

## I.C.20

### Wärmelehre

# Landwind, Seewind und der Golfstrom – das Modell des Energietransportes

Ein Beitrag von Lothar Delling

Illustrationen von Benjamin Streit



© Ben Welsh/The Image Bank

Wie entsteht Wind? Am Beispiel der Verhältnisse an der Küste wird die Entstehung von Land- und Seewind als lokales Klimaphänomen erklärt. Die Schülerinnen und Schüler erfahren dabei die Aussagekraft der Gleichung für die Wärmemenge durch zielgerichtete Interpretation der Einflussgrößen wie spezifische Wärmekapazität oder Temperatur. Parallel wird schrittweise das Modell eines geschlossenen Energiekreislaufs eingeführt. Dieses Modell wird auf die Verhältnisse im Golfstrom als globales Phänomen übertragen.

---

#### KOMPETENZPROFIL

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Klassenstufe:</b>         | 8–10  |
| <b>Dauer:</b>                | 5 bis 8 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 3)   |
| <b>Kompetenzen:</b>          | 1. Anwenden physikalischer Denk- und Arbeitsweisen, 2. Entwickeln von Strategien zur Bearbeitung physikalischer Aufgaben- und Problemstellungen, 3. Nutzen der Fachsprache sowie fachspezifischer Darstellungen, 4. Kooperieren im Team, 5. Kommunizieren und Präsentieren physikalischer Inhalte |
| <b>Thematische Bereiche:</b> | Wärme, Temperatur, spezifische Wärmekapazität, Energiekreislauf im geschlossenen System   |



## Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Tx = Infotext, LEK = Lernerfolgskontrolle, Sv = Schülerversuch

### 1.–3. Stunde

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Thema</b>     | <b>Entstehung von Landwind und Seewind und Energiekreislauf</b> |
| <b>M 1</b> (Ab)  | <b>Landwind und Seewind</b>                                     |
| <b>M 1a</b> (Ab) | <b>Ergänzungsmaterial zu M 1</b>                                |
| <b>M 1b</b> (Ab) | <b>Kreislaufschema zum Land- und Seewind</b>                    |

### 4. Stunde

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Thema:</b>       | <b>Spezifische Wärmekapazität</b>   |
| <b>M 2</b> (Ab, Sv) | <b>Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Sand</b>  |
| <b>Benötigt:</b>    | <input type="checkbox"/> Becherglas<br><input type="checkbox"/> Wasser<br><input type="checkbox"/> Sand<br><input type="checkbox"/> Thermometer<br><input type="checkbox"/> Waage |



### 5./6. Stunde

|                 |                                 |
|-----------------|---------------------------------|
| <b>Thema</b>    | <b>Der Golfstrom</b>            |
| <b>M 3</b> (Ab) | <b>Der Golfstrom – Einstieg</b> |
| <b>M 4</b> (Ab) | <b>Der Golfstrom – Verlauf</b>  |

### 7./8. Stunde

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Thema</b>         | <b>Erweiterungen, Lernzielkontrolle</b>   |
| <b>M 5</b> (Ab, LEK) | <b>Aufgabensammlung zum Einsatz für Kurzvorträge, Lernerfolgskontrolle, ...</b> |
| <b>M 5a</b> (Ab)     | <b>Kriterien zur Bewertung eines Kurzvortrags</b>                               |
| <b>M 5b</b> (Ab)     | <b>Bilder zu den Aufgabenkärtchen</b>   |
| <b>M 5c</b> (Tx)     | <b>Der Golfstrom fließt langsamer</b>   |

### Minimalplan

Die Teile 1 bis 3 (**M 1** bis **M 4**) können jeweils weitgehend unabhängig eingesetzt werden. Auch die Verwendung von zwei Teilen ist denkbar, mit entsprechendem Zeitbedarf. Die Aufgaben müssen dann inhaltlich überprüft werden.

## M 1

## Landwind und Seewind

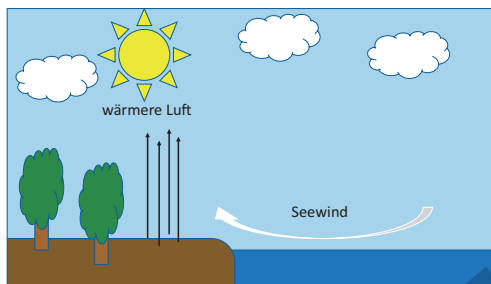
Der stetige Wechsel von Landwind und Seewind ist nicht nur an der Biskaya, sondern auch an vielen anderen Küsten zu beobachten. So lassen sich oft auch Fischer vom Landwind nachts auf das Meer treiben und tags vom Seewind zurück zum Land.



Wie lässt sich das Entstehen von Landwind und Seewind erklären?

Das Sonnenlicht erwärmt das Land und das Meer (T 1). Dabei steigt die Temperatur des Landes schneller und höher als die des Wassers. Auch die Luft erreicht dann über dem Land eine höhere Temperatur als über der Wasseroberfläche. Da die erwärmte Luft über dem Land sich nun ausdehnt und leichter wird, steigt sie auf. In den frei werdenden Raum strömt kühlere Meeresluft nach (T 2). Diese Strömung bezeichnet man als Seewind oder Seebrise.

Tag



Nacht



Abb. 1: © Benjamin Streit

In der Nacht kehrt sich der Vorgang um. Die Luftmassen über Land kühlen schneller und stärker ab als über der Wasseroberfläche. Die wärmere Luft über dem Wasser steigt auf. Die Luft über der Landfläche strömt als Landwind in Richtung Meer.

### Aufgaben

Die Entstehung von Land- und Seewind soll genauer geklärt werden. Dazu wird der Text an der Stelle T 1 ergänzt: Das Sonnenlicht erwärmt das Land und das Meer **mit gleicher Intensität**. Dabei steigt die Temperatur ...

**Erläutere** an dieser Stelle, warum die Temperatur des Erdreiches höher als die des Wassers steigt.

**Verwende** dazu die Gleichung  $Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta$  und die in der Tabelle unten angegebenen Werte.

**Fertige** zur Textstelle T 2 Skizzen **an**, die den Sachverhalt veranschaulichen und auch höhere Luftschichten einbeziehen. **Erweitere** dazu die beiden Bilder Abb. 1. Wo bleibt die aufsteigende Luft? Es wird behauptet, dass Energie durch strömende Gase transportiert wird. Was meinst du?

Tabelle: Spezifische Wärmekapazitäten

| Element                           | spezifische Wärmekapazität $c$ in $\text{J}/(\text{gK})$ |
|-----------------------------------|--|
| Gold (Au)                         | 0,13   |
| Kupfer (Cu)                       | 0,38   |
| Eisen (Fe)                        | 0,45   |
| Silizium/Sand (Si)                | 0,70   |
| Benzol ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) | 1,72   |
| Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ )   | 4,18   |

# Ergänzungsmaterial zu M 1

# M 1a

## Auszug aus einer Werbeanzeige

### Aktives Mitsegeln in kleiner Crew

Individuell gestaltete Segeltörns (Urlaubstörns, Trainingstörns, Skippertraining, Meilentörns für den Hochseeschein) in der Nord- und Süd-Bretagne und am französischen Atlantik.



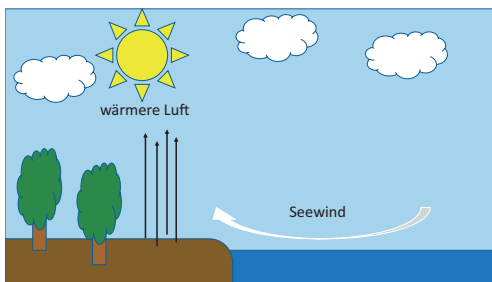
© SAIL-BRETAGNE-ATLANTIC

### Die französische Atlantikküste

Die Ostküste der Biskaya hat ein mildes, im Sommer eher subtropisches Klima, jedoch ohne das Risiko mediterraner Hitzewellen, ein ausgeglichenes Klima mit recht stetigem Wind, der im Sommer meist thermisch bedingt tagsüber als Seewind und nachts als Landwind weht. Dieser stetige Wind ist von Seglern erwünscht, sie können den Törn so planen, dass sie nicht ständig gegen den Wind kreuzen oder sich auf wechselnde Windrichtungen einstellen müssen.

### Skizzen zu Seewind und Landwind

Tag



Nacht

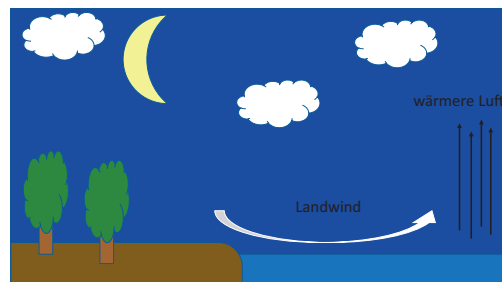


Abb. 1

© Benjamin Streit

# Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Sand

M 2



| Versuchsprotokoll   |                |               |
|---|----------------|---------------|
| <b>Name:</b>  | <b>Klasse:</b> | <b>Datum:</b> |
| <b>Ziel:</b> Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Sand                              |                |               |
| <b>Aufbau:</b> Skizze, Geräte   |                |               |
| <b>Durchführung</b><br>Welche Größen müssen wie gemessen werden?<br>Beschreibung des Ablaufs. |                |               |
| <b>Auswertung</b><br>Wie wird mit den Messwerten umgegangen, um das Ergebnis zu erhalten?     |                |               |
| <b>Ergebnis</b>   |                |               |

© RAABE 2021

VORSCHAU



## M 3

## Der Golfstrom – Einstieg



## Fragen zum Golfstrom

Video: <https://raabe.click/phy-golfstrom>

In dem Video „Der Golfstrom“ wird gezeigt, wie der Golfstrom entsteht und welche Wirkungen hervorgerufen werden. **Mache** dich mit den Inhalten vertraut.

Wie entsteht der Golfstrom?

Die Aufgabe besteht darin, alle Informationen, die dem Video entnommen werden können, zusammenzutragen, um die Entstehung physikalisch zu erklären.

**Beantworte** die eingetragenen Fragen, **notiere** dazu Stichworte. **Formuliere** zwei weitere Fragen.



|  |        |
|--|--------|
| Name:  | Datum: |
| <b>Fragen zum Golfstrom</b>  |        |
| Woher hat der Golfstrom seinen Namen?  |        |
| Golf-Strom: Was strömt?  |        |
| Was wird transportiert?  |        |
| Welchen Weg nimmt der Strom?   |        |
| Welche Bedeutung haben die Winde Nordost-Passat, Westwind?   |        |
| Warum wird der Golfstrom als Fernheizung bezeichnet?   |        |
| Hier ist Platz für zwei weitere Fragen.  |        |
|  |        |
|  |        |
| Gegen Ende des Videos wird ein Demonstrationsversuch mit 2 Gläsern und Eiern gezeigt: Führe den Versuch zu Hause durch. Was soll gezeigt werden? Welche Bedeutung hat der Versuch für die Entstehung des Golfstroms? |        |

# Der Golfstrom – Verlauf

M 4

## Aufgaben

In Bild 1 ist der Golfstrom dargestellt.

1. **Übertrage** den Verlauf des Golfstroms (nördlicher Meeresstrom) in Bild 2.  
**Markiere** anschließend die Gebiete, die als Quelle, Senke und Antrieb für den Golfstrom angesehen werden können.
2. **Beschreibe** den Verlauf anhand des Kreislaufschemas mit Quelle, Senke, Antrieb, Vor- und Rücklauf.  
**Zeichne** und beschrifte das Kreislaufschema.
3. Der Golfstrom ist Teil des Systems erdumspannender Meeresströmungen. **Ergänze** in Bild 2 den Verlauf der Meeresströmungen nach Süden so, dass ein geschlossener Kreislauf entsteht.

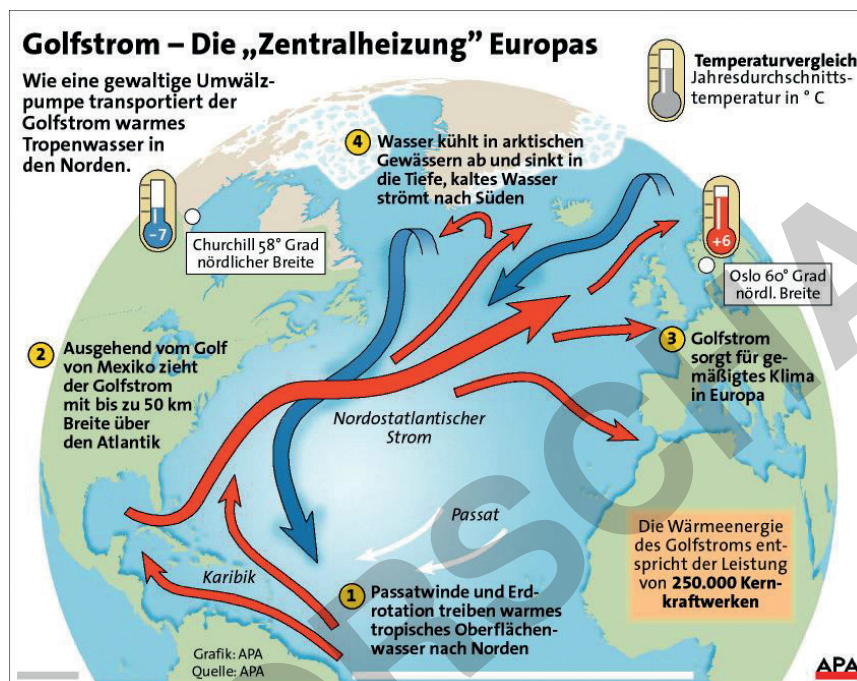


Bild 1: Verlauf des Golfstroms

Quelle: APA



Bild 2: Verlauf der Meeresströme

Quelle: juliawhite/istock/Getty Images Plus



(8.2) Eine Zeitung hat einen Artikel mit der Überschrift „Nordpol schmilzt, saufen wir jetzt alle ab?“ veröffentlicht. Hier wird unterstellt, dass das Schmelzen des Eises im Nordpolarmeer zum Anstieg des Meeresspiegels erheblich beiträgt.

**Nimm** zu der gemachten Aussage **Stellung**. **Begründe** deine Meinung mit deinen physikalischen Kenntnissen.

(9) Eine andere Behauptung: „Nicht das Schmelzwasser des Inlandeises liefert den größten Beitrag zum Anstieg des Meeresspiegels, sondern die Ausdehnung des Meerwassers bei Erwärmung.“ Kann das sein?

**Argumentiere** für oder gegen die Behauptung.

(10) In M 5b ist der Golfstrom als Kreislauf dargestellt.

**Erkläre** mit Verwendung des Begriffes „Dichte“, wie die Strömung im Kreislauf zustande kommt und aufrechterhalten wird. Kann die Strömung angehalten werden?

(11) Es wird dir ein Ausschnitt von einem Artikel einer Zeitschrift vorgelegt.

**Mache** dich mit dem Inhalt vertraut. **Bereite** einen Kurzvortrag von 5 min Dauer vor.

Das Bild steht in **M 5b** für den Vortrag zur Verfügung.



Die Gleichung für die Wärmemenge wird als bekannt vorausgesetzt. Eine mögliche Herleitung wird direkt im Anschluss an diese Hinweise und die Lösung des Bogens für das Versuchsprotokoll vorgestellt, findet sich aber auch in der Schulbuchliteratur.

Die Einheiten für die Temperatur  $\vartheta$  in  $^{\circ}\text{C}$  und  $T$  in  $\text{K}$  müssen geklärt sein (hier  $^{\circ}\text{C}$  für Temperaturangaben und  $\text{K}$  für die Einheiten).

Eine Gruppengröße von 3 Schülern ist optimal (Rollen für das Protokoll, die Durchführung und die Präsentation). Wird der Versuch zentral am Lehrertisch durchgeführt, können die Rollen während der Durchführung geübt werden.

Sand besteht überwiegend aus Quarz, einem Siliziumoxid. Im Versuch kann statt Sand auch Feinkies (Aquarium) verwendet werden. Es lässt sich sauberer arbeiten.

Durch den einfachen Aufbau kann der Versuch auch als Schülerübung oder zu Hause durchgeführt werden, z. B. zur Bestimmung der spez. Wärmekapazität von Eisen (400 g Nägel oder Schrauben), als Gefäß wird ein Pappbecher oder Becher aus Styropor verwendet, die Schüler erhalten Rührthermometer.

## Lösungen (M 2)

| Versuchsprotokoll  |                |               |
|--|----------------|---------------|
| <b>Name:</b>   | <b>Klasse:</b> | <b>Datum:</b> |
| <b>Ziel:</b> Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Sand   |                |               |
| <b>Aufbau:</b> Skizze, Geräte  |                |               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Becherglas mit 400 g Wasser</li> <li>• Thermometer</li> <li>• Sand 400 g</li> </ul>   |                |               |
| <b>Durchführung</b>  |                |               |
| <i>Größen, welche Größen müssen wie gemessen werden?</i>   |                |               |
| <i>Beschreibung des Ablaufs.</i>   |                |               |
| <p>Die Wärmekapazität kann mithilfe der Formel (1), s. u., berechnet werden, gemessen werden <math>\vartheta_w</math>, <math>\vartheta_s</math> (und die Massen <math>m_w</math> und <math>m_s</math>).</p> <p>In einem Becherglas befindet sich Wasser mit einer Masse <math>m_w = 400 \text{ g}</math>. Die Temperatur des Wassers beträgt <math>\vartheta_w = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>. In das Glas wird Sand der Masse <math>m_s = 400 \text{ g}</math> gefüllt; der Sand hat die Temperatur <math>\vartheta_s = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> (Raumtemperatur). Als Mischungstemperatur wird <math>\vartheta_m = 45,5 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> gemessen. Zur Wärmeisolierung steht das Glas auf einer Lage Küchenpapier und ist mit einem Tuch umwickelt. Die Mischungstemperatur wird nach kurzzeitigem Umrühren gemessen.</p> |                |               |
| <b>Auswertung</b>  |                |               |
| <i>Wie wird mit den Messwerten umgegangen, um das Ergebnis zu erhalten?</i>  |                |               |
| <p>In (1) <math>c_s = c_w \cdot \frac{\Delta\vartheta_w}{\Delta\vartheta_s}</math> werden die Messwerte eingesetzt,</p> <p>es ergibt sich <math>c_s = 4,18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot \frac{4,5\text{K}}{25,5\text{K}} = 0,74 \cdot \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}</math>.</p>   |                |               |