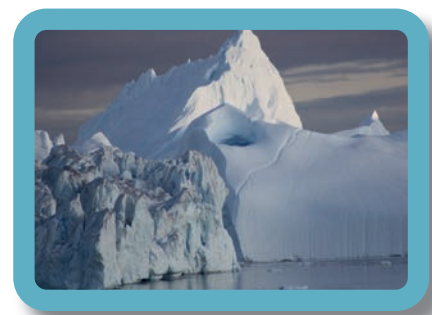


Foto: Ingo Sasgen

▲ Das Bild zeigt Eisberge des Sermeq Kujalleq- (dän.: Jakobshavn Isbræ-) Eisstroms in Westgrönland. Der gesamte Grönländische Eisschild verzeichnete im Jahr 2019 einen Rekordverlust. Insgesamt sind 532 Milliarden Tonnen Eis geschmolzen, was einen global gemittelten Meeresspiegelanstieg von 1,5 mm verursachte. Zusätzlich beeinflussen die großen Mengen Süßwasser den Salzgehalt des Meerwassers und damit die Meeresströmungen.

Hier könnt ihr euch ein kurzes Video zum Experiment ansehen.

