

SOLARbrunn: mit der Sonne in die Zukunft!



„Wohlig warm oder schön kühl?“

*Lernumgebung
Oberstufe*



universität
wien

Dr.ⁱⁿ Ilse Bartosch
Ass.-Prof. Dr. Viktor Schlosser
Mag.^a Roswitha Avalos Ortiz
Susanne König
(Universität Wien, Fakultät für Physik)



REDAKTION

Dr.ⁱⁿ Ilse Bartosch
ilse.bartosch@univie.ac.at
Gruppe Experimentelle
Grundausbildung und Hochschuldidaktik
Universität Wien
Boltzmannngasse 5, 1090 Wien

AUTORINNEN UND AUTOREN

Dr.ⁱⁿ Ilse Bartosch
Ass.-Prof. Dr. Viktor Schlosser
Mag.^a Roswitha Avalos Ortiz
Susanne König
Universität Wien
Fakultät für Physik

LEKTORAT

Mag.^a Roswitha Avalos Ortiz (Universität Wien)
Dr.ⁱⁿ Anna Streissler (Umweltdachverband)

LAYOUT

Irmgard Stelzer

COVER FOTOS

EISBERG MIT BLAUEN STREIFEN: Jens Bludau, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Eisberg_mit_blauem_Streifen.jpg

KAMINFEUER:

https://cdn.pixabay.com/photo/2014/11/17/21/01/fireplace-535281_960_720.jpg

Vielen herzlichen Dank an alle Studierenden, die an der Entstehung dieser Materialien beteiligt waren!

Universität Wien, Oktober 2017

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Sämtliche Inhalte in den Lernmaterialien wurden sorgfältig geprüft. Dennoch kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Verfügbarkeit der Inhalte übernommen werden. Der Herausgeber übernimmt keinerlei Haftung für Schäden und Nachteile, die allenfalls aus der Nutzung oder Verwertung der Inhalte entstehen.

Links zu Webseiten Dritter: Das Setzen von Links ist ein Verweis auf Darstellungen und (auch andere) Meinungen, bedeutet aber nicht, dass den dortigen Inhalten zugestimmt wird. Es wird keinerlei Haftung für Webseiten übernommen, auf die durch einen Link verwiesen wird. Das gilt sowohl für deren Verfügbarkeit als auch für die dort abrufbaren Inhalte. Für diese Inhalte sind ausschließlich deren Betreiber bzw. Eigentümer verantwortlich. Nach Kenntnisstand der Betreiber_innen enthalten die verlinkten Seiten keine rechtswidrigen Inhalte, sollten solche bekannt werden, wird in Erfüllung rechtlicher Verpflichtungen der elektronische Verweis umgehend entfernt. Inhalte Dritter sind als solche gekennzeichnet. Sollten Sie trotzdem auf eine Urheberrechtsverletzung aufmerksam werden, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis. Bei Bekanntwerden von Rechtsverletzungen werden derartige Inhalte umgehend von uns entfernt bzw. korrigiert. Falls unsere Materialien auf Ihre Webseite verweisen und Sie dies nicht wünschen, nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf!

Die Materialien wurden im Rahmen des Projekts „SOLARbrunn mit der Sonne in die Zukunft!“ erstellt. Das Projekt wurde im Rahmen des Programms Sparkling Science, gefördert vom Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2014-2017 durchgeführt.



bmw

Sehr geehrte Kollegin! Sehr geehrter Kollege!

Die Lernumgebung „*Wohlig warm oder schön kühl?*“ wurde für den Physik-Unterricht der Unterstufe im Kontext von *Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)* konzipiert. BNE soll die Lernenden befähigen, zu einer gesellschaftlichen Entwicklung beizutragen, welche die Lebensqualität der gegenwärtigen Generation sichert, ohne künftigen Generationen die Möglichkeiten zur Gestaltung ihrer Zukunft zu nehmen¹. Im Zentrum von BNE steht eine globale Entwicklung, in der Ökologie, Ökonomie sowie soziale und politische Bedingungen gleichermaßen berücksichtigt werden. Für eine angemessene Auseinandersetzung mit *Nachhaltiger Entwicklung* sind integrative, problemzentrierte und forschende Arten des Lernens wichtig.



Abb.3: Nachhaltigkeit 3-Säulenmodell

Forschendes Lernen (Inquiry based learning) ist somit ein weiterer wesentlicher Aspekt der vorliegenden Lernumgebung: „*In einem forschend angelegten Physikunterricht planen Lernende eigenständig forschungsähnlich angelegte Untersuchungen, führen sie durch und werten sie aus, um empirisch begründete Aussagen zu physikalischen Sachverhalten zu treffen*“ (Abrams et al. 2008 übersetzt von Henke 2016, S.126 ff.). Im Vordergrund steht in dieser Lernumgebung der Aufbau fachmethodischer Fähigkeiten und angemessener Vorstellungen zur „Natur der Naturwissenschaften“ – NdN (= *Nature of Science – NOS*).

Der Aufbau der Lerneinheiten orientiert sich dabei an einer gemäßigt sozialkonstruktivistischen Vorstellung vom Lehren und Lernen. Das heißt, es wird davon ausgegangen, dass Lernen ein individueller, aktiver und selbstgesteuerter Prozess ist: Die Lernenden interpretieren neue Wissensinhalte und Erfahrungen auf Basis ihres Vorwissens und ihrer Vorerfahrungen. In der (angeleiteten) Diskussion mit anderen – den Mitschüler_innen und der Lehrkraft – werden dabei Wissen und Fertigkeiten weiterentwickelt.

Konkret sind die einzelnen Einheiten nach dem 5E-Modell² strukturiert.

ENGAGE (Einstieg): Die Lernende entwickeln ausgehend von einem konkreten Problem Fragestellungen. (Unter Umständen ist diese Phase mit einer Wiederholung wichtiger Messgrößen oder theoretischer Inhalte verknüpft – ELICIT.)

EXPLORE (Vorbereitung): Die Lernenden stellen (unter moderater Anleitung) Vermutungen an, erarbeiten Beobachtungsgrößen und entwickeln dazu eigenständig geeignete Datenerfassungsprozeduren.

EXPLAIN (Experiment): Die Lernenden führen in Forschungsgruppen weitestgehend eigenverantwortlich ihre geplanten Untersuchungsreihen durch und dokumentieren sie.

¹ Umfassende Informationen zu BNE finden Sie unter: <https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/ba/bine.html>

² <https://bscs.org/bscs-5e-instructional-model>

ELABORATE (Nachbereitung): Die Lernenden präsentieren das gewählte Vorgehen und die Resultate und bewerten die Güte ihrer Evidenz („wissenschaftliche Evidenz“). Sie erarbeiten die Antwort zur Forschungsfrage im Plenum.

EVALUATE (Reflexion) Die Lernenden hinterfragen in einem offen-kritischen Rückblick die „Wissenschaftlichkeit“ ihres Experiments. (explizites Adressieren von NdN- vgl. Henke 2016, S.132) Ergänzend kann die Diskussion der Ergebnisse weitere Gesichtspunkte einbeziehen, z.B. Nachhaltigkeit.

EXTEND: Weiterbearbeitung der Ergebnisse aus anderen Gesichtspunkten.

Die Lernumgebung „Wohlig warm und schön kühl?“ umfasst mehrere Einheiten. Die Materialien zu dieser Lernumgebung bestehen aus zwei Teilen. Im ersten Teil wird die didaktische Konzeption ausführlich beschrieben, der zweite Teil beinhaltet die Materialien für die Schüler_innen zum Ausdrucken und zum Austeilen.

Titel der Lerneinheit	Dauer (Schulstunden)	Inhalte
1. Erste Schritte zum Thema „Wohlbehagen“	1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (Thermisches) Wohlbehagen / Komfort-Parameter ✓ Luftqualität und Raumklima ✓ Natur der Naturwissenschaften: Normvorschriften
2. Datensammlung	3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (Thermisches) Wohlbehagen ✓ Luftqualität und Raumklima ✓ Natur der Naturwissenschaften: naturwissenschaftliches Experimentieren
3. Dateninterpretation und Reflexion	1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (Thermisches) Wohlbehagen / Komfort ✓ Luftqualität und Raumklima ✓ Natur der Naturwissenschaften: Reflexion des Forschungsprozesses ✓ Nachhaltige Optimierung
Gesamtpaket „Wohlig warm oder schön kühl?“	5	

Zu Beginn jeder Lerneinheit finden Sie:

- einen Überblick über
 - das Thema
 - die Lernziele
 - die Inhalte und
 - die benötigte Zeit
- Informationen
 - zu zentralen Ideen und Lernendenvorstellungen
 - zu den verwendeten Materialien inklusive auszudruckender Beilagen aus dieser Datei
 - zur didaktischen Umsetzung,
- eine Liste der Arbeitsmaterialien für die Schülerinnen und Schüler zum Ausdrucken und Aus-teilen:
 - **Infoblätter**
 - **Arbeitsblätter**
 - **Hilfekarten**, um dem unterschiedlich ausgeprägten Wissen und Können in der Klasse gerecht zu werden. *Die Hilfekarten müssen so zusammengeklebt werden (oder auf eine Karteikarte aufgeklebt werden), dass sich die Antwort zu Hinweis 1 auf der Rückseite von Hinweis 2 befindet, etc. Die Hilfekarten sollten z.B. am Tisch der Lehrkraft aufliegen. Die Lernenden dürfen jeweils nur eine Karte nehmen. Erst wenn sie eine Hinweiskarte zurückgegeben haben, können sie die nächste holen.*
- Hinweise zu **Methoden** (Die entsprechenden Anleitungen für die Methoden finden Sie Sie in der Datei **Methodenblätter für Lehrkräfte.**)

Sie finden die Arbeitsmaterialien im Anschluss an die Beschreibungen der einzelnen Lerneinhei-ten.

- Am Ende jeder Einheit finden Sie Angaben zu weiterführenden Themen und Informationen

Viel Freude beim Verwenden der Unterrichtsmaterialien wünscht das SOLARbrunn-Team!

Literatur:

Abrams, Eleanor D./Southerland, Sherry A. & Evans, Celia A. (2008). Inquiry in the classroom: identifying necessary components for a definition. In Eleanor D. Abrams, Sherry A. Southerland & Peggy C. Silva (Eds.), *Inquiry in the classroom: realities and opportunities* (pp. xi-xiii). Charlotte: Information Age Publishing.

Henke, Andreas (2016). Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – Forschender und historisch orientierter Physikunterricht im Vergleich. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(22), 123-145. doi: 10.1007/s40573-016-0046-z

Wohlig warm oder schön kühl?

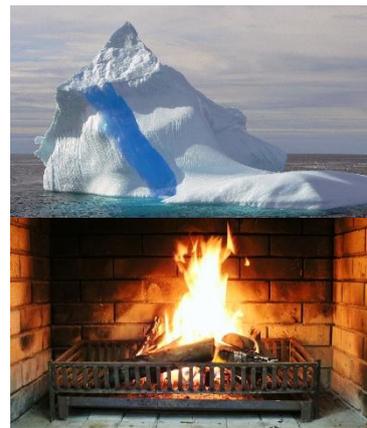
1. Einführung in das Thema „Wohlbehagen“

Was bedeutet der Begriff *Wohlbehagen*?

Welche Faktoren beeinflussen das Wohlbehagen in einem Raum?

Das Raumklima spielt eine zentrale Rolle in unserem persönlichen Wohlbehagen im Alltag. Es beeinflusst die Zufriedenheit und Gesundheit aller Personen, die einen Raum nutzen.

Durch eine Befragung im Klassenzimmer wird ermittelt, wie das Raumklima im Klassenzimmer wahrgenommen wird. Anschließend werden gemeinsam Faktoren bestimmt, die das Wohlbehagen in einem Raum beeinflussen können.



Zeit	Inhalte
1 Schulstunde	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (Thermisches) Wohlbehagen / Komfort-Parameter ✓ Luftqualität und Raumklima ✓ Natur der Naturwissenschaften: Normvorschriften
Lernziele	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Die Schüler_innen können Parameter, die das „Wohlbehagen“ in einem Raum ausmachen, benennen und beschreiben. (W₁) ✓ Die Schüler_innen können physikalisch messbare und vom subjektiven Empfinden abhängige Aspekte des „Wohlbehagens“ unterscheiden. (S₄) ✓ Die Schüler_innen können den Einfluss von Komfort-Parametern auf das Raumklima und auf das Wohlbehagen der Nutzer_innen erfassen, beschreiben und erläutern. (W₄) ✓ Die Schüler_innen können Normvorschriften aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten. (S₁) 	

Information für Lehrkräfte

1. Zentrale Ideen

- Das *Wohlbehagen*³ in einem Raum wird durch eine Vielzahl von Parametern beeinflusst, von denen einige mithilfe von Messungen bestimmt werden können, während andere vom individuellen Empfinden abhängen.
- Das *Raumklima* umfasst alle Faktoren, die das Wohlbehagen beeinflussen. Im engeren Sinn sind das Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit und Luftqualität.
- Das Raumklima selbst wird aber auch wieder von den Nutzer_innen und ihrer Aktivität beeinflusst
- Ein Mensch fühlt sich (thermisch) wohl, wenn er/sie genauso viel Wärme abgibt, wie er/sie produziert.
- Das Wohlbehagen hängt nicht nur vom Raumklima ab, sondern auch von den Nutzer_innen des Raumes und deren Aktivität.
- Normvorschriften für das Raumklima orientieren sich immer an der Zustimmung eines hohen Prozentsatzes von Personen in einer Gruppe. Dabei kann nie eine vollständige Zustimmung erreicht werden.

2. Lernendenvorstellungen

- Der Begriff des Wohlbehagens wird hauptsächlich mit psychischen Faktoren in Verbindung gebracht, nicht aber mit Temperatur, Luftfeuchtigkeit, CO₂-Werten etc.
- Normvorgaben und Vorschriften werden als unveränderliche Gesetze angesehen, deren Grundlage objektives Wissen darstellt.

3. Verwendete Materialien

- PPT-Datei *Wohlbehagen Oberstufe*
- „Stimmzettel“ für Befragung (A6)
- Tafel, Karten, Magnete
- Ausgedruckte Materialien für Schüler_innen:
 - **Infoblatt 1:** *Wohlbehagen in Räumen*
- **Methodenblatt** „*Freewriting*“ (siehe separate Datei)

³ Viele unterschiedliche Begriffe werden im Alltag verwendet, wenn es darum geht, ob die Nutzer_innen eines Raumes sich in einem Raum wohlfühlen, etwa die Begriffe Behaglichkeit und Komfort. In diesen Unterrichtsmaterialien wird ausschließlich der Begriff *Wohlbehagen* verwendet.

Didaktische Umsetzung

Diese erste Einheit dient als Einleitung in das Thema Wohlbehagen und Raumklima. Die zentrale Frage in diesem Kapitel lautet „Was bedeutet der Begriff *Wohlbehagen* und welche Faktoren beeinflussen das Wohlbehagen in einem bestimmten Raum?“ *Einflussfaktoren* auf das Wohlbehagen werden gesammelt (*Komfort-Parameter*) und Überkategorien *zugeordnet*. Der Zusammenhang zwischen Raumklima und Wohlbehagen wird erarbeitet und das *Zusammenspiel von individuellem Wohlbehagen und gesetzlichen Rahmenbedingungen* diskutiert.

Zeit	Phase	Aktivität der Lehrperson	Aktivität der Schüler_innen
Befragung zum Wohlbehagen im Klassenzimmer			
5 min	<i>Engage</i>	<p>Bewertung des Wohlbehagens im eigenen Klassenzimmer: Geheime Abstimmung zur Frage: „Fühlt ihr euch in diesem Raum wohl?“</p> <p>Das Ergebnis der Abstimmung wird an der Tafel notiert.</p> <p>Medien: Stimmzettel (A6)</p>	<p>Jede/r Schüler_in erhält einen kleinen Zettel, auf dem er/sie vermerkt, ob das Raumklima momentan als angenehm empfunden wird (Ja / Nein).</p> <p>Gemeinsam wird das Ergebnis der Abstimmung diskutiert, Wortmeldungen werden an der Tafel notiert</p> <p><i>TIPP:</i> Vor der Plenarphase kann die Gelegenheit zu einem Austausch in Kleingruppen gegeben werden.</p>
Aspekte des Wohlbehagens			
15 min	<i>Explore</i>	<p>Frage: „Was macht das Wohlbehagen in einem bestimmten Raum aus?“</p> <p>Methode: <i>Freewriting</i> (vgl. Methodenblatt dazu)</p> <p>Medien: Karten für Ideensammlung</p>	<p>Die Schüler_innen führen ein „<i>Freewriting</i>“ in mehreren Phasen durch:</p> <p>Phase 1: Individuelle Ideensammlung (2 min)</p> <p>Phase 2: Überarbeitung und Ergänzungen (1 min)</p> <p>Phase 3: Paarbeit: Erstellen einer Liste mit allen Dingen, die das Wohlbehagen in einem Raum ausmachen.</p> <p>Phase 4: Jeweils zwei Paare entwerfen auf Basis ihrer Notizen eine gemeinsame einheitliche Liste.</p>

			<p><i>Methodische Gestaltung⁴:</i></p> <p>Jenes Paar, das als erstes präsentieren wird, erhält zu Beginn von Phase 4 einen kleinen Stapel Karten, auf denen jeweils einer der Faktoren notiert wird. Die ergänzenden Begriffe werden während der Präsentation auf Karten geschrieben.</p>
Kategorisieren von Aspekten, die zum Wohlbehagen beitragen			
20 min	<p><i>Explore</i></p> <p><i>Explain</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Präsentation der Ideen • Gemeinsames Kategorisieren der Faktoren (Leitfragen dazu – siehe PPT-Präsentation) • Gegebenenfalls: Ergänzung weiterer Aspekte durch die Lehrperson <p><i>Tipp: Ein Beispiel für ein Ergebnis des gemeinsamen Clusters findet sich in den Beilagen.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die erste Gruppe präsentiert ihre Ideen und pinnt die Karten an die Tafel. • Die Anderen ergänzen Ideen, die noch nicht genannt wurden. <p>Kategorisieren im stummen Dialog: Die Schüler_innen clustern die gesammelten Faktoren und suchen Sammelbegriffe für jeden Cluster.</p> <p>Alternative: Ein/e Schüler_in jeder Gruppe kommt zur Tafel, um die gesammelten Ideen zu ordnen. Sind die anderen Schüler_innen der Gruppe nicht einverstanden, können sie ihre Kolleg_innen durch einen Berührung der Schulter ablösen.</p>
Thermische Behaglichkeit			
10 min	<p><i>Explain</i></p>	<p>Fragen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Nenne Faktoren, von denen das Wohlbehagen in einem Raum abhängt!</i> 2. <i>Welche Faktoren bestimmen das Raumklima?</i> 	<p>Die Schüler_innen lesen das Infoblatt 1 und beantworten die Fragen in Einzelarbeit.</p> <p>Sie arbeiten heraus, dass das Wohlbehagen nicht nur vom Raumklima abhängt,</p>

⁴ Weitere Beschreibungen zur methodischen Gestaltung sind von nun an immer in grauer Farbe unterlegt.

	<p>3. <i>Wie verändern Menschen, die Räume nutzen, das Raumklima?</i></p> <p>4. <i>Unter welchen Umständen fühlt sich ein Mensch (thermisch) wohl?</i></p> <p>5. <i>Wie lässt sich festlegen, ob ein Raum behaglich ist?</i></p> <p>Aufgabe: Für die Beantwortung der Fragen sollen die Lernenden das Infoblatt 1 „Wohlbehagen in Räumen“ lesen.</p> <p>Im Anschluss daran wird das subjektive Empfinden von Wohlbehagen und die Aussagekraft von Normen diskutiert.</p> <p>Mögliche Fragen könnten sein: <i>Warum gibt es Meinungsverschiedenheiten darüber, ob es in einem Raum zu warm oder zu kalt ist? Wie kann man überhaupt eine Regel/eine Norm für Behaglichkeit festlegen? Wie unterscheiden sich Normen von den Faktoren, die das Raumklima bestimmen?</i></p>	<p>sondern auch von Bekleidung und Aktivität und dass Menschen, die einen Raum nutzen, das Raumklima beeinflussen.</p> <p>Die Schüler_innen reflektieren (in Paararbeit) über den Zusammenhang zwischen individuellem Befinden und Normen und teilen ihre Ergebnisse im Plenum mit. Dabei sollen sie darauf aufmerksam werden, dass sich diese Normen an der Zustimmung eines hohen Prozentsatzes von Personen in einer Gruppe orientieren, die sich wohlfühlen. Dabei kann nie eine vollständige Zustimmung oder vollständige Ablehnung erreicht werden.</p>
--	---	---

Beilagen

- Beispiel für gemeinsames Clustern der Faktoren, die zum Wohlbehagen beitragen

Weiterführende Themen

- Raumklima
- Thermische Behaglichkeit
- Raumlufttechnik
- Behaglichkeitsnormen

Weiterführende Informationen

- http://rom-umwelt-stiftung.de/wp-content/uploads/2006/02/Dokumentation_Thermische_Behaglichkeit.pdf
- http://www.ibo.at/documents/thermische_behaglichkeit.pdf

Beilage

Beispiel für gemeinsames Clustern der Faktoren, die zum Wohlbefinden beitragen

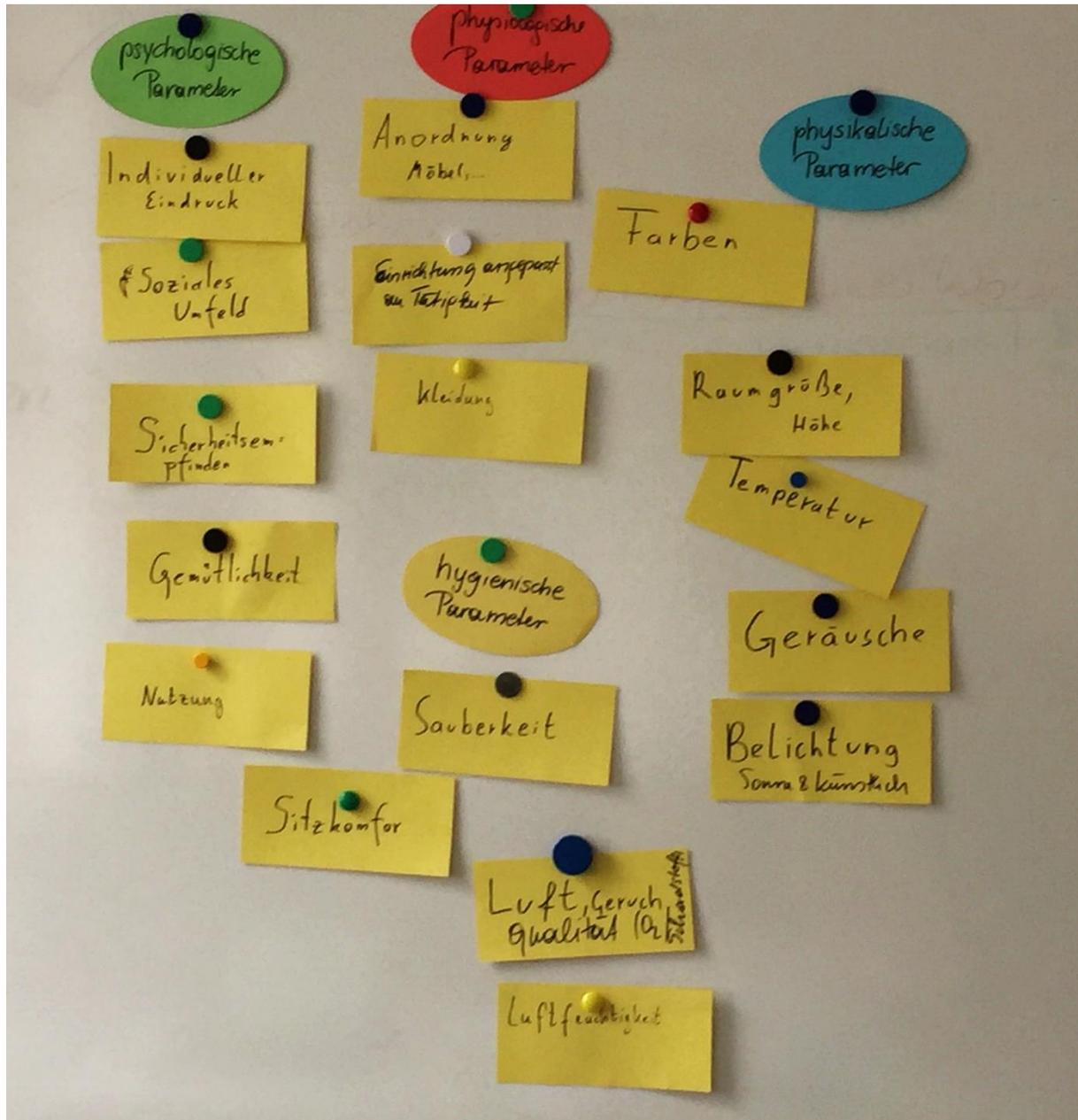


Abb.4: Geclusterte Faktoren Wohlbefinden (Quelle: Foto im Rahmen des Projektes SOLARbrunn aufgenommen)

Wohlig warm oder schön kühl?

2. Datensammlung

Welche Daten werden wir sammeln, um thermische Behaglichkeit zu messen?

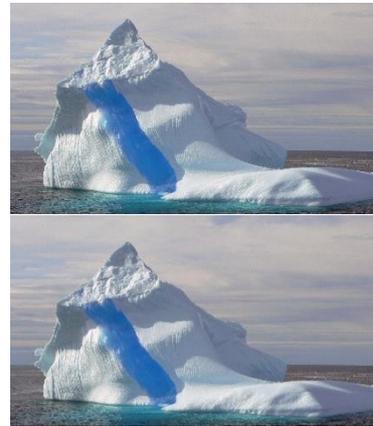
Welche davon können wir schon ohne Messung abschätzen?

Welche Größen können wir messen und womit?

Was muss bei der Messung beachtet werden?

Einige Raumklima-Faktoren lassen sich gut messen. Die Messungen können dann den persönlichen Eindruck, dass es in einem Raum angenehm/unangenehm ist, unterstützen, und so eine Aussage über den Zusammenhang zwischen Raumklimadaten und Wohlbehagen ermöglichen. Außerdem lassen sich eine Reihe von Daten zum Raumklima und zum Wohlbehagen gut abschätzen.

Eine Untersuchung der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und des CO₂-Gehalts im Klassenzimmer wird geplant und durchgeführt. Die Messergebnisse werden zum Abschluss der Einheit präsentiert und mit der Einschätzung des Wohlbehagens diskutiert.



Zeit	Inhalte
3 Schulstunden	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (Thermisches) Wohlbehagen ✓ Luftqualität und Raumklima ✓ Natur der Naturwissenschaften: naturwissenschaftl. Experimentieren

Lernziele
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Die Schüler_innen können mit Hilfe einer Tabelle Komfort-Parameter für das eigene Klassenzimmer abschätzen. (W₃) ✓ Die Schüler_innen können im Zuge der Messplanung Überlegungen zu geeigneten Messgeräten sowie Vermutungen über wichtige Aspekte anstellen, die beim Messvorgang beachtet werden müssen. (E₂) ✓ Die Schüler_innen können Messungen zu Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt im Klassenzimmer durchführen und dabei typische naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden (insbesondere die Verknüpfung von experimenteller Handlung, theoretischem Hintergrund und der Auswahl des Messgeräts) anwenden. (E₁) ✓ Die Schüler_innen können aus den Messungen entsprechende Ergebnisse erhalten und diese dokumentieren, analysieren, interpretieren und reflektieren. (E₄)

Information für Lehrkräfte

1. Zentrale Ideen

- Tabellen zur Abschätzung von Komfort-Parametern basieren auf einer Reihe von zuvor erhobenen Daten und theoretischen Zusammenhängen.
- Eine Untersuchung beginnt mit einer konkreten untersuchbaren Fragestellung.
- Die Rahmenbedingungen einer Untersuchung müssen kontrolliert werden.
- Ein Messprozess muss genau geplant und dokumentiert werden, damit die Messung nachvollziehbar ist.
- Im Zuge der Vorbereitung auf ein Experiment sind nicht nur Vorwissen und Vertrautheit mit den Messgeräten notwendig, auch die eigene Kreativität ist oftmals gefragt, da unter Umständen nach individuellen Lösungen gesucht werden muss, um das gewünschte Experimentiersetting zu generieren.

2. Lernendenvorstellungen

- Messgrößen sind objektiver als Werte, die aus einer Tabelle abgelesen werden. (Der physikalische Hintergrund dieser Tabellenwerte wird übersehen.)
- Dokumentation beschränkt sich auf das Notieren von Ergebnissen.
- Das Experiment steht am Beginn, eine Vermutung ist der Ausgangspunkt.
- Daten werden un gelenkt gesammelt. (Einfach drauf los experimentieren!)
- Die Schüler_innen verstehen Experimentieren nicht als eine Methode, um Ideen und Vermutungen (Hypothesen) zu überprüfen, sondern als einen Weg, um Dinge auszuprobieren oder um ein gewünschtes Resultat zu erzielen.
- Die Rahmenbedingungen werden nicht kontrolliert.

- Das Messverfahren und die unter Umständen daraus resultierenden Probleme werden nicht bedacht.
- Eine Messung/Messreihe liefert bereits das gewünschte Ergebnis. Ganz genaues Messen genügt, ersetzt Wiederholung.
- Naturwissenschaftliches Arbeiten wird als langweilig und meistens wenig lohnend angesehen.
- Die Schüler_innen akzeptieren oftmals Argumente, die auf unzureichend umfangreichen Messreihen beruhen und machen Aussagen aufgrund von statistisch bedeutungslosen Messunterschieden.
- Die Vertrautheit mit dem Hintergrund eines Experiments kann dazu führen, dass Schüler_innen im Verlauf des Experiments bewusst Variablen beeinflussen, die das Resultat verändern.

3. Verwendete Materialien

- Geeignete Messgeräte
- PPT-Datei *Wohlbehagen Oberstufe*
- Ausgedruckte Materialien für Schüler_innen:
 - **Behaglichkeitsspass**: Thermische Behaglichkeit und CO₂
 - **Protokollvorlage** zur Messung von Komfort-Parametern
 - **Fragebogen** zur Ermittlung sozialer Daten
 - **Infoblatt 2**: *Lufttemperatur und Strahlungstemperatur*
 - **Infoblatt 3**: *Relative und absolute Luftfeuchtigkeit*
 - **Infoblatt 4**: *CO₂*
 - **Leitfragen zur Messplanung**
 - **Leitfragen zur Messung**
 - **Leitfragen zur Diskussion der Messdaten**

Didaktische Umsetzung

Zentral für diese Einheit ist der „Behaglichkeitspass“, den die Schüler_innen mit Hilfe von gesammelten Daten ausfüllen sollen. Zunächst werden Tätigkeitsindex, Bekleidungsindex und die Strömungsgeschwindigkeit der Luft abgeschätzt. Anschließend folgt eine Messung der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und des CO₂-Werts im Klassenzimmer. Die erhaltenen Ergebnisse werden vorgestellt und gemeinsam auf ihre Plausibilität, Reliabilität und Validität hin diskutiert.

Zeit	Phase	Aktivität der Lehrperson	Aktivität der Schüler_innen
Einstieg: Der Behaglichkeitspass			
20 min	Elicit/ Engage	<p>Frage: Welche Faktoren bestimmen das Wohlbehagen in einem Raum? Der Behaglichkeitspass wird ausgeteilt und unterstützt die Wiederholung. (Die Lernenden sollten den Behaglichkeitspass in den nächsten Stunden immer bei sich haben.)</p> <p>Die einzelnen Faktoren werden nacheinander in mehreren Schritten behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Die Lernenden werden zunächst dazu aufgefordert, ihr subjektives Wohlbehagen zu beurteilen und ihre Entscheidung kurz zu begründen. 2. Die Lehrperson moderiert die gemeinsame Klärung der Faktoren im Plenum und gibt Definitionen und Informationen zu den Faktoren. 3. Zu jedem Faktor wird die entsprechende Tabelle der PPT einblendet, mit deren Hilfe die Schüler_innen die jeweiligen Werte für die momentane Situation abschätzen und im Pass ein- 	<p>Jede/r Schüler_in bekommt einen Behaglichkeitspass und kurz Zeit, sich damit vertraut zu machen. Mit Hilfe des Behaglichkeitspasses wiederholen die Lernenden kurz die Faktoren, die für das Wohlbehagen ausschlaggebend sind.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Die Schüler_innen entscheiden, ob sich im Raum wohlfühlen und begründen ihre Entscheidung im Plenum. 2. Die einzelnen Faktoren werden nacheinander gemeinsam im Plenum geklärt. 3. Anschließend tragen sie die Werte (außer Temperatur und Luftfeuchtigkeit) für die einzelnen Faktoren mit Hilfe der Tabellen ein. (Der Tabellenwert für CO₂ wird später mit Hilfe der Messergebnisse ergänzt.) Die gewählten Werte werden im Plenum besprochen und mögliche individuelle Unterschiede diskutiert.
	Explore		

		tragen. Dabei kann auch auf individuelle Unterschiede bezüglich Aktivität, Kleidung, Empfindlichkeit bezüglich Luftzug etc. eingegangen werden.	
Messplanung			
30 min	<i>Explore / Explain</i>	<p>Frage: <i>Was muss man bei der Messung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂ beachten?</i></p> <p>Die Lehrperson teilt die Schüler_innen in Kleingruppen ein. Eine der Messungen wird gewählt /zugeteilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Temperatur ➤ Relative Luftfeuchtigkeit ➤ CO₂-Gehalt <ol style="list-style-type: none"> 1. Gemeinsame Aufarbeitung des Inhalts der Infoblätter 2-4: Klärung der zentralen Begriffe (Strahlungstemperatur, Lufttemperatur, relative und absolute Luftfeuchtigkeit, CO₂-Gehalt, absolute und relative CO₂-Konzentration)⁵. 2. Festlegen einer Untersuchungsfrage. 3. Die Leitfragen zur Messplanung werden ausgeteilt. 4. Wenn mehrere Gruppen Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder CO₂ messen: Die Gruppen, die den gleichen Parameter messen, tauschen die Planungen aus. 5. Präsentation und Diskussion der Planungen. 	<p>Die Schüler_innen finden sich in Kleingruppen zu 3-4 Personen zusammen und wählen (oder erhalten) einen zu untersuchenden Parameter (Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, CO₂-Gehalt).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Infoblatt 2,3 oder 4 bearbeiten: <ul style="list-style-type: none"> • Sie lesen das ihnen zugeteilte Infoblatt und markieren Wichtigstes. • In gemischten Kleingruppen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, CO₂) erklären die Schüler_innen einander die wichtigsten Begriffe aus dem Infoblatt. • Kurze Zusammenfassung im Plenum 2. Die einzelnen Gruppen formulieren eine Untersuchungsfrage für ihre Messung. 3. Die Schüler_innen bearbeiten in ihren Experimentiergruppen die Leitfragen und stellen dabei Planungsüberlegungen für ihr Experiment an. 4. <i>Austauschen der Planungen</i> 5. Die Gruppen stellen kurz ihre Messplanung in Bezug auf die oben genannten Leitfragen vor. Die anderen können darauf reagieren, Feedback geben, eigene Vorschläge einbringen und über mögliche Vorgehensweisen diskutieren.

⁵ Damit die Experimentiergruppen nicht zu groß sind, können die Lernenden die beiden Parameter an verschiedenen Orten im Klassenzimmer in regelmäßigen Abständen ablesen. Wenn Schüler_innen langweilig sein sollte, kann sich jeweils ein Gruppenmitglied bei einer anderen Gruppe über das Messen des anderen Parameters informieren und anschließend der eigenen Gruppe berichten. Wichtig ist außerdem, dass man klärt, wie die Rahmenbedingungen kontrolliert werden (Fenster/Türen öffnen, Zahl der Schüler_innen im Raum, ...).

Selbstständige Messung von Daten			
80 min	<i>Elabo- rate</i>	<p>Das Messgerät wird ausgeteilt. Die Schüler_innen machen sich mit dem Messgerät vertraut. Sie arbeiten entsprechend der Messplanung. Die Lehrkraft betreut und zeigt die Leitfragen für die Messung auf der PPT-Präsentation als Hilfestellung.</p> <p><i>Tipp: Vorschläge für Messgeräte finden sich in den Informationen für die Lehrperson.</i></p> <p>Medien: unterschiedliche Thermometer und Hygrometer, CO₂-Messgerät</p>	<p>Die Schüler_innen messen in Kleingruppen die ihnen zugeteilten Parameter. Dabei füllen sie die Protokollvorlage aus sowie den Fragebogen zur Ermittlung sozialer Daten, die zur sinnvollen Interpretation der Messwerte unerlässlich sind.</p>
Präsentation und Diskussion der Messergebnisse			
20 min	<i>Elabo- rate</i>	<p>Frage: <i>Was sagen die Messergebnisse aus? Was können wir aufgrund der Messergebnisse über das Raumklima aussagen?</i></p> <p>Bearbeitung der Aufgabe 6 „Diskussion und Reflexion“ in der Protokollvorlage. Dazu wird die PPT-Folie mit Leitfragen zur Diskussion der Messdaten eingeblendet.</p> <p>Den Schüler_innen wird kurz Zeit gegeben, sich dazu Notizen zu machen.</p> <p>Die Lehrperson leitet die Präsentation UND Diskussion der Messergebnisse an. Insbesondere Gruppen, die den gleichen Parameter gemessen haben, werden angeregt, sich durch</p>	<p>Im Anschluss an die Messung bereiten die Kleingruppen die Präsentation der Ergebnisse längs der Leitfragen und der Aufgabe 6 der Protokollvorlage vor.</p> <p>Dann werden die Ergebnisse präsentiert UND diskutiert. (Wenn mehrere Gruppen dieselbe Messung durchgeführt haben, können Unterschiede, ihre Ursachen und die Konsequenz auf das Ergebnis diskutiert werden.)</p>

„WOHLIG WARM ODER SCHÖN KÜHL?“

	<p>Fragen zur Präsentation zu beteiligen.</p> <p>Die Daten für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt werden abschließend an der Tafel notiert und in den Behaglichkeitspass eingetragen.</p>	<p>Zum Abschluss notieren die Schüler_innen die Daten in ihrem Behaglichkeitspass.</p>
--	---	--

Beilagen

- Informationen für die Lehrkraft: *Daten im Behaglichkeitspass*
- Informationen für die Lehrkraft: *Messung und Datendiskussion*

Weiterführende Themen

- Lufthygiene und Gesundheit
- Relative und absolute Luftfeuchtigkeit: richtiges Lüften
- Luft- und Strahlungstemperatur

Weiterführende Informationen

- http://rom-umwelt-stiftung.de/wp-content/uploads/2006/02/Dokumentation_Thermische_Behaglichkeit.pdf
- http://www.ibo.at/documents/thermische_behaglichkeit.pdf

Beilage 1

Informationen für die Lehrkraft: *Daten im Behaglichkeitspass*

Der Tätigkeitsindex / das metabolische Äquivalent (*Was tun die Personen gerade?*)

Info:

Der Tätigkeitsindex beschreibt, welche Art der körperlichen Betätigung die Personen im Raum zum Zeitpunkt der Bestimmung der Behaglichkeit ausführen. Der Index wird in „**met**“ angegeben, was die Abkürzung für den englischen Begriff („metabolic equivalent of task“), also das metabolische Äquivalent, ist.

Der Bekleidungsindex (*Wie sind die Personen angezogen?*)

Info:

Der Bekleidungsindex liefert Informationen darüber, welche Art von Kleidung die Personen im Raum tragen. Die Einheit des Bekleidungsindex kommt vom englischen Wort „clothing“ für Kleidung.

Die Strömungsgeschwindigkeit der Luft

Info:

Die Strömungsgeschwindigkeit der Luft gibt an, wie schnell sich die Luft in einem Raum bewegt. Sie wird in Meter pro Sekunde (m/s) gemessen. Dieser Komfort-Parameter soll mithilfe einer Tabelle abgeschätzt werden, da Messungen der Strömungsgeschwindigkeit oftmals sehr aufwendig sind bzw. im benötigten Messbereich nicht genau genug durchgeführt werden können.

Beilage 2

Informationen für die Lehrkraft: *Messung und Datendiskussion*

Die folgenden Messungen können in der AHS-Oberstufe durchgeführt werden:

- ✓ Raumlufttemperatur
- ✓ Raumumschließungsflächentemperatur
- ✓ Relative Luftfeuchtigkeit
- ✓ Luftgeschwindigkeit
- ✓ CO₂-Gehalt

Auf den nächsten Seiten finden sich allgemeine und gruppenspezifische Leitfragen, die zur Messplanung herangezogen werden können. Die gruppenspezifischen Leitfragen sollten für die einzelnen Gruppen ausgedruckt werden, damit diese besprochen werden können. Zur Durchführung jeder der Messungen empfehlen sich außerdem folgende Schritte bzw. Leitfragen (in der PPT-Datei zu finden):

1. Macht euch mit dem gewählten Messgerät vertraut!
2. Was müsst ihr bei der Messung beachten?
3. Protokolliert den Messvorgang und die Messergebnisse!
4. Bereitet eine kurze Präsentation eures Messgeräts sowie eurer Ergebnisse vor!

Für die Messungen empfehlen sich z.B. die folgenden Messgeräte:

- **Klimamessgerät testo 480**
<https://www.testo.com/de-DE/Messgr%C3%B6%C3%9Fe/CO%E2%82%82%C-CO%C-Licht%C-Schall/CO%E2%82%82-%28Umgebung%29/testo-480/p/0563%204800>
- **Thermisches Anemometer testo 425**
<https://www.testo.com/de-DE/Anwendungen/Instandhaltung%2C-Wartung-und-Service/Instandhaltung-Klimaanlagen/Str%C3%B6mung/Kanalmessung/testo-425/p/0560%204251>
- **Sensoren von Vernier**, z.B. Vernier Go Wireless® GW-TEMP, Temperatursensor TMP-BTA, Luftfeuchtigkeitssensor RH-BTA, Anemometer ANM-BTA, CO₂ Sensor CO₂-BTA
<https://www.vernier.com/products/sensors/temperature-sensors/tmp-bta/>
<https://www.vernier.com/products/sensors/temperature-sensors/gw-temp/>
<https://www.vernier.com/products/sensors/rh-bta/>
<https://www.vernier.com/products/sensors/anm-bta/>
<https://www.vernier.com/products/sensors/co2-bta/>
- **NETATMO Wetterstation** mit Indoor- und Outdoor-Modul (misst Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt im Raum)
https://www.amazon.de/Netatmo-Wetterstation-iPhone-Android-Windows/dp/Boo98MGWA8/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1487587449&sr=8-1&keywords=netatmo+station
<https://www.netatmo.com/product/weather/weatherstation/accessories#module>

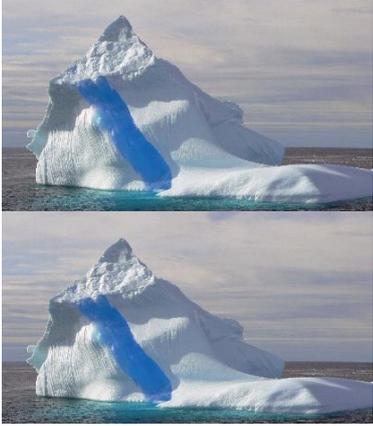
Wohlig warm oder schön kühl?

3. Dateninterpretation und Reflexion

Wie verhalten sich die erhobenen Messdaten zu den abgeschätzten Werten?

Was kann man anhand der gesammelten Daten über das Raumklima und damit über das Wohlbefinden im Klassenzimmer sagen?

Haben wir heute geforscht?

<p><i>Sowohl mit Hilfe der experimentell ermittelten Messwerte als auch unter Berücksichtigung der abgeschätzten und subjektiven Daten können nun Aussagen über das Raumklima und das Wohlbefinden im eigenen Klassenzimmer getätigt werden.</i></p> <p>Die Schüler_innen vergleichen die eingetragenen Werte im Behaglichkeitsspass und machen auf deren Basis Aussagen über das Raumklima bzw. das Wohlbefinden im Klassenzimmer und mögliche Optimierungsmaßnahmen.</p>	
<p>Zeit</p>	<p>Inhalte</p>
<p>1 Schulstunde</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (Thermisches) Wohlbefinden / Komfort ✓ Luftqualität und Raumklima ✓ Natur der Naturwissenschaften: Reflexion des Forschungsprozesses ✓ Nachhaltige Optimierung
<p style="text-align: center;">Lernziele</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Die Schüler_innen können erhobene Messdaten zur Temperatur sowie zur relativen Luftfeuchtigkeit und zum CO₂-Gehalt im Klassenzimmer analysieren und diese mit sozialen Daten bzw. dem Wohlbefinden der Schüler_innen in Beziehung setzen. (W₄) 	

- ✓ Die Schüler_innen können mit einem Komfort-Rechner arbeiten, um gewonnene Messergebnisse zur Temperatur, zur relativen Luftfeuchtigkeit und zum CO₂-Gehalt zu interpretieren. (W₃, E₄)
- ✓ Die Schüler_innen können datenbasiert Lösungsansätze zur Erhöhung des Komforts im eigenen Klassenzimmer oder in ähnlichen Situationen vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit formulieren. (S₂, S₄)
- ✓ Die Schüler_innen können im Rahmen einer Reflexion Parallelen zwischen ihrem eigenen Arbeitsprozess und naturwissenschaftlicher Forschung identifizieren (S₁, S₄)

Information für Lehrkräfte

1. Zentrale Ideen

- Die Werte für Komfort-Rechner basieren auf einer Reihe von zuvor durchgeführten Untersuchungen.
- Aufgrund von erhobenen Daten können Optimierungsvorschläge formuliert werden, die vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit und der individuellen Situation mehr oder weniger sinnvoll sein können.
- Auch in den Sozialwissenschaften wird empirisch geforscht und es werden mitunter auch Experimente durchgeführt. Die Messinstrumente der Sozialwissenschaft sind z.B. Fragebögen und Interviews.
- Naturwissenschaftliche Belege können unter kontrollierten Bedingungen in Experimenten gewonnen werden. Ist das nicht möglich, so wird eine größtmögliche Anzahl an natürlichen Vorkommnissen beobachtet, um daraus auf gewisse Muster zu schließen.
- Auch wenn eine Untersuchung ähnliche Resultate bringt, warten Wissenschaftler oftmals ab, bis das Experiment mehrfach wiederholt wurde, bevor sie das Ergebnis als korrekt akzeptieren.
- Wenn ähnliche Untersuchungen unterschiedliche Resultate ergeben, dann besteht die naturwissenschaftliche Herausforderung darin, zu entscheiden, ob die Unterschiede belanglos oder bedeutend sind. Dazu sind unter Umständen weitere Untersuchungen nötig. Solche Unterschiede können aufgrund von verschiedenen verwendeten Methoden, unterschiedlichen Rahmenbedingungen oder auch Störfaktoren bzw. Messunsicherheiten entstehen.

2. Lernendenvorstellungen

- Die Arbeitsweise des Komfort-Rechners wird möglicherweise nicht hinterfragt und die gegebenen Werte nicht als durch zuvor durchgeführte Untersuchungen bestimmt angesehen.

- Die Schüler_innen sehen Belege nicht als Informationen, die mit Hilfe eines Experiments generiert wurden, sondern glauben, dass Belege eine Auswahl von bisher Bekanntem oder von persönlichen Erfahrungen oder Quellen aus zweiter Hand darstellen.
- Die Schüler_innen akzeptieren Argumente, die auf unzureichend umfangreichen Messreihen beruhen.
- Die Schüler_innen machen Aussagen aufgrund von statistisch bedeutungslosen Messunterschieden.
- Die Schüler_innen verstehen Experimentieren nicht als eine Methode, um Ideen und Hypothesen zu überprüfen, sondern als einen Weg, um Dinge auszuprobieren oder ein gewünschtes Resultat zu erzielen.
- Schüler_innen können beim Experimentieren oftmals nicht alle ausschlaggebenden Variablen identifizieren, die möglicherweise das Resultat des Experiments beeinflussen können.
- Es besteht eine gewisse Schwierigkeit darin, kausale Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen im Experiment zu erkennen.
- Die Vertrautheit mit dem Hintergrund eines Experiments kann dazu führen, dass Schüler_innen im Verlauf des Experiments bewusst Variablen beeinflussen, die das Resultat verändern.

3. Verwendete Materialien

- PPT-Datei *Wohlbehagen Oberstufe*
- Ausgedruckte Materialien für Schüler_innen:
 - **Behaglichkeitspass:** *Thermische Behaglichkeit und CO₂*
 - **Arbeitsblatt 1:** *Das Wohlbehagen im Klassenzimmer bewerten*
 - **Arbeitsblatt 2:** *Haben wir heute geforscht? – Naturwissenschaftliche Konzepte und Prozesse*
 - **Infoblatt 5:** *Experimentelle naturwissenschaftliche Forschung*
 - **Leitfragen zum Vergleich der Daten**

Didaktische Umsetzung

Zu Beginn der Einheit werden die erhobenen Messdaten mit den im Behaglichkeitspass eingetragenen, geschätzten Werten verglichen und anschließend wird das Wohlbehagen im Klassenzimmer auf Basis der erhaltenen Daten mit Hilfe eines Diagrammes sowie eines Komfort-Rechners bewertet. Am Ende steht eine Reflexion im Hinblick auf die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den durchgeführten Experimenten und naturwissenschaftlicher Forschung.

Zeit	Phase	Aktivität der Lehrperson	Aktivität der Schüler_innen
Vergleich der Daten im Behaglichkeitspass			
10 min	Elaborate	Die Daten im Behaglichkeitspass werden nun noch einmal betrachtet und mit Hilfe der Leitfragen zum Vergleich der Daten auf der PPT die Methoden der Datenerhebungen verglichen. Mögliche Vor- und Nachteile von Schätzungen und Messungen besprochen.	Die Schüler_innen besprechen die Leitfragen zu zweit und machen sich Notizen. Anschließend teilen sie ihre Ideen im Plenum und diskutieren mögliche Vor- und Nachteile von Schätzungen und Messungen.
Das Wohlbehagen im Klassenzimmer bewerten			
20 min	Elaborate/ Extend	<p>Frage: Wie können wir aufgrund der Messdaten das Raumklima und das Wohlbehagen in einem Raum einschätzen? Wie könnten wir das Wohlbehagen im Klassenzimmer verbessern.</p> <p>Das Arbeitsblatt 1 „Das Wohlbehagen im Klassenzimmer bewerten“ wird ausgeteilt.</p> <ol style="list-style-type: none"> Phase 1: Die Messwerte werden ins Diagramm eingetragen und die Ergebnisse werden kurz besprochen. Phase 2: Die Daten des Behaglichkeitspasses werden in den Komfort-Rechner eingegeben und das Ergebnis mit dem persönlichen Empfinden verglichen. Phase 3: Suche von Optimierungsvorschlägen. Die Ergebnisse werden im Plenum verglichen. Die Ergebnisse zu Phase 3 werden mit Hilfe des Konzepts der Nachhaltigkeit diskutiert und die Sinnhaftigkeit einzelner Maßnahmen überlegt. 	<ol style="list-style-type: none"> Phase 1: Die Schüler_innen bearbeiten das Diagramm nach Möglichkeit in Gruppen in denen jeweils 1 Lernende_ aus jeder Messgruppe ist und verwenden die Ergebnisse ihrer Messungen. Anschließend gemeinsamer Vergleich im Plenum. Phase 2: Eintragen in den Komfortrechner: Je nach Zugang zum Internet arbeiten die Schüler_innen zu zweit mit dem Komfortrechner oder im Plenum. Phase 3: Überlegungen zur Verbesserung des Wohlbehagens werden zu zweit angestellt und notiert.

			4. Im Anschluss werden die Ergebnisse des Komfortrechners sowie die Optimierungsvorschläge diskutiert und deren Sinnhaftigkeit vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit bewertet.
Haben wir heute geforscht?			
20 min	Evaluate	<p>Frage:</p> <p><i>In wie weit haben unsere Messungen Forschungsexperiment geähnelt, inwiefern sind sie abgewichen?</i></p> <p>Die Frage soll mit Hilfe des Arbeitsblatts 2 „Haben wir heute geforscht?“ und des Infoblatts 5 „Experimentelle naturwissenschaftliche Forschung“ bearbeitet werden.</p> <p>Die Ergebnisse sowie mögliche Unstimmigkeiten werden im Klassenverband diskutiert.</p>	<p>Die Schüler_innen bearbeiten das Arbeitsblatt 2 zu zweit. Als zusätzlicher und/oder vertiefender Input kann das Infoblatt 5 gelesen und anschließend besprochen werden.</p> <p>Die Paare stellen ihre Überlegungen im Plenum vor und diskutieren über Gemeinsamkeiten und Unterschiede.</p>

Weiterführende Themen

- Nachhaltigkeit
- Komfort-Optimierung
- Naturwissenschaftliche Forschungsmethoden

Weiterführende Informationen

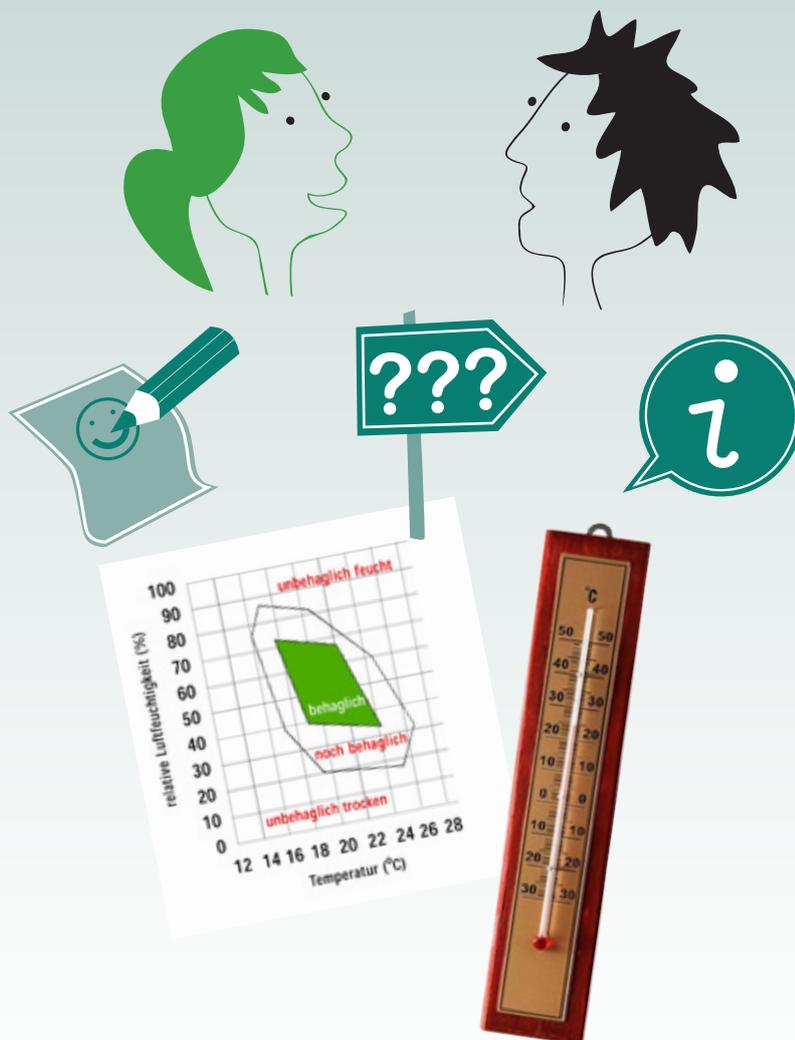
- <https://www.nachhaltigkeit.at/>
- <https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/fachwissen/planungsgrundlagen/nachhaltigkeit-und-umweltbewusste-gebaeudetechnik-16015>

SOLARbrunn: mit der Sonne in die Zukunft!



„Wohlig warm oder schön kühl?“

*Materialien
für Schüler_innen
Oberstufe*



**1****WELCHER ZUSAMMENHANG BESTEHT ZWISCHEN RAUMKLIMA UND WOHLBEHAGEN?**

Das Wohlbehagen in einem Raum hängt von vielen Faktoren ab. Manche dieser Faktoren sind abhängig von der Person selber, andere dieser Faktoren sind durch den Raum vorgegeben. Außerdem ist es wichtig, wofür der Raum verwendet wird, wie viele Personen in diesem Raum sind und welche Tätigkeit sie ausführen.

Das Raumklima hingegen ist eine Kombination von mehreren messbaren Eigenschaften dieses Raums (während seiner Nutzung): der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und der Luftqualität. Das Raumklima hängt aber auch von der Außentemperatur ab oder davon, ob der Raum geheizt wird, wie viele Menschen in diesem Raum sind und wie sie diesen Raum verwenden. Menschen und Pflanzen geben etwa Feuchtigkeit ab, durch Kochen, Duschen oder Waschen kommt Wasserdampf in die Luft.

Möchte man das Raumklima so gestalten, dass möglichst viele Personen diesen Raum als behaglich empfinden, so müssen unter anderem die Lufttemperatur sowie die Oberflächentemperaturen, die Luftfeuchtigkeit, die Luftqualität und die Luftbewegung in einem geeigneten Bereich sein.

2**WOVON HÄNGT THERMISCHES WOHLBEHAGEN AB?**

Damit du dich in einem Raum wohl fühlst, muss die Wärme, die dein Körper abgibt, gleich groß sein wie die Wärme, die dein Körper produziert. Die Wärmeproduktion hängt wiederum davon ab, ob du sitzt oder liegst oder ob du dich viel oder wenig bewegst. Die Wärmeabgabe wird wiederum von der Kleidung bestimmt, die du trägst.

Die thermische Behaglichkeit (das thermische Wohlbehagen), wird von folgenden Regeln (Normen) beschrieben:

Die Behaglichkeits- oder ISO-Norm 7730 besagt:

Die thermische Behaglichkeit ist dann gegeben, wenn der Mensch mit dem Umgebungsklima zufrieden ist. [DIN EN ISO 7730: 2003]

Die Norm DIN 1946-2 für Raumluftechnik besagt:

Thermische Behaglichkeit ist dann gegeben, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht. [DIN 1946-2:1994-01]

http://rom-umwelt-stiftung.de/wp-content/uploads/2006/02/Dokumentation_Thermische_Behaglichkeit.pdf

?**ÜBERLEGE ANTWORTEN ZU FOLGENDEN FRAGEN:**

1. Nenne Faktoren, von denen das Wohlbehagen in einem Raum abhängt!
2. Welche Faktoren bestimmen das Raumklima?
3. Wie verändern Menschen, die Räume nutzen, das Raumklima?
4. Unter welchen Umständen fühlt sich ein Mensch (thermisch) wohl?
5. Wie lässt sich festlegen, ob ein Raum behaglich ist?



**1****DIE LUFTEMPERATUR**

Die Lufttemperatur bezeichnet in der Gebäudetechnik die Temperatur der Raumluft in einem Gebäude oder Aufenthaltsraum. Die Luftfeuchtigkeit, die Luftgeschwindigkeit und die Wärmestrahlung in einem Raum können dessen Lufttemperatur erheblich beeinflussen, weshalb man für eine präzise Messung darauf achten sollte, dass keiner dieser Faktoren das Raumklima stark beeinträchtigt und das Messgerät so gut wie möglich vor Wärmestrahlung und Zugluft abgeschirmt wird.

2**DIE STRALUNGSTEMPERATUR**

Nicht nur die Lufttemperatur, sondern auch die Strahlungstemperatur spielt für den Wärmehaushalt des Menschen eine große Rolle. Die Strahlungstemperatur hängt davon ab, wieviel Wärme von den Oberflächen, also z.B. den Wänden eines Raumes, abgestrahlt wird. Große Unterschiede in der Temperatur der einzelnen Oberflächen wirken sich negativ auf das Wohlbefinden der Personen im Raum aus. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen, kann die mittlere Strahlungstemperatur in einem Raum berechnet werden. Dabei handelt es sich um eine Art Mittelwert der Strahlungstemperaturen aller umgebenden Flächen im Raum, wie z.B. Wände, Fenster, der Boden oder die Decke. Genau genommen setzt sich die mittlere Strahlungstemperatur aus den Oberflächentemperaturen aller dieser Flächen zusammen, dividiert durch die für den Wärmeaustausch mit dem Menschen relevanten Einzelflächen. Falls ihr ein Infrarot-Thermometer habt, könnt ihr einige dieser Strahlungstemperaturen messen und vergleichen.

3**DIE EMPFUNDENE TEMPERATUR**

Die von einem Menschen empfundene Raumtemperatur wird sowohl durch die Strahlungs- als auch die Lufttemperatur in der unmittelbaren Umgebung beeinflusst. Ist die Lufttemperatur also nicht angenehm, so kann das durch eine Veränderung der Strahlungstemperatur ausgeglichen werden (und umgekehrt). Ist es im Raum beispielsweise sehr warm, obwohl draußen niedrigere Temperaturen herrschen, kann man durch das Anlehnen an eine kühle Fensterscheibe oder Außenwand die empfundene Temperatur verringern. Das funktioniert jedoch nur bis zu einem gewissen Grad, weshalb man darauf achten sollte, dass sowohl die Luft- als auch die Strahlungstemperatur in einem angenehmen Bereich liegen.





1 DIE LUFTFEUCHTIGKEIT

Die Luftfeuchtigkeit (auch Luftfeuchte genannt) kann einen großen Einfluss auf die thermische Behaglichkeit der Personen in einem bestimmten Raum haben. Sie sagt uns, wie viel Wasserdampf in der Luft vorhanden ist, das heißt, wie feucht die Luft im Raum ist. Man unterscheidet dabei zwischen der relativen und der absoluten Luftfeuchtigkeit.

3 DIE ABSOLUTE LUFTFEUCHTIGKEIT

Die absolute Luftfeuchtigkeit gibt die Menge (exakt: die Masse) an Wasserdampf an, die in einem bestimmten Luftvolumen enthalten ist. Die absolute Luftfeuchtigkeit wird normalerweise in g/m^3 angegeben: Sie gibt die Masse des Wasserdampfs (in Gramm g) an, der sich in einem bestimmten Luftvolumen (in Kubikmetern m^3) befindet. Bei einer absoluten Luftfeuchtigkeit von $10 \text{ g}/\text{m}^3$ enthält ein Kubikmeter Luft also 10 Gramm Wasserdampf.

2 DIE RELATIVE LUFTFEUCHTIGKEIT

Die relative Luftfeuchtigkeit wird in Prozent (%) angegeben und beschreibt das Verhältnis zwischen der tatsächlich in der Luft enthaltenen Menge an Wasserdampf und der größtmöglichen Menge an Wasserdampf, die die Luft aufnehmen kann. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50% enthält die Luft beispielsweise halb so viel Wasserdampf, wie sie maximal aufnehmen könnte. Die relative Luftfeuchtigkeit hängt vom Luftdruck sowie von der Temperatur der Luft ab.

- Steigt die Temperatur, so kann mehr Wasserdampf in der Luft aufgenommen werden
- Sinkt die Temperatur hingegen, kann die Luft weniger Wasserdampf aufnehmen.

Dieselbe Menge Wasserdampf bedeutet also bei niedrigen Temperaturen eine hohe relative Luftfeuchtigkeit, bei höheren Temperaturen allerdings eine niedrige relative Luftfeuchtigkeit, da noch viel mehr Wasserdampf aufgenommen werden könnte.

Wenn wir im Winter lüften, kommt kalte Luft von draußen in den Raum. Diese kalte Luft kann nicht so viel Wasserdampf aufnehmen, wie die warme Luft im Zimmer – auch wenn es draußen schneit oder regnet. Beim Erwärmen dieser Luft sinkt die relative Luftfeuchtigkeit – die jetzt aufgewärmte Luft könnte mehr Wasserdampf aufnehmen.

Idealerweise liegt die relative Luftfeuchtigkeit in einem Raum zwischen 30% und 65%. Liegt sie unter diesem Idealbereich, so wird die Luft als zu trocken wahrgenommen; liegt sie darüber, dann empfindet man die Luft als zu feucht. Außerdem kann es bei großer Luftfeuchtigkeit in Räumen zu Schimmelbildung kommen.

? WAS WOLLEN WIR MESSEN?

Da die absolute Luftfeuchtigkeit schwieriger zu messen ist als die relative Luftfeuchtigkeit und der Prozentwert informativer ist als die Angabe in g/m^3 wird im Alltag meist die relative Luftfeuchtigkeit in einem Raum angegeben und auf die absolute Luftfeuchtigkeit verzichtet.

In der Abbildung sind Kurven eingezeichnet, die für unterschiedliche relative Luftfeuchtigkeiten stehen. Dabei entspricht die oberste (dicke) Kurve 100 % relativer Luftfeuchtigkeit und zeigt an, welche absolute Menge an Wasserdampf die Luft bei der entsprechenden Temperatur maximal aufnehmen kann. Die weiteren Kurven (von oben nach unten) entsprechen folgenden relativen Luftfeuchten: 80 %, 60 %, 40 % und 20 % (unterste Kurve).

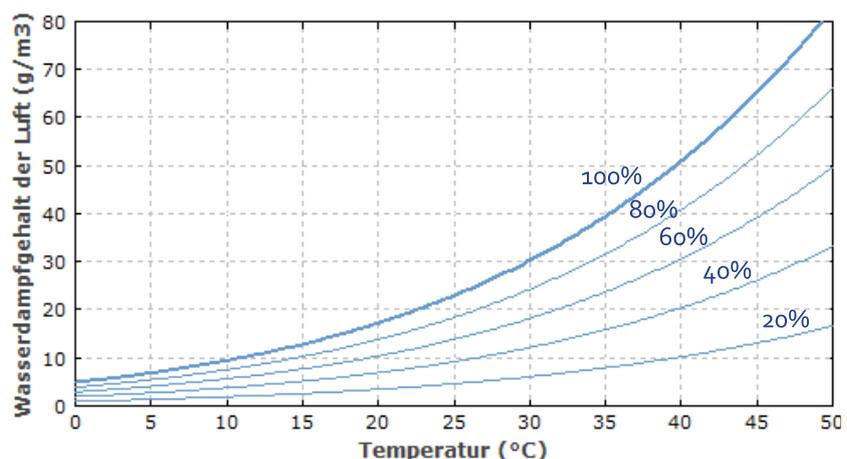
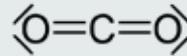


Abb. 1 – Quelle: www.energie-lexikon.info/luftfeuchtigkeit.html





Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist eine chemische Verbindung aus Kohlenstoff und Sauerstoff.

Abb. 1: Reaktionsgleichung Entstehung von CO₂Abb. 2: Strukturformel von CO₂

CO₂ ist ein nicht brennbares, farbloses und geruchloses Gas. Bei Normaldruck, also bei 1013,25 hPa, und unter einer Temperatur von -78,5 °C ist Kohlenstoffdioxid ein Feststoff, der im Alltag Trockeneis genannt wird. CO₂ kann bei Normaldruck nicht in flüssiger Form vorliegen, daher sublimiert Trockeneis – es wandelt sich direkt in die gasförmige Form um. CO₂-Gas ist gut in Wasser löslich, dies wird oft fälschlicherweise „Kohlensäure“ genannt. Allerdings ergibt erst die Verbindung mit Wasser Kohlensäure (H₂CO₃).

CO₂ entsteht unter ausreichender Sauerstoffzufuhr bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Substanzen (z.B. Kohle, Erdöl, Erdgas und Holz) und als Produkt der Zellatmung in Organismen. Einen gegenläufigen Prozess, der die Menge des in der Atmosphäre vorhandenen CO₂ reduziert, stellt die Photosynthese dar – Pflanzen, Algen und einige Bakterienarten wandeln CO₂ in Biomasse (z.B. Glukose) um.

Neben Wasserdampf und Methan spielt CO₂ eine wichtige Rolle für den Wärmehaushalt der Erde: Diese Gase – auch Treibhausgase genannt – absorbieren (und emittieren) Infrarotstrahlung bestimmter Wellenlängen. Dadurch wird die Abstrahlung von Wärme von der Erde in den Weltraum zu einem großen Teil verhindert, diese Energie bleibt in der Atmosphäre (und damit auf der Erde) zurück. Dieser Effekt wird Treibhauseffekt genannt. Ohne ihn wäre Leben auf der Erde prinzipiell nicht möglich, da die vorherrschenden Temperaturen sonst zu niedrig wären. Allerdings bedeutet eine zu große Menge an Treibhausgasen auch eine steigende Erwärmung der Erde. Durch den menschlichen Einfluss ist die Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre von 280 ppm*) CO₂ in vorindustrieller Zeit auf etwa 400 ppm CO₂ in der heutigen Zeit angestiegen (anthropogener Treibhauseffekt).

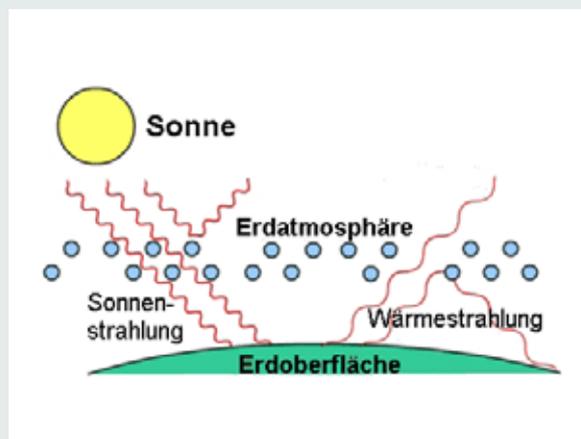


Abb. 3: Treibhauseffekt

Quelle: <https://klimaschutz.kreis-pinneberg.de/Das+Klima/Treibhauseffekt.html>

*) Der CO₂-Gehalt wird in ppm (= parts per million) angegeben, 1 ppm entspricht dabei also 10⁻⁴ %.



LUFTQUALITÄT – CO₂-GEHALT

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 2/Oberstufe



Da CO₂ unter anderem bei der Verbrennung von organischen Stoffen und beim Atmen entsteht, ist es in unserer natürlichen Luftzusammensetzung ständig vorhanden. Kohlenstoffdioxid ist zwar nicht toxisch, kann aber unter gewissen Umständen für Tier und Mensch gefährlich sein: Bei normalen CO₂-Konzentrationen im Blut wird die Atmung angeregt; bei höheren Konzentrationen kann es jedoch zu einer Verminderung der Atemfrequenz kommen oder sogar zum Atemstillstand. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über CO₂-Konzentrationen in der Luft und deren Auswirkung auf den Menschen:

Konzentration in ppm	Konzentration in %	Vorkommen bzw. Auswirkungen
380 ppm	0,038 %	Aktuelle Konzentration in der Außenluft
1 500 ppm	0,15 %	Hygienischer Innenraumluftwert für frische Luft
3 000 ppm	0,3 %	keine Gesundheitsbedenken bei dauerhafter Einwirkung
5 000 ppm	0,5 %	Maximal erlaubte Arbeitsplatzkonzentration (8 Stunden / Tag)
15 000 ppm	1,5 %	Das Atemvolumen pro Minute nimmt um 40% zu.
40 000 ppm	4 %	CO ₂ -Konzentration beim Ausatmen
50 000 ppm	5 %	Kopfschmerzen, Schwindel und Bewusstlosigkeit, Tod nach 30-60 Min.
80 000 ppm	8 %	Bewusstlosigkeit, Eintreten des Todes nach 5-10 Minuten

Tabelle 1: Überblick über CO₂-Konzentrationen in der Luft und deren Auswirkungen auf den Menschen
 Quelle: www.co2-emissionen-vergleichen.de/Klimabilanz/Treibhausgase/CO2/Wirkung/CO2-Konzentration-Wirkung.html

Die Anzahl der Menschen, deren Aufenthaltsdauer, ihr Aktivitätsgrad und die baulichen Gegebenheiten beeinflussen die CO₂-Konzentration in einem Innenraum. In geschlossenen Räumen steigt die CO₂-Konzentration daher schnell an. Da CO₂ geruchlos ist, merkt man das Ansteigen der CO₂-Konzentration nur indirekt, indem man das Gefühl bekommt, dass es stickig oder schwül im Zimmer wird. Um dem entgegenzuwirken und die Qualität der Raumluft sicher zu stellen, muss man ausreichende Belüftung einplanen. Hierfür ist die Norm DIN EN 13779 hilfreich, die die Raumluftqualität in Innenräumen in vier Kategorien – IDA 1 (=In-Door Air 1) bis IDA 4 – einteilt. Diese Kategorien sind darüber definiert, wie stark die CO₂-Konzentration im Innenraum gegenüber der Konzentration in der Außenluft erhöht ist. (Diese beträgt ca. 400 ppm CO₂, wobei dieser Wert im Jahresverlauf Schwankungen von etwa 20 ppm unterworfen ist, je nach pflanzlicher Aktivität.)

Wenn Räume schlecht belüftet werden, steigt nicht nur der CO₂-Gehalt, sondern auch Keime oder andere gesundheitsschädigende Stoffe reichern sich in der Raumluft an. Daher ist der CO₂-Gehalt auch geeignet, um die Raumluft in hygienischer Hinsicht zu bewerten (vgl. letzte Spalte der Tabelle).

Qualität der Raumluft	Erhöhung der CO ₂ -Konzentration gegenüber der Außenluft (ca. 400 ppm) [ppm]	Absolute CO ₂ -Konzentration in der Innenraumluft [ppm]	Lüftungsrate/ Außenluftvolumenstrom [l/s/Person] ([m ³ /h/Person])	Hygienische Bewertung
IDA 1	Hoch ≤ 400	≤ 800	> 15 (> 54)	unbedenklich
IDA 2	Mittel > 400–600	> 800 – 1 000	> 10–15 (> 36–54)	
IDA 3	Mäßig > 600–1000	> 1000 – 1 400	> 6–10 (> 22–36)	auffällig
IDA 4	Niedrig > 1000	> 1 400 – 2 000	< 6 (< 22)	
		> 2 000		inakzeptabel

Tabelle 2: Raumluftqualitätsklassen sowie Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Innenraumluft (Ad-hoc-AG 2008)
 Quellen: www.wissenwiki.de/Kohlenstoffdioxid, www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3689.pdf





Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 3/Oberstufe

In der naturwissenschaftlichen Forschung spielen Experimente eine große Rolle, um begründet eine Aussage zu einem Phänomen treffen zu können und somit neues Wissen zu entwickeln.

1 Eine **FORSCHUNGSFRAGE** stellen: Zunächst ist es wichtig, zu überlegen, was mit dem Experiment überhaupt herausgefunden werden soll. Dazu müssen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sich zunächst oft intensiv mit der Theorie auseinandersetzen, die das zu untersuchende Phänomen beschreiben und erklären könnte.

2 **HYPOTHESEN** mit Experimenten **TESTEN**: Aufgrund der theoretischen Auseinandersetzung ist es meist möglich, begründete Vermutungen über den Ausgang eines Experiments anzustellen und diese zielgerichtet zu untersuchen.

3 **HYPOTHESEN** auf Basis von Experimenten **ENTWICKELN**: Selbst gute theoretische Kenntnisse führen nicht immer zu Hypothesen über den Ausgang eines Experiments. Hypothesen können aber oft experimentell entwickelt werden, indem ein Phänomen fragegeleitet untersucht wird und dann die Ergebnisse so strukturiert werden, dass neue Vermutungen entwickelt werden können.

4 **BESTÄTIGEN/WIDERLEGEN** von **HYPOTHESEN**: In beiden Fällen kann eine unter 3 genannten Hypothese durch ein Experiment bestätigt oder widerlegt werden. Sowohl **VERIFIKATION** als auch **FALSIFIKATION** haben einen Erkenntniswert für eine Fragestellung.

5 **DOKUMENTATION**: Der gesamte Forschungsprozess muss genau dokumentiert werden, damit für andere Forscherinnen und Forscher klar ersichtlich und nachvollziehbar ist, welche Überlegungen den Prozess geleitet haben.

6 **INTERPRETATION** von **DATEN**: Nachdem Daten experimentell erhoben wurden, wird in einem nächsten Schritt überlegt, was die Daten im Hinblick auf die Forschungsfrage aussagen: Die Daten müssen strukturiert und unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen interpretiert werden.

7 **DISKUSSION** und **RECHTFERTIGUNG**: Da in der Forschung im Unterschied zur Schule nicht feststeht, welches Ergebnis bei einem Experiment rauskommen soll, ist es wichtig, dass sich Forscherinnen und Forscher, die an ähnlichen Themen arbeiten, regelmäßig austauschen und einander Feedback geben. Ergebnisse, aber auch der Weg zu den Ergebnissen werden im Rahmen von Fachtagungen vor Fachkolleginnen und Fachkollegen präsentiert und gerechtfertigt.

8 **WIEDERHOLBARKEIT**: Werden die Untersuchungen von anderen Forscherinnen und Forschern wiederholt, müssen die gleichen Ergebnisse herauskommen (empirische Stabilität). Oft werden dabei unterschiedliche experimentelle Verfahren verwendet, um die gleiche Frage zu untersuchen.

9 **PUBLIKATION**: Schließlich werden Forschungsprozess und Ergebnisse in einem Artikel niedergeschrieben und veröffentlicht, damit auch andere von den Ergebnissen erfahren und daran weiterarbeiten können. Bevor ein Artikel veröffentlicht werden kann, lesen ihn Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich mit ähnlichen Themen befassen, geben Rückmeldung und entscheiden, ob die Arbeit nachvollziehbar und so bedeutsam ist, dass sie veröffentlicht werden soll.

10 **KREATIVITÄT**: Obwohl es eine Reihe von Regeln gibt, welche Forschung leiten, müssen Forscherinnen und Forscher sowohl bei der Planung und Durchführung von Experimenten als auch bei der Auswertung der Ergebnisse kreativ sein.

11 **ANLÄSSE** für und **EINFLÜSSE** auf Forschung: Forschung hat viele Anlässe und wird von einer Reihe von forschungsinternen und forschungsexternen Faktoren beeinflusst. Das können Faktoren sein, die in den spezifischen Methoden und Fragestellungen eines bestimmten Teilgebiets der Physik liegen oder aber individuell bedeutsame Faktoren. Oft sind aber auch gesellschaftliche, wirtschaftliche oder militärische Interessen Anlass für bestimmte Fragestellungen. Entsprechende Forschungsprojekte werden dann finanziell bevorzugt gefördert. Damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass diese Fragestellungen untersucht werden.

Quelle: Henke, Andreas. (2016). Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – Forschender und historisch orientierter Physikunterricht im Vergleich. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften(22), 123-145. doi: 10.1007/s40573-016-0046-z



THERMISCHE BEHAGLICHKEIT & CO₂

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 1/Oberstufe



BEHAGLICHKEITSPASS

THERMISCHE BEHAGLICHKEIT & CO₂

NAME



Ich fühle mich wohl: JA  NEIN 

weil _____

Tätigkeitsindex	
Bekleidungsindex	
Temperatur	
Luftfeuchtigkeit	
Strömungsgeschwindigkeit Raumluf	
CO ₂ -Gehalt	



BEHAGLICHKEITSPASS

THERMISCHE BEHAGLICHKEIT & CO₂

NAME



Ich fühle mich wohl: JA  NEIN 

weil _____

Tätigkeitsindex	
Bekleidungsindex	
Temperatur	
Luftfeuchtigkeit	
Strömungsgeschwindigkeit Raumluf	
CO ₂ -Gehalt	



ALLGEMEINE LEITFRAGEN ZUR UNTERSUCHUNG VON KOMFORT-PARAMETERN



1. Welche Raumklima-Faktoren sollen gemessen werden?
2. Wer ist für welche Messungen verantwortlich?
3. Welche Messgeräte werden dafür benötigt?
4. Eignen sich alle Messgeräte gleich gut für eine bestimmte Messung?
5. Welche Anforderungen werden an das Messgerät bezüglich Anzeige, Genauigkeit und Messbereich gestellt?
6. Was sind mögliche Störfaktoren, die die Genauigkeit der Messungen beeinflussen könnten?
7. An welchem Ort sollen die Messgeräte platziert werden, um eine genaue und aussagekräftige Messung der Größen zu ermöglichen?
8. Wie kann man feststellen, wie genau ein Messgerät misst? Was kann man tun, wenn es ungenau oder nicht genau genug misst?
9. Wie werden die Messungen aufgezeichnet (händisch/automatisch)? Sind zusätzliche Geräte (z.B. Laptop) und/oder Software für die Aufzeichnung der Messwerte notwendig?
10. Welche Messperiode und welche Messfrequenz sollen gewählt werden?
11. Soll der Zustand des (leeren) Raumes als solcher bestimmt werden oder sollen während der Messung Personen im Raum anwesend sein? Wie werden die Personen im Raum bei der Messung/Protokollierung berücksichtigt? Sind sie „Störfaktoren“ oder doch ein Teil des zu messenden Raumklimas?

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Oberstufe

ZUSÄTZLICHE LEITFRAGEN ZU LÄNGERFRISTIGEN MESSUNGEN VON DATEN



1. Sollen die Messungen auch außerhalb der Schulzeit (abends / Wochenende / ...) fortgesetzt werden?
2. Wenn ja, wie kann sichergestellt werden, dass die Messgeräte geschützt sind bzw. die Messungen nicht gestört werden?
3. Müssen das Messgerät sowie andere notwendige Geräte bei längerfristigen Messungen regelmäßig gewartet (z.B. geladen) werden? Können die Messgeräte durchgehend an die Stromversorgung angeschlossen sein?
4. Wie wird mit der Sammlung von Messdaten und sozialen Daten (siehe unten) in „Wanderklassen“ umgegangen?
5. Welche Schüler_innen der anderen Klassen übernehmen die Eintragung der Werte in Abwesenheit eurer Klasse?

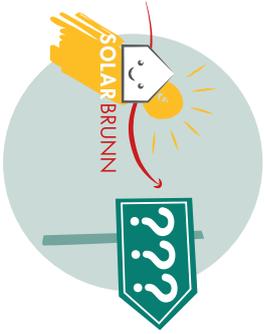
Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Oberstufe

UNTERSUCHUNG VON KOMFORT PARAMETERN

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 2/Oberstufe



LEITFRAGEN SPEZIELL FÜR DIE TEMPERATURMESSUNG

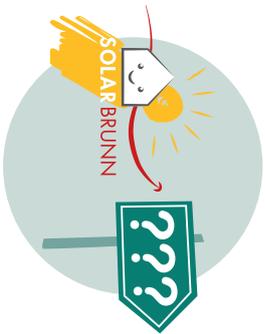


1. Wie kann man sichergehen, dass nur die Lufttemperatur und nicht die Strahlungstemperatur gemessen wird?
2. Wo hängt man ein Thermometer am besten auf?
3. Warum verwendet man für die Flüssigkeitsthermometer eigentlich Quecksilber oder Alkohol anstatt Wasser?
4. Wie groß sind die Effekte, die durch die Personenanzahl im Raum verursacht werden? Wie verhält sich das zur Messunsicherheit des Geräts?
5. Welche Anforderungen werden an das Messgerät bezüglich Anzeige, Genauigkeit und Messbereich gestellt?

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Oberstufe



LEITFRAGEN SPEZIELL FÜR DIE MESSUNG DER RELATIVEN LUFTFEUCHTIGKEIT



1. Wie hängt die relative Luftfeuchtigkeit von der Temperatur ab? Was passiert, wenn die Temperatur im Raum steigt / sinkt?
2. Würde man zwischen 40% und 45% relativer Luftfeuchtigkeit in einem Raum einen Unterschied bemerken? Wie genau soll daher das Messgerät sein?
3. Was ist die Ansprechgeschwindigkeit des Messgeräts und wie kann man sie überprüfen?
4. Gibt es im Raum Luftbefeuchter oder Luftentfeuchter? Welchen Einfluss haben diese?
5. Wie groß sind die Effekte, die durch die Personenanzahl im Raum verursacht werden? Wie verhält sich das zur Messunsicherheit des Geräts?

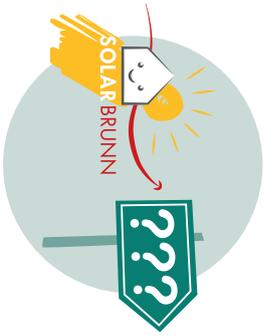
Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Oberstufe



UNTERSUCHUNG VON KOMFORT PARAMETERN

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 2/Oberstufe

LEITFRAGEN SPEZIELL FÜR DIE MESSUNG DES CO₂-GEHALTS

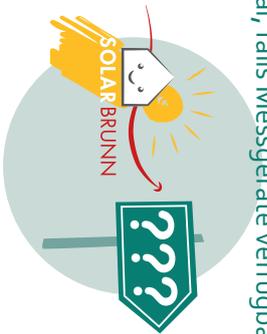


1. Ist die CO₂-Konzentration im ganzen Raum gleich hoch? Warum?
2. Wie kann der CO₂-Gehalt der Luft bestimmt werden? Welche Möglichkeiten stehen zur Verfügung?
3. Würde der Anstieg des CO₂-Gehalts der Luft um 100 ppm spürbar sein? Wie wirkt sich das auf die gewünschte Messgenauigkeit aus? Wie können individuelle Unterschiede berücksichtigt werden?
4. Welche Anforderungen werden an das Messgerät bezüglich Anzeige, Genauigkeit und Messbereich gestellt?
5. Müssen offene Fenster / Türen protokolliert werden? Wenn ja, sollen diese als „Störfaktoren“ oder als Faktoren, die zum momentanen Raumklima beitragen, angegeben werden?
6. Wie groß sind die Effekte, die durch die Personenanzahl im Raum verursacht werden?

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Oberstufe

LEITFRAGEN SPEZIELL FÜR DIE MESSUNG DER LUFTGESCHWINDIGKEIT

(optional, falls Messgeräte verfügbar sind):



1. Wo würdet ihr im Raum einen höheren / geringeren Luftzug erwarten? Warum?
2. Wie kann die Strömungsgeschwindigkeit der Luft bestimmt werden? Welche Gegenstände reagieren empfindlich auf den Luftzug? Welche dieser Gegenstände stehen zur Verfügung?
3. Wie empfindlich reagiert der Mensch auf den Luftzug?
4. Wie wirkt sich das auf die gewünschte Messgenauigkeit aus?
5. Wie werden individuelle Unterschiede berücksichtigt?
6. Müssen offene Fenstern / Türen protokolliert werden? Wenn ja, sollen diese als „Störfaktoren“ oder doch als Faktoren, die zum momentanen Raumklima beitragen, angegeben werden?

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Oberstufe

MESSUNG VON KOMFORT-PARAMETERN

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 2/Oberstufe



VERSUCHSGRUPPE (Namen der Schüler_innen)

DATUM _____

1 FORSCHUNGSFRAGE UND HYPOTHESE

2 MESSPLANUNG

Messzeitraum	
Messperiode	
Messbereich	
Messpositionen	
Was ist zu beachten? „...“	



MESSUNG VON KOMFORT-PARAMETERN

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 2/Oberstufe



3 MESSGERÄTE (Beschreibung, Messgenauigkeit, ...)

4 VERSUCHSAUFBAU (eventuell Skizze, Fotos)

5 DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG

Die Messwerte sind in einer geeigneten Tabelle einzutragen. Für die Auswertung kann, wo sinnvoll, der Mittelwert der gemessenen Werte und dessen Fehler berechnet werden, am besten mit Hilfe eines geeigneten Programms wie z.B. Excel.

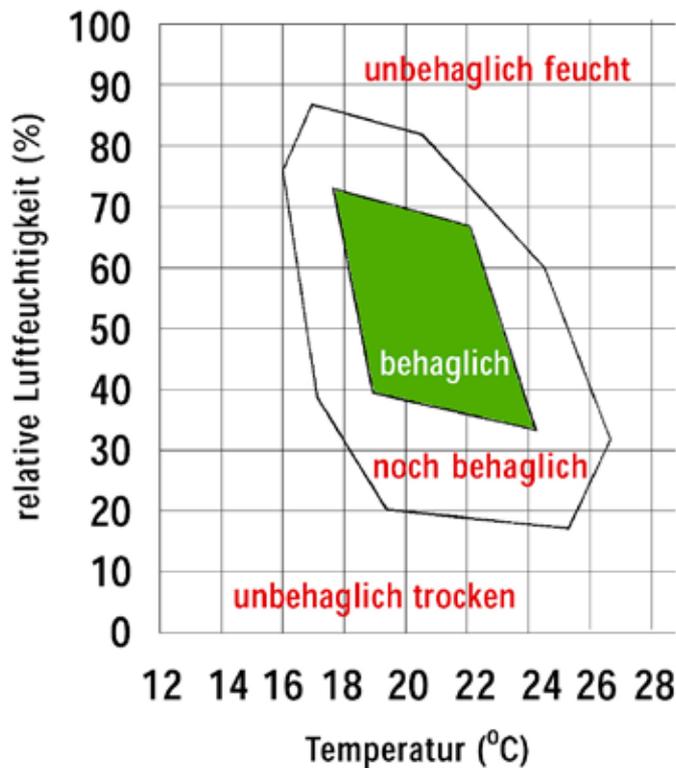
6 DISKUSSION UND REFLEXION

- Diskussion der Ergebnisse und ihrer Plausibilität (Vergleich zu den vorher abgeschätzten Werten)
- Beschreibung der Probleme und Vorkommnisse
- Suche nach möglichen Fehlerquellen
- Was wurde nicht berücksichtigt?
- ...



**PHASE 1** MESSERGEBNISSE EINTRAGEN

Tragt eure Messungen in das folgende Diagramm ein und überprüft, ob es laut Diagramm behaglich ist! Stimmt das mit euren Eindrücken überein?



Quelle: <http://raumluft.linux47.webhome.at/gesunde-raumluf/raumluft/raumklima-behaftlichkeit/>

PHASE 2 ARBEITEN MIT DEM KOMFORT-RECHNER

PARTNERARBEIT: Besucht eine der folgenden Internetseiten, um eure Werte in einem der beiden Komfort-Rechner einzutragen:

- www.healthyheating.com/solutions.htm#.WJrzJhvhBPb
- <http://comfort.cbe.berkeley.edu>

Zeigt der Komfort-Rechner an, dass das Raumklima in eurem Klassenzimmer in einem behaglichen Bereich liegt? Inwiefern stimmt die Bewertung mit eurem eigenen Wohlbehagen / dem eurer Mitschüler_innen überein? Notiert eure Ergebnisse!

PHASE 3 WIE KANN DAS WOHLBEHAGEN ERHÖHT WERDEN?

PARTNERARBEIT: Welche Optimierungs- oder Verbesserungsmaßnahmen sind in eurem Klassenzimmer notwendig, um das Raumklima zu verbessern und damit euer Wohlbehagen zu erhöhen? Welche davon können von euch selbst umgesetzt werden? Welche Änderungen können nur von Spezialisten vorgenommen werden? Welches Personal wird dafür benötigt?



HABEN WIR HEUTE GEFORSCHT?

Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 3/Oberstufe



FRAGE IN WIE WEIT HAT DIE EBEN DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNG ETWAS MIT FORSCHUNG ZU TUN?

Lest dazu die Information zu „Experimentelle naturwissenschaftliche Forschung“ (Infoblatt 5) und bearbeitet zu zweit die folgenden Aufgaben:

Welche der Aspekte habt ihr bei euren Untersuchungen berücksichtigt?
In welcher Form?

Überlegt, welchen Aspekten ihr mehr Beachtung schenken würdet, wenn ihr die Untersuchungen noch(mal) durchführen müsst(et)?
Wie würde das eure Ergebnisse beeinflussen?

Welche Aspekte treffen sowohl für die Wissenschaft als auch für forschendes Lernen zu?
Welche nur für die Wissenschaft?

