



# Physik trifft Geographie: Lernmaterial aus dem Bereich Wetter und Klima

DOMINIC HUBER

DOMINIC.HUBER@APS.SALZBURG.AT

## Zusammenfassung

Fächerübergreifende Unterrichtsformen werden schon Jahrzehnte lang eingesetzt und sind Bestandteil einer modernen Didaktik. Besonders die naturwissenschaftlichen Fächer Physik, Chemie und Biologie werden häufig im Unterricht miteinander verknüpft. Auch die Geographie weist Überschneidungen mit den klassischen naturwissenschaftlichen Fächern auf. Ein Beispiel hierfür ist der Themenbereich Wetter und Klima, der sowohl im Physik- als auch im Geographieunterricht vorkommt und sich so bestens für fächerübergreifenden Unterricht eignet. Das folgende Lernmaterial zeigt, wie ein fächerübergreifender Unterricht zum Thema gestaltet werden kann. Durch die Kombination aus geographischen und physikalischen Sichtweisen und Methoden wird versucht zu einem tieferen Verständnis zu gelangen, als mit einer einzelnen fachlichen Perspektive allein möglich wäre. Dies ist besonders relevant da, Wissen über das Klima in der heutigen Zeit zentral ist, um am gesellschaftlichen Diskurs teilnehmen zu können.

## 1 Der Wert fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts

Schulunterricht wird meist in der Form von Einzelfächern organisiert. Dabei wird ein Fach von einer Lehrperson unterrichtet, ohne dabei stark auf Verbindungen zu anderen Fächern und die dazugehörige wissenschaftliche Disziplin einzugehen. Der fächerübergreifende Unterricht hingegen verbindet die Inhalte und Methoden von verschiedenen Disziplinen miteinander. Diese Verbindung kann sowohl zeitlich unbegrenzt stattfinden und sogar zu einem Verschmelzen mehrerer Schulfächer zu einem Sammelfach führen als auch zeitlich begrenzt, etwa während der Bearbeitung eines gewissen Themas stattfinden (vgl. Labudde 2006). Der hier vorgestellte Unterricht gehört zur zeitlich begrenzten ergänzenden Form des fächerübergreifenden Unterrichts. Bei diesem werden zwei Fächer zeitlich begrenzt kombiniert, um ein komplexes Thema zu bearbeiten. Labudde (2003) und Rabenstein (2003) widmen sich einer genauen und differenzierten Einteilung solcher Unterrichtsformen.

Die Notwendigkeit verschiedene Fächer miteinander zu verbinden, wird unterschiedlich begründet. Wagenschein (1995) sieht den Wert fächerübergreifenden Arbeitens darin, fachliche Perspektiven, Gegenstandsbereiche und Grenzen verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen aufzuzeigen und für die Lernenden greifbar zu machen. Huber (1993) argumentiert ähnlich und stellt fest, dass der Kontrast zwischen verschiedenen Disziplinen und deren Gegenstandsbereichen so einen wertvollen Beitrag zur Allgemeinbildung leistet. Klafki (1991) sieht den Wert fächerübergreifenden Unterrichts in seinem Beitrag zum Weltverständnis. Moderne Problemstellungen sind so komplex, dass ein

einzelnes Schulfach sie nicht ausreichend abdecken kann. Erst durch die Kombination verschiedener fachlicher Perspektiven lassen sich Schlüsselprobleme bearbeiten.

Auch empirische Untersuchungen zu den Auswirkungen fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die Lernenden bekräftigen die Wichtigkeit dieser Unterrichtsform. So zeigen Untersuchungen von Bennet et al. (2007), dass das Interesse von Lernenden an Naturwissenschaften steigt, wenn diese fächerübergreifend unterrichtet werden. Besonders das Interesse von weiblichen Schülerinnen, steigt überproportional stark. Das gesteigerte Interesse führt auch dazu, dass sich mehr Lernende für ein technisches oder naturwissenschaftliches Studium entscheiden, wenn sie fächerübergreifend unterrichtet wurden (vgl. Smith/ Matthews 2000). Das häufigste Argument gegen fächerübergreifenden Unterricht ist, dass Schülerinnen und Schüler schlechtere Leistungen erbringen als im gefächerten Unterricht. Untersuchungen von Åström (2008) und Witte (1997) kommen zum Ergebnis, dass die Leistungen im fächerübergreifenden Unterricht nicht schlechter sind als im gefächerten Unterricht. Es findet aber eine Verschiebung der Schwerpunkte statt. Während Lernende im gefächerten Unterricht bessere Leistungen bei rein fachlichen, theoretischen Fragestellungen abliefern, führt der fächerübergreifende Unterricht dazu, dass Lernende komplexere Aufgaben besser lösen, bei denen Wissen auf den Alltag oder in Beispielen angewendet wird.

## **2 Exemplarische Themen aus dem Bereich Wetter und Klima**

Für den fächerübergreifenden Unterricht werden drei exemplarische Themen aus dem Bereich Wetter und Klima ausgewählt. Eine Kombination aus Physik und Geographie macht hier besonders Sinn, da Wetter und Klima in den österreichischen Lehrplänen, sowohl im Geographie- als auch im Physikunterricht vorkommt. Außerdem handelt es sich bei der Klimatologie um eine interdisziplinäre Wissenschaft, in der sowohl Physik als auch Geographie eine zentrale Rolle spielen. Bei der Themenauswahl wird Wert daraufgelegt, dass die betrachteten Phänomene interessant und greifbar für die Lernenden sind. Außerdem sollen die Erklärung und Bearbeitung der Themen exemplarisch für die Arbeitsmethoden der Physik und Geographie sein. Darüber hinaus erfordert die Behandlung der Themen keine großen Vorkenntnisse und ist einfach genug, um am Ende zu einem befriedigenden Verständnis der Phänomene zu gelangen (vgl. Wagenschein 1999).

### **2.1 Wasser als Wärmespeicher**

Große Wassermassen haben starke Auswirkungen auf das Klima. Dies ist auch selbst erfahrbar, wenn man Zeit am Meer oder an großen Gewässern verbringt. Neben Auswirkungen auf die Luftfeuchtigkeit, die Menge und Frequenz von Niederschlägen, ist es vor allem die hohe Wärmekapazität des Wassers, die starken Einfluss auf das Klima ausübt. Gewässer sind ein Wärmespeicher, dessen Temperatur weniger stark schwankt als die der Luft. Große Gewässer und die dazugehörigen klimatischen Bedingungen haben in weiterer Folge Einfluss auf die Ansiedlung von Menschen und Tieren sowie deren Lebensweisen (vgl. Brönnimann 2018: 189-209).

### **2.2 Föhnwind**

Der warme und trockne Föhnwind ist im Alpenraum ein häufig auftretendes Phänomen. Der Föhnwind ist ein gutes Beispiel für die Energie am Phasenübergang und ist nur mit dem nötigen physikalischen Wissen begreifbar. Feuchte Luftmassen steigen dabei an einem

Gebirge auf und regnen ab. Durch das Kondensieren des Wassers wird Energie frei und die Luft kühlt sich beim Aufsteigen weniger stark ab, als dies bei trockener Luft der Fall wäre. Hat die Luft den Berg überquert sinkt sie ab. Sie ist nun trocken und erwärmt sich beim Abstieg stark. Ergebnis ist ein warmer und trockener Wind. Mit geographischen Mitteln lässt sich nun analysieren, bei welcher Großwetterlage es zu Föhnwind kommt und wo dieser auftritt (vgl. Richner/ Hächler 2013).

### **2.3 Strahlungshaushalt und Treibhauseffekt**

Der Strahlungshaushalt der Erde ist zentral für das Verständnis sämtlicher klimatischer Phänomene, von den Jahreszeiten, über die Klimazonen bis hin zum aktuellen Klimawandel. Beim Themengebiet Treibhauseffekt wird dabei besonders auf die Rolle der klimaaktiven Gase eingegangen. Sie absorbieren die infrarote Wärmestrahlung der Erde, lassen die Sonnenstrahlen aber durch. So führt eine höhere Konzentration von Treibhausgasen zu einem Anstieg der Temperaturen auf der Erde. Klimaaktive Gase haben so große Auswirkungen auf den Wärmehaushalt des Planeten und in weiterer Folge auf das Leben auf der Erde (vgl. Brönnimann 2018: 67-93). Die Physik kann hier bei den Grundlagen zur Strahlung ansetzen und die Transmission und Absorption von Wärmestrahlung durch Treibhausgase behandeln. Die Geographie kann durch Klimaaufzeichnungen und Prognosen die Auswirkungen und Größenordnung dieses Wandels aufzeigen.

### **3 Verwendung des Lernmaterials**

Das folgende Lernmaterial soll als Gerüst für den fächerübergreifenden Unterricht dienen. Ob der Unterricht nun in Form eines Projektes oder integriert in den Regelunterricht stattfindet, ist für den Einsatz des Materials nicht relevant. Auch der Unterrichtsaufbau und die eingesetzten Methoden sind variabel. Offene Unterrichtsformen sind genauso denkbar, wie Lehrervorträge mit anschließenden Übungen.

Es ist zu empfehlen in kleinen Gruppen zu arbeiten, da besonders bei den Versuchen Hilfestellungen durch die Lehrkraft notwendig sein werden. Auch eine zweite Lehrperson kann von großer Hilfe sein und die Qualität des fächerübergreifenden Unterrichts erhöhen. Ideal wäre eine Lehrperson mit dem Unterrichtsfach Physik und die andere mit dem Unterrichtsfach Geographie. Dadurch kommt der Kontrast zwischen den beiden Disziplinen noch klarer zum Vorschein, da jede Lehrperson das eigene Fach mit den dafür typischen Methoden und Vorgehensweisen repräsentiert.

### **4 Lernmaterial: Wasser als Wärmespeicher**

Voraussetzung für diesen Unterricht ist, dass die Lernenden bereits mit dem Thema Temperatur vertraut sind und ein Verständnis dafür haben, wie das Zu- und Abgeben von Wärmeenergie die Temperatur beeinflusst. Darüber hinaus sollten sie bereits grundlegende Begriffe der Klimatologie, wie Niederschlag, Durchschnittstemperatur usw. kennen. Das Lesen und Interpretieren von Klimadiagrammen ist nur dann Voraussetzung, wenn die Lernenden die Übung allein durchführen, ansonsten kann das Lesen der Diagramme auch anhand der Übung erklärt und gelernt werden.

**Lernziele für dieses Thema sind:**

- Die Lernenden können Eigenschaften von ozeanischen und kontinentalen Klimata nennen und erklären.
- Die Lernenden können die Klimata verschiedener Orte mithilfe von Klimadiagrammen charakterisieren und vergleichen.
- Die Lernenden können den Begriff der Wärmekapazität erklären und diese für Flüssigkeiten und Festkörper experimentell ermitteln.
- Die Lernenden können mithilfe der Wärmekapazität erklären, wie Wasser- und Landmassen unterschiedlich auf Wärme und Temperaturänderungen reagieren und können mögliche klimatische Auswirkungen diskutieren.

**4.1 Besuch eines Gewässers**

Zu Beginn des Themas soll an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler angeknüpft werden. Dies passiert mit dem Besuch eines Gewässers in der Nähe der Schule. Dabei wird ein Beobachtungsblatt bearbeitet, bei dem der Einfluss des Wassers auf die Luft qualitativ ermittelt werden soll.

**4.2 Experiment zur Wärmekapazität von Wasser und Gestein**

Aufbauend auf die Beobachtungen soll nun die Wärmekapazität von Wasser näher untersucht werden. Dafür kommt ein klassisches physikalisches Experiment zum Einsatz. Es sollte möglich sein, dass Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen das Experiment selbstständig durchführen. Die Versuchsanleitung ist als Lückentext aufgebaut. Im Text tragen Schülerinnen und Schüler ihre Messergebnisse ein und führen dann abschließend die Berechnungen durch. Erfahrungsgemäß lässt sich die Wärmekapazität durch das Experiment erstaunlich genau bestimmen.

Als Vergleich wird in einem ähnlichen Experiment die Wärmekapazität von Gestein bestimmt. Die Versuchsanleitung ist dabei sehr ähnlich zum ersten Versuch. Wurde das Experiment erfolgreich durchgeführt bietet sich eine Diskussion der Ergebnisse an. Es fällt auf, dass Wasser eine vielfach höhere Wärmekapazität als Gestein hat. Diese Erkenntnis wird dann im Bezug auf das Klima besprochen.

**4.3 Vergleich von Klimadiagrammen**

Um nun die klimatischen Auswirkungen von Gewässern auch quantitativ greifbar zu machen, werden die Klimadiagramme von Novosibirsk und Belfast miteinander verglichen. Beide Städte liegen auf dem 55. Breitengrad und liegen in vergleichbarer Meereshöhe. Der Hauptunterschied der beiden Städte ist, dass Belfast eine Küstenstadt ist. Novosibirsk hingegen liegt weit vom Meer entfernt in Sibirien. Beide Städte weisen extrem unterschiedliche Klimata auf. Durch das Meer sind die Temperaturunterschiede in Belfast zwischen Winter und Sommer klein und der Niederschlag ist hoch. Novosibirsk ist hingegen geprägt von sehr großen Temperaturunterschieden. Es gibt also heiße Sommer und kalte Winter. Der Niederschlagsmenge fällt aufgrund des fehlenden Wassers deutlich niedriger aus als in Belfast.

## Beobachtungsblatt Temperatur am Wasser

Besuche mit deiner Lehrperson ein Gewässer in der Nähe deiner Schule! Halte dabei fest, wie sich die Luft in der Nähe des Gewässers für dich anfühlt!

Name des Gewässers: \_\_\_\_\_

**Halte in Stichwörtern fest, wie sich die Luft am Wasser anfühlt! Vergleiche sie mit jener, die weit vom Wasser entfernt ist!**

**Miss mit einem Thermometer die Temperatur der Luft weit vom Wasser entfernt, direkt am Gewässer und des Wassers selbst!**

Weg vom Gewässer

Am Gewässer

Gewässer

**Vergleiche dein eigenes Gefühl mit dem Ergebnis der Messung! Bestätigt die Messung deine eigene Wahrnehmung oder hättest du etwas Anderes erwartet?**

**Experiment: Wie viel Energie braucht man, um 1kg Wasser um 1K zu erhitzen?**

Wenn man einem System Energie in Form von Wärme zuführt, dann erhöht sich seine Temperatur. Wie viel Energie man braucht, hängt von der Art des Stoffs ab. In diesem Versuch wollen wir herausfinden, wieviel Energie benötigt wird, um die Temperatur von Wasser zu erhöhen.

**Material:**

- Stoppuhr
- Tauchsieder (1000W)
- Thermometer
- Thermoskanne
- Wasser



Abb. 1 Experiment Wärmekapazität Wasser (eigene Darstellung)

**Ablauf:**

Wir geben \_\_\_\_\_ kg ( $m$ ) Wasser in die Thermoskanne. Nun messen wir die Temperatur des Wassers. Sie beträgt \_\_\_\_\_ °C. Nun wird der Tauchsieder in die Kanne gegeben. Wir schalten den Sieder \_\_\_\_\_ s lang ein. In dieser Zeit führt er dem Wasser \_\_\_\_\_ J ( $\Delta Q$ ) Wärmeenergie zu. Jetzt wird die Temperatur erneut gemessen. Warte bis die Temperatur sich nicht mehr stark verändert. Sie beträgt \_\_\_\_\_ °C. Das Wasser hat sich also um \_\_\_\_\_ K ( $\Delta T$ ) erwärmt.

**Auswertung:**

Nun lässt sich einfach berechnen, wieviel Energie man benötigt, um 1kg Wasser um 1K zu erwärmen. Diese Zahl wird spezifische Wärmekapazität ( $c$ ) genannt.

$$c = \frac{\Delta Q}{m * \Delta T}$$

## Experiment: Wie viel Energie braucht man, um 1kg Gestein um 1K zu erhitzen?

Nun wollen wir wissen, wie viel Wärmeenergie benötigt wird, um 1kg eines Gesteins, zum Beispiel Granit, um 1K zu erhitzen. Dafür verwenden wir die spezifische Wärmekapazität des Wassers, die wir im Experiment schon festgestellt haben.

### Material:

- Stein
- Thermoskanne
- Thermometer
- Waage
- Wasser
- Wasserkocher oder Topf mit Herd



Abb. 2: Experiment Wärmekapazität von Gestein (eigene Darstellung)

### Ablauf:

Zuerst wiegen wir den Stein, seine Masse beträgt \_\_\_\_\_ kg ( $m_{\text{Stein}}$ ). Wir bringen Wasser zum Kochen. Nun geben wir den Stein dazu und kochen ihn mit dem Wasser für 5 Minuten. Miss die Temperatur des Wassers mit dem Stein! Die Temperatur beträgt \_\_\_\_\_ °C ( $T_{\text{Stein}}$ ).

Fülle die Thermoskanne mit kaltem Wasser! Lass genug Platz für den Stein! Wiege das Wasser und miss die Temperatur! Die Masse beträgt \_\_\_\_\_ kg ( $m_{\text{Wasser}}$ ) und die Temperatur beträgt \_\_\_\_\_ °C ( $T_{\text{Wasser}}$ ).

Gib nun den Stein in das kalte Wasser. Der Stein gibt jetzt seine Wärmeenergie an das Wasser ab. Warte, bis die Temperatur des Wassers nicht mehr steigt. Sie beträgt \_\_\_\_\_ °C ( $T_{\text{Misch}}$ ).

### Auswertung:

Nun können wir die spezifische Wärmekapazität des Gesteins ( $c_{\text{Stein}}$ ) berechnen:

$$c_{\text{Stein}} = \frac{c_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{Misch}} - T_{\text{Wasser}})}{m_{\text{Stein}} \cdot (T_{\text{Stein}} - T_{\text{Misch}})}$$

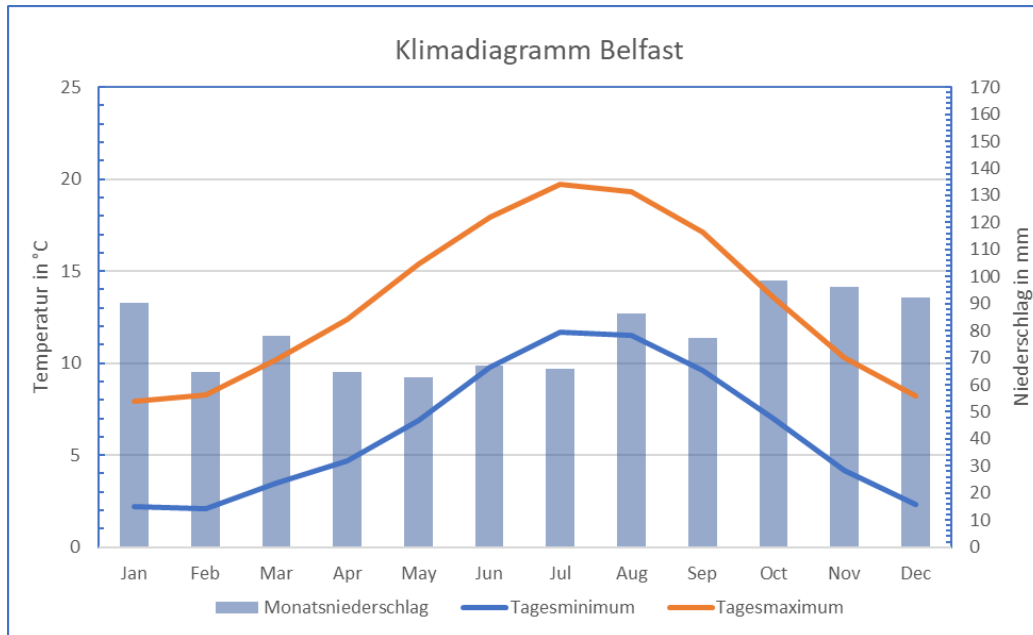


Abb. 3 Klimadiagramm Belfast (eigene Darstellung)

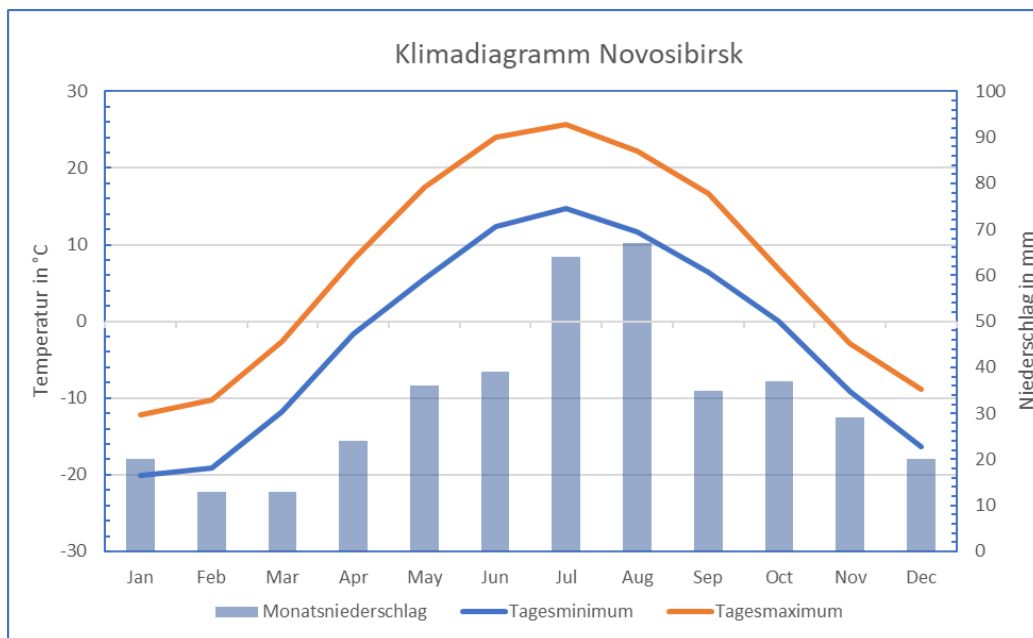


Abb. 4 Klimadiagramm Novosibirsk (eigene Darstellung)



## Aufgaben Klimadiagramme



Abb.5: Novosibirsk im Sommer  
(<https://www.flickr.com/photos/sashapo/5914517117/>)



Abb.6: Belfast im Sommer  
(<https://pixabay.com/de/photos/belfast-irland-n%c3%b6rdliche-irisch-434345/>)

1. Bestimme wo die beiden Städte liegen (Land, Breiten-und Längengrad)!

2. Lies die Daten aus dem Diagramm ab und vervollständige die Tabelle:

	<i>Belfast</i>	<i>Novosibirsk</i>
<i>Maximal Temperatur Sommer</i>		
<i>Minimal Temperatur Winter</i>		
<i>Differenz zw. heißesten und kältesten Monat</i>		
<i>Jahresniederschlag</i>		
<i>Niederschlagsreichste Monate</i>		

3. Vergleiche die Klimata der beiden Orte und schreibe Unterschiede auf, die dir auffallen!

4. Besprich, welche Unterschiede deiner Meinung nach auf den Einfluss des Wassers der Ozeane zurückzuführen sind und begründe deine Antwort!

## 5 Lernmaterial Föhnwind

Voraussetzungen für das Thema Föhnwind sind zum einen, dass die Schülerinnen und Schüler bereits mit den Begriffen Wärme und Temperatur vertraut sind und deren physikalische Bedeutung klar ist. Darüber hinaus sollten die Aggregatzustände sowie deren Übergänge bereits behandelt worden sein. Auch die relative Luftfeuchtigkeit, ihre Abhängigkeit von der Temperatur sowie die Bildung von Wolken und Niederschlag sollten in ihren Grundzügen bekannt sein.

### Lernziele für dieses Thema sind:

- Die Lernenden können den Begriff der Enthalpie erklären und die Bedeutung für alltägliche Vorgänge (z.B. Kochen von Wasser, Aufguss in der Sauna) diskutieren.
- Die Lernenden können feuchtadiabatische und trockenadiabatische Temperaturänderungen bei auf- bzw. absteigenden Luftmassen erklären.
- Die Lernenden können die Vorgänge auf den beiden Gebirgsseiten bei Föhnwetter und deren Gründe graphisch veranschaulichen.
- Die Lernenden können anhand von Satellitenbildern analysieren, bei welcher Großwetterlage Föhn auftritt und wie sich diese Wetterlage regional auswirkt.

### 5.1 Analyse des Föhnsturms Paula

Um zu verstehen, wann Föhnwind auftritt, werden zunächst Satellitenbilder des Föhnsturms Paula analysiert, der im Jänner 2008 zu großen Schäden in Kärnten und der Steiermark geführt hat. Das Satellitenbild des Sturms wird Schritt für Schritt analysiert und schließlich mit einem Föhnsturm verglichen, der auf der nördlichen Seite der Alpen auftrat. So sollen Schülerinnen und Schüler verstehen welche Großwetterlage zum Föhn führt.

### 5.2 Experiment zur Wärme am Phasenübergang

Zentral für das Verständnis des Föhns ist die Wärme beim Phasenübergang. Diese Wärme wird mit einem Versuch zur Kristallisationswärme demonstriert. Das Experiment kann von der Lehrperson vorgeführt oder in Kleingruppen unter genauer Aufsicht von den Schülerinnen und Schülern selbst durchgeführt werden. Am Ende der Versuchsanleitung befindet sich eine Aufgabenstellung, die eine Brücke von der Kristallisationsenthalpie zur Kondensationswärme in Luft schlagen soll.

### 5.3 Arbeitsblatt Föhnwind

Nachdem die vorherigen Inhalte bearbeitet und besprochen wurden, wird das Thema mit einem Arbeitsblatt abgeschlossen. Dabei wird in einem Beispiel die Temperatur des Föhnwindes berechnet und eine Skizze angefertigt, die die Entstehung des Föhnwindes graphisch veranschaulichen soll.

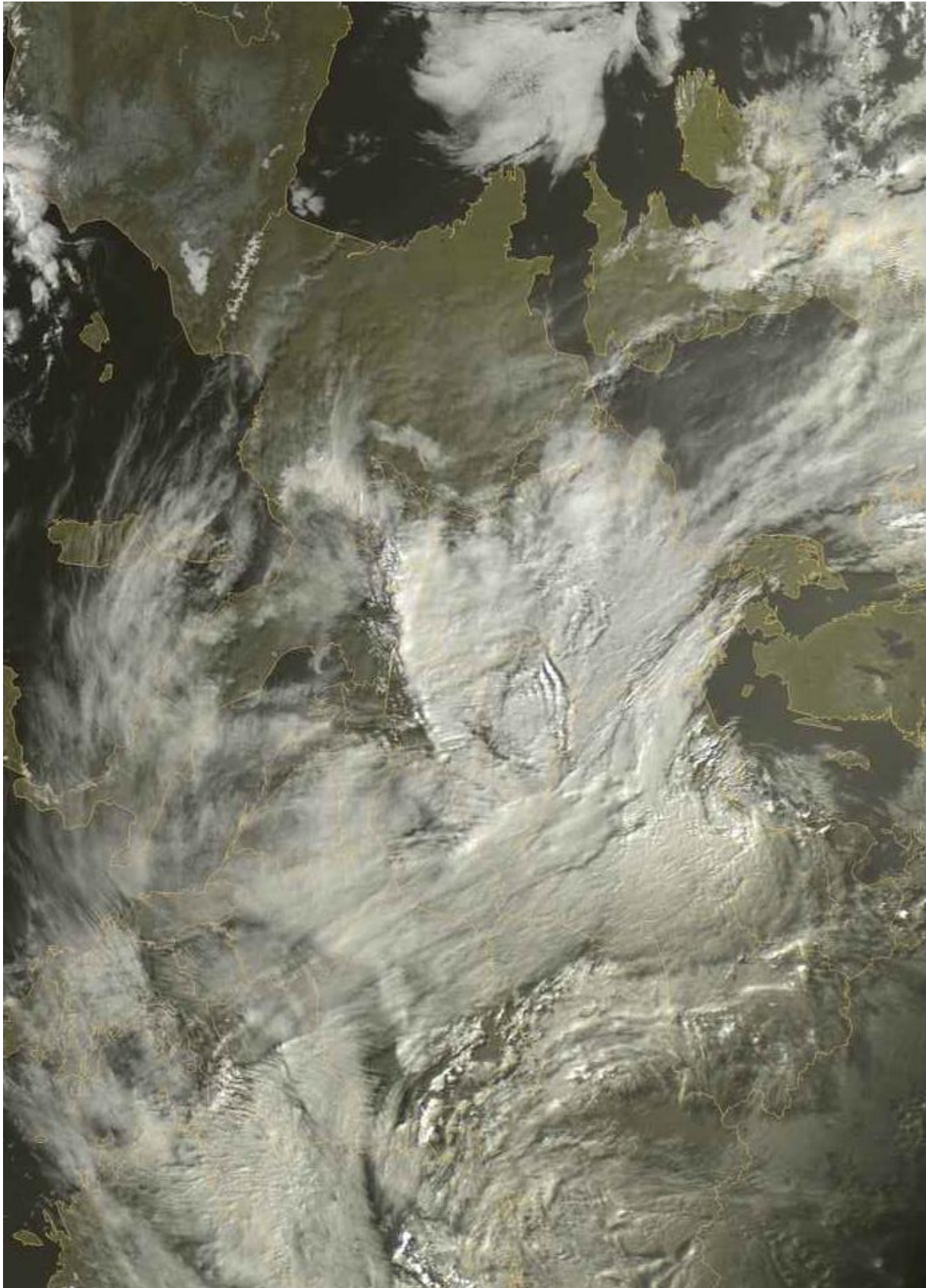


Abb.6: Satellitenbild Sturm Paula am 27.01.2008 (Universität Karlsruhe o.J.)

## Analyse eines Föhnsturms (Paula) südlich der Alpen

*„Die Steiermark und Kärnten, die sonst durch die Alpen geschützt sind, wurden vom Sturm voll erwischt. „Das“, so der Meteorologe, „ist in dieser Konstellation ungewöhnlich.“ Zusätzlich sorgte eine starke föhnige Komponente dafür, dass der Orkanwind aus großer Höhe in die Niederungen durchbrechen konnte. Dabei kam es zu Spitzengeschwindigkeiten, die in Südösterreich nur alle 20 bis 30 Jahre vorkommen. (...) Die steirische Landesregierung schätzt die Schäden indes auf eine „vielfache Millionenhöhe“. In den Wäldern müssen bis zu 700.000 Festmeter Holz als Windbruch aufgearbeitet werden.“ (Die Presse 2008)*

Das beiliegende Satellitenbild zeigt den im Zeitungsausschnitt erwähnten Sturm Paula, der am 27.01.2008 Kärnten und die Steiermark traf. Analysiere das Bild, indem du folgende Aufgaben bearbeitest!

1. Zeichne im Bild mithilfe des Atlas grob **Kärnten**, die **Steiermark** und die **Alpen** ein!
2. Zeichne das Zentrum des Tiefdruckgebietes Paula ein, es befindet sich zwischen Tschechien und der Slowakei.
3. Ein Tiefdruckgebiet dreht sich auf der Nordhalbkugel gegen den Uhrzeigersinn. Zeichne die Bewegung der Luftmassen mit kleinen Pfeilen ein! **Ermittle aus welcher Richtung der Sturm auf Österreich getroffen ist!**
4. Sieh dir die Gebiete südlich der Alpen (Kärnten und Steiermark) am Bild genau an! Beschreibe, was dir an der Bewölkung auffällt!
5. Sieh dir die Gebiete nördlich der Alpen an! Schreibe auf, was dir auffällt!

## Vergleich mit Föhn nördlich der Alpen

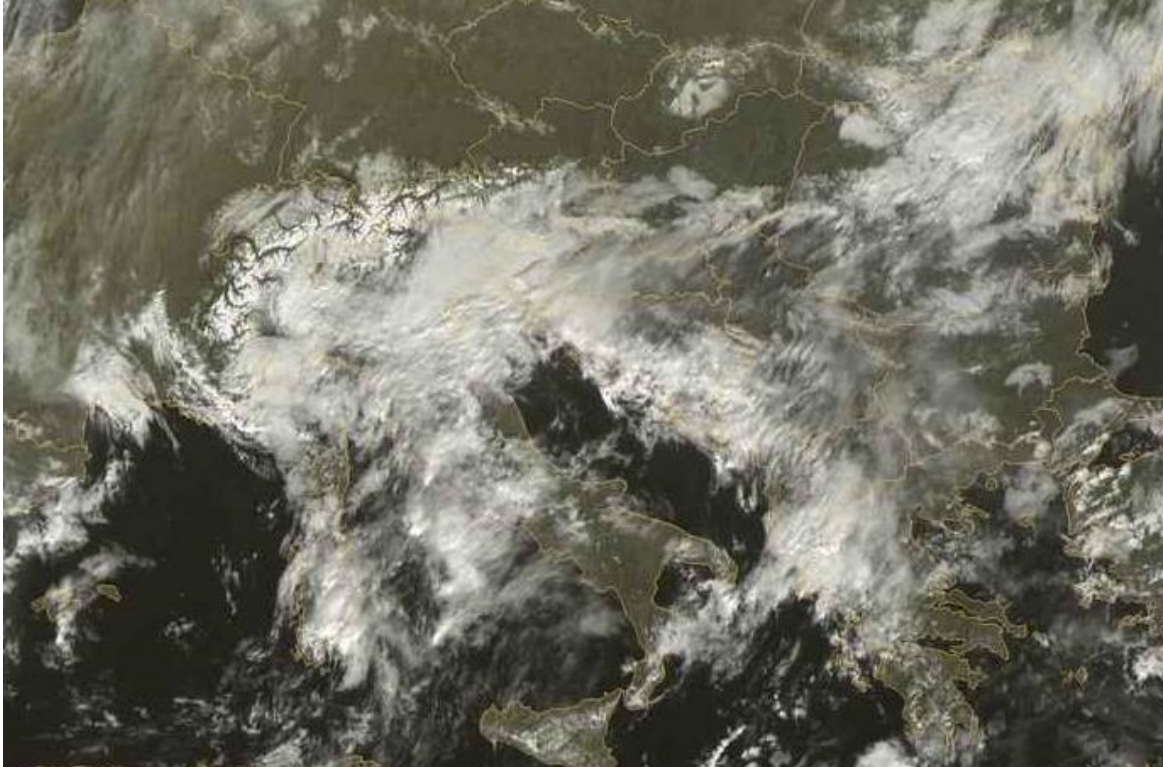


Abb. 5: Föhnwetter in der Schweiz und Tirol am 03.02.2008 (Universität Karlsruhe o.J.)

Dieses Bild zeigt Föhnwetter, das Teile der Schweiz und Nordtirols betroffen hat. Vergleiche das Bild mit jenem des Sturms Paula und beantworte folgende Fragen:

1. Beschreibe, was in der nördlichen Schweiz und Tirol auffallend ist!
2. Diskutiere aus welcher Richtung der Föhnwind auf diesem Bild vermutlich kommt!
3. Vergleiche die beiden Bilder und schreibe Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf!
4. Versuche nun das Föhnwetter allgemein zu beschreiben! Wie sieht es auf der Seite des Gebirges mit Föhn und wie sieht es auf der Seite ohne Föhn aus?

## Der Föhnwind

### Lies den Text aufmerksam und bearbeite danach die Aufgaben!

Der Föhnwind entsteht, wenn feuchte Luftmassen ein Gebirge überqueren. Beim Aufsteigen sinkt die Temperatur der Luft ab. Der Wasserdampf in der Luft kondensiert und erwärmt dabei die Luft. Es entstehen Nebel, Wolken und Niederschlag. Deshalb sinkt die Temperatur der Luft beim Aufsteigen nur um ca. 0,5K pro 100m. Wenn die Luft ganz oben am Berg angekommen ist, steigt sie wieder ab. Dabei erhöht sich die Temperatur wieder. Die Temperatur der nun trockenen Luft steigt um ca. 1K pro 100m. Wenn die Luft im Tal eintrifft, ist sie trocken und warm.

### Aufgaben:

1. Feuchte Luft mit einer Temperatur von 0°C steigt an einem Gebirge auf. Sie bewegt sich von 200m Seehöhe auf 2500m Seehöhe. Dabei bilden sich Wolken und Nebel. Auf der anderen Seite des Gebirges sinkt die Luft wieder nach unten.
  - a. Berechne die Temperatur der Luft ganz oben am Gebirge!
  - b. Berechne die Temperatur des Föhnwindes, der im Tal auftritt!
  
2. Fertige eine Zeichnung auf einem eigenen Blatt an, die die Entstehung des Föhns in Aufgabe 1 zeigt! Die Zeichnung soll so gestaltet sein, dass du mit ihr den Föhnwind gut erklären kannst!

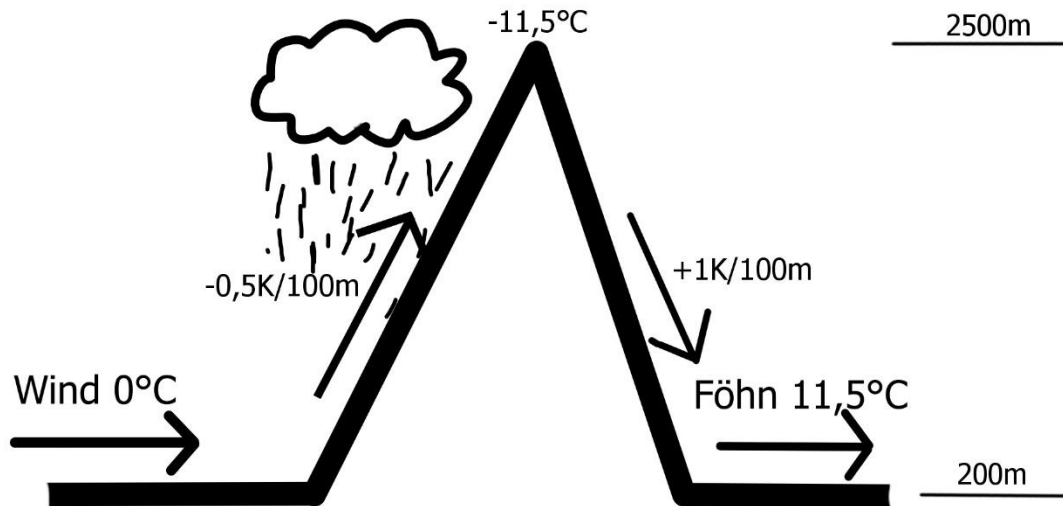


Abb. 6: Föhnwind einfache Skizze (eigene Darstellung)

## 6 Lernmaterial: Strahlungshaushalt der Erde und Treibhauseffekt

Voraussetzung für dieses Thema ist, dass die Lernenden bereits den Begriff der Energie in seinen Grundzügen verstanden haben. Darüber hinaus beschäftigt sich die Einheit stark mit der Wärmestrahlung. Aus diesem Grund ist es erforderlich, dass elektromagnetische Strahlung und der Zusammenhang zwischen Energie und Wellenlänge behandelt wurden. Darüber hinaus ist es hilfreich, wenn die Lernenden bereits mit der Bewegung der Erde und der Erdbahn vertraut sind. Besonders die Neigung der Erde und der Umlauf um die Sonne sind für dieses Thema wichtig.

### Lernziele für dieses Thema sind:

- Die Lernenden können das Entstehen von Jahreszeiten und Klimazonen mithilfe der Neigung der Erdachse und der einfallenden Sonnenstrahlung erklären.
- Die Lernenden können den Treibhauseffekt anhand des Strahlungshaushaltes der Erde und den Eigenschaften von Treibhausgasen erklären.
- Die Lernenden können die klimaaktiven Eigenschaften eines Treibhausgases mithilfe eines Experimentes demonstrieren.
- Die Lernenden sind sich der Größenordnung des Klimawandels und dessen regionalen Auswirkungen bewusst und können diese besprechen.

### 6.1 Ein Jahr im Strahlungsmodell

Um den Strahlungshaushalt der Erde und die damit zusammenhängenden Jahreszeiten und Klimazonen besser zu verstehen, wird ein Strahlungsmodell gebaut, in dem ein astronomisches Jahr simuliert wird. Dafür wird fluoreszierende Folie an einem Globus angebracht. Wenn diese Folie mit Licht bestrahlt wird, leuchtet sie über mehrere Minuten im Dunklen. Je nach Intensität und Dauer der Bestrahlung leuchtet die Folie unterschiedlich stark. Das Erdmodell wird auf einer Umlaufbahn um eine Lampe bewegt, die die Sonne repräsentiert. Am Ende des Modelljahres kann man am Leuchten der Folie beobachten, welche Zonen der Erde besonders stark beziehungsweise schwach bestrahlt werden. So können Klimazonen und Jahreszeiten anschaulich visualisiert werden.

### 6.2 Experiment zur Erde als Wärmestrahler und CO<sub>2</sub> als Treibhausgas

Um die Wärmestrahlung der Erde und deren Absorption durch Treibhausgase begreifbar zu machen, werden mehrere Experimente von den Lernenden durchgeführt. Zunächst wird das Prinzip der Wärmestrahlung mit warmem Wasser in einer schwarzen Flasche untersucht. Mithilfe eines Strahlungsthermometers kann die infrarote Wärmestrahlung auch zur Temperaturbestimmung genutzt werden. Dann wird untersucht, wie Glas und Frischhaltefolie diese Wärmestrahlung transmittieren und absorbieren. Schließlich wird eine Treibhausflasche gebaut. In der Flasche befindet sich ein Fenster, durch das man mit dem Strahlungsthermometer Temperaturen messen kann. Die Flasche wird dann mit CO<sub>2</sub> befüllt und die Messung wird wiederholt. Das CO<sub>2</sub> absorbiert nun einen Teil der Wärmestrahlung und die Temperaturmessung wird verfälscht. So soll die Lernenden begreiflich gemacht werden, wie Treibhausgase mit der infraroten Strahlung interagieren. Das zu Grunde liegende Prinzip des Treibhauseffekts wird so im Modell nachgestellt.

### 6.3 Größenordnung der Klimaerwärmung

Um die Größenordnung der aktuellen Klimaerwärmung in einen realen Kontext zu setzen wird in diesem Abschnitt mit einer digitalen Karte gearbeitet. Die Karte enthält Klimadiagramme von verschiedenen Städten in Europa und Afrika. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten verschiedene Arbeitsaufträge mithilfe der Karte. Sie vergleichen das Klima in verschiedenen Städten. Am Ende sollten die Lernenden zur Erkenntnis gelangen, dass ein prognostizierter Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um 4K, wie er vom IPCC (2013) vorhergesagt wurde, große Auswirkungen auf das Klima in unseren Lebensräumen hätte.



## Ein Jahr im Strahlungsmodell

Ziel ist es, ein Jahr der Erde zu simulieren und zu untersuchen, welche Gebiete der Erde stärker bestrahlt werden als andere. Außerdem sollen die Jahreszeiten auf der Nord- und Südhalbkugel sichtbar werden. Dafür wird ein Globus mit fluoreszierender Folie umhüllt und mit ultraviolettem Licht bestrahlt. Fluoreszierende Folie leuchtet, wenn sie mit unsichtbarem UV-Licht bestrahlt wird. Ist die Folie einmal mit genug UV-Licht bestrahlt worden, leuchtet sie im Dunklen weiter.

### Material:

- Fluoreszierende Folie
- Globus
- Großes Papier (A2)
- UV-Lampe

### Vorbereitung:

Zuerst muss der Globus mit der fluoreszierenden Folie eingehüllt werden. Dann wird die Lampe in der Mitte des Tisches so aufgestellt, dass sie sich genau auf der gleichen Höhe wie die Mitte des Globus befindet. Zeichne nun einen Kreis mit einem Radius von 50cm um die Lampe, dieser dient als Umlaufbahn der Erde. Die wirkliche Umlaufbahn der Erde ist natürlich kein Kreis, sondern eine Ellipse, für den Versuch kann aber ein Kreis verwendet werden.

### Durchführung:

Stelle den Globus so auf, dass gerade Wintersonnenwende ist! Das heißt der Nordpol zeigt von der Sonne weg und der Südpol ist zur Sonne gerichtet. Schalte nun die Lampe ein und lass die Erde gleichmäßig um die Sonne wandern! Der ganze Umlauf soll 4 Minuten lang dauern. Die Achse muss dabei immer in die gleiche Richtung zeigen. Simuliere Tag und Nacht, indem du die Erde dabei noch um die eigene Achse drehst!

### Auswertung:

1. Betrachte den Globus im Dunklen! Welche Gebiete leuchten am stärksten und welche Gebiete leuchten weniger stark?
2. Erkläre mithilfe des Versuches, warum es auf der Erde verschiedene Klimazonen gibt!
3. Am Nordpol und am Südpol geht die Sonne ein halbes Jahr lang nicht auf und in der anderen Hälfte nicht unter. Stelle dieses Phänomen mit der Lampe nach und erkläre, wie es dazu kommt!

## Versuch: Wärmestrahlung und CO<sub>2</sub> als Treibhausgas

### Materialien:

- Erlenmeyerkolben
- Essig
- Plastikfolie (Infrarotdurchlässig)
- Glasplatte (ca. 10· x 10cm)
- Gummischlauch
- Gummistopfen mit Loch
- Pyrometer
- Natron
- PET-Flasche
- Schlauchkupplung
- Schwarzes Gefäß
- Wasserkocher



Abb.7: Versuch Wärmestrahlung und CO<sub>2</sub> (eigene Darstellung)

### 1. Der Wärmestrahler und das Pyrometer

Erwärme das Wasser mit dem Wasserkocher, bis es zu sieden beginnt! Fülle das heiße Wasser in das schwarze Gefäß! Das heiße Gefäß ist jetzt ein Wärmestrahler, der Wärmestrahlen im infraroten Bereich abgibt. In unserem Versuch stellt dieser Strahler die Erde dar. Auch sie gibt ständig Wärmestrahlung ab. Im Gegensatz zu den Sonnenstrahlen können wir die Strahlung der Erde aber nicht sehen.

Verwende nun das Pyrometer, um die Temperatur des Behälters zu messen! Das Pyrometer kann die unsichtbare Wärmestrahlung von Körpern messen und sie zur Temperaturbestimmung nutzen.

### 2. Durchlässigkeit von Wärmestrahlung

Manche Stoffe lassen die Infrarotstrahlung fast ungehindert durch, andere Stoffe nehmen die Strahlung auf und lassen sie so nicht passieren. Versuche mit deiner Hand festzustellen, ob das Glas und die Frischhaltefolie die Wärmestrahlung durchlassen!

Versuche nun durch das Glas und durch die Frischhaltefolie die Temperatur des Körpers zu messen. Schreibe auf, welcher der beiden Stoffe die Strahlung durchlässt!

### 3. Treibhausflasche

Schneide in die Flasche zwei gegenüberliegende Löcher mit einem Durchmesser von 2cm! Nimm die Frischhaltefolie und klebe sie über die beiden Löcher! Versuche mit dem Pyrometer die Temperatur des warmen Gefäßes durch das Fenster in der Flasche zu bestimmen!

### 4. CO<sub>2</sub> als Treibhausgas

Nun wird CO<sub>2</sub> in die Flasche geleitet und wieder versucht, die Temperatur mit dem Pyrometer zu bestimmen. Um das CO<sub>2</sub> zu erzeugen, gib drei Esslöffel Natron in den Kolben! Verbinde den Gummistopfen mithilfe der Schlauchkupplung mit dem Gummischlauch! Gib nun ca. 50ml Essig in den Kolben und verschließe ihn mit dem Stopfen mit Gummischlauch! Leite dann das entstehende CO<sub>2</sub> in die Flasche!

Wenn die Blasenbildung im Kolben schwächer wird, versuche wieder die Temperatur durch das Fenster in der Flasche zu bestimmen und schreibe auf, welche Temperatur du misst! Drehe dann die Flasche um und leere das CO<sub>2</sub> aus der Flasche aus! Miss die Temperatur dann wieder durch das Fenster in der Flasche!



Abb. 8: Treibhausflasche  
(eigene Darstellung)



Abb. 9: Temperaturmessung durch Treibhausflasche  
(eigene Darstellung)

**Auswertung**

1. Beschreibe welchen Einfluss das CO<sub>2</sub> in der Flasche auf die Temperaturmessung hatte! Was denkst du passiert mit der infraroten Wärmestrahlung beim Durchgang durch das CO<sub>2</sub>?

2. Die Wärmestrahlung der Sonne findet am stärksten im für uns sichtbaren Bereich statt. Woran kannst du erkennen, dass CO<sub>2</sub> die Sonnenstrahlen fast ungehindert durchlässt?

3. Versuche die Wirkung von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen in eigenen Worten zu erklären!

## Der Klimawandel verändert!

Jedes Jahr werden mehr und mehr Treibhausgase wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) erzeugt. Geht dieser Trend so weiter, sagt das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) voraus, dass die globale Durchschnittstemperatur bis zum Jahr 2100 um ca. 4°C zunehmen wird.

**Führe folgende Aufgaben auf dem PC aus und erstelle ein Word-Dokument, in dem du deine Ergebnisse festhältst!**

1. Gib folgenden Link in den Browser ein: <http://arcg.is/1WC9zS>! Auf der Karte sind einige wichtige Städte markiert. Wenn man auf die Markierung klickt, sieht man ein Klimadiagramm der Stadt.
2. Wähle eine der lila markierten Städte in Europa auf der Karte aus!
3. Suche auf der Karte eine zweite Stadt, in der die Durchschnittstemperatur (rechts oben im Klimadiagramm) um 3 bis 5°C höher ist!
4. Vergleiche die Klimadiagramme der Städte! Achte auf:
  - Den Jahresniederschlag
  - Die Temperatur im heißesten Monat
  - Die Temperatur im kältesten Monat
  - Die Monate mit besonders viel/wenig Niederschlag
5. Suche auf der Karte jeweils einen Park in der Stadt! Suche online Bilder dieses Parks! Vergleiche die Pflanzen, die in den Parks zu sehen sind! Sind es die gleichen Pflanzen oder gibt es Unterschiede?
6. Schreibe einen kurzen Aufsatz darüber, wie sich die von dir ausgewählte Stadt durch den Klimawandel verändern könnte! Überlege dabei vor allem, wie sich der Wandel auf die Menschen auswirken könnte, die in der Stadt leben!

## 7 Zusammenfassung

Abschließend möchte ich festhalten, dass sich Geographie und Physik sehr gut für fächerübergreifenden Unterricht eignen, da es viele Verbindungen zwischen den beiden Disziplinen gibt. Besonders beim Thema Wetter und Klima zeigen sich die Vorteile fächerübergreifender Unterrichtsformen. Nur mit den Methoden der Physik kann man die Vorgänge in der Atmosphäre und Wetterphänomene verstehen. Die Geographie hingegen eignet sich bestens dafür die Voraussetzungen und Auswirkungen dieser Phänomene auf die Landschaft, die Natur und das menschliche Leben begreifbar zu machen. Auch im praktischen Einsatz hat sich das Material meiner Meinung nach gut bewährt. Ich habe das Material schon einige Male in der siebten bis neunten Schulstufe verwendet. Bei gründlicher Vorbereitung und großzügigem zeitlichen Rahmen, lassen sich gute Ergebnisse erzielen. Auch die Rückmeldungen der Lernenden war durchwegs positiv. Eine empirische Auswertung der Lernzuwachses von Schülerinnen und Schüler sowie eine Untersuchung zu den von ihnen erlebten Emotionen finden sich in meiner Masterarbeit (Huber 2020).

## 8 Literatur

- Åström, M. (2008): Defining integrated science education and putting it to test. Department of social and welfare studies (PhD-Thesis), Universität Norrköping.
- Brönnimann, S. (2018): Klimatologie. Bern, UTB.
- Die Presse (2008): Gewaltige Schäden durch Sturm „Paula“.  
<https://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/358385/Gewaltige-Schaeden-durch-Sturm-Paula>. Aufgerufen am 13.08.2019
- Huber, L. (1993): Renaissance des Gymnasiums? Nicht ohne fächerübergreifenden Unterricht auf der Oberstufe! In: Pädagogik und Schule in Ost und West 41(4), S.212-219.
- Huber, D. (2020): Fächerübergreifender Unterricht zwischen Physik und Geographie. Exemplarische Themen aus den Bereichen Wetter und Klima. Masterarbeit an der Paris Lodron Universität Salzburg, School of Education.
- IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group 1. Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 5th Assessment Report (AR5). Cambridge/ New York, Cambridge University Press.
- Klafki, W. (1991): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim/Basel, Beltz, 2. Auflage.
- Labudde, P. (2003): Fächerübergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 2003 1(2), S. 48-66.
- Labudde, P. (2006): Fachunterricht und fächerübergreifender Unterricht: Grundlagen. In: Arnold, K. (Hrsg.) /Sandfuchs, U. (Hrsg.) /Wiechmann, J. (Hrsg.): Handbuch Unterricht. Bad Heilbrunn, Klinkhardt, S. 441-449.
- Rabenstein, K. (2003): In der gymnasialen Oberstufe fächerübergreifend lehren und lernen. Eine Fallstudie über die Verlaufslogik fächerübergreifenden Projektunterrichts und die Erfahrungen der Schüler. Forschung Erziehungswissenschaft 182, Opladen, Leske und Budrich.
- Richer H./ Hächler, P. (2013): Understanding and forecasting Alipine Foehn. In: Chow, F. (Hrsg.)/ De Wekker, S. (Hrsg.)/ Snyder, B. (Hrsg.) (2013): Mountain Weather Research and Forecasting: Recent Progress and Current Challenges. Dordrecht/ Heidelberg/ London/ New York, Springer, S. 219-260.
- Smith, G./ Matthews, P. (2000): Science technology and society in transition year: A pilot study. In: Irish Educational Studies 19, S. 107-119.
- Universität Karlsruhe (o.J.):  
[http://imkhp2.physik.uni-karlsruhe.de/~muehr/satpicsf/DWD/2008\\_VIS/](http://imkhp2.physik.uni-karlsruhe.de/~muehr/satpicsf/DWD/2008_VIS/) Aufgerufen am 09.09.2021.
- Wagenschein, M. (1995): Die pädagogische Dimension der Physik. Aachen, Hahner Verlagsgesellschaft. (1), S. 59-69.
- Wagenschein, M. (1999): Verstehen Lehren. Genetisch- Sokratisch- Exemplarisch. Weinheim, Beltz.
- Witte, C. (1997): Auswirkungen von Chemieunterricht und integriertem naturwissenschaftlichen Unterricht (PING) auf den Chemieunterricht der gymnasialen Oberstufe. Kiel, IPN.