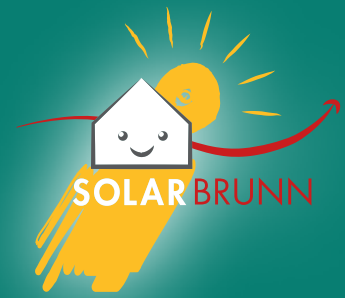


SOLARbrunn: mit der Sonne in die Zukunft!



„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

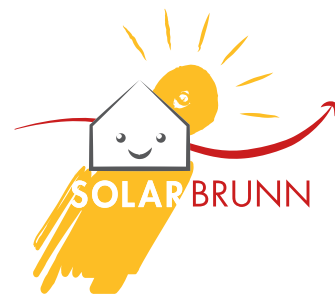
Sämtliche Inhalte in den Lernmaterialien wurden sorgfältig geprüft. Dennoch kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Verfügbarkeit der Inhalte übernommen werden. Der Herausgeber übernimmt keinerlei Haftung für Schäden und Nachteile, die allenfalls aus der Nutzung oder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

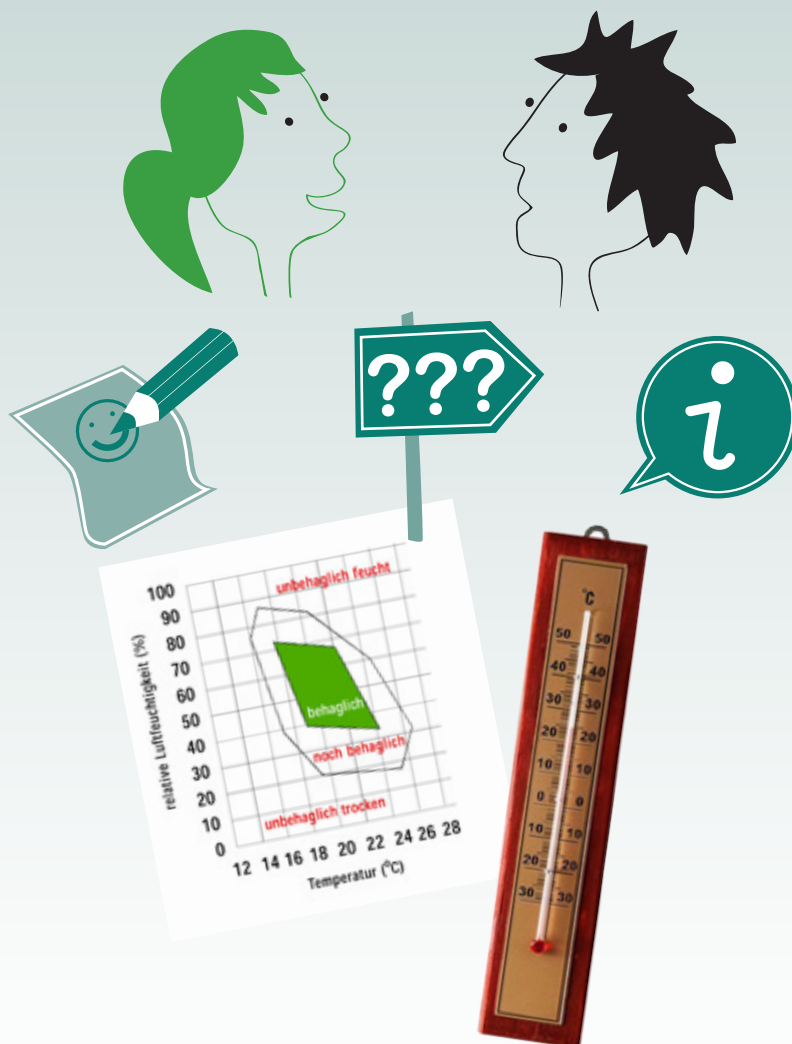


SOLARbrunn: mit der Sonne in die Zukunft!



„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:

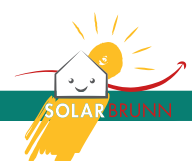
Thermische Behaglichkeit ist dann gegeben, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht. [DIN 1946-2:1994-01]

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**

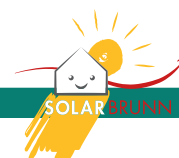
Die Lufttemperatur bezeichnet in der Gebäudetechnik die Temperatur der Raumluft in einem Gebäude oder Aufenthaltsraum. Die Luftfeuchtigkeit, die Luftgeschwindigkeit und die Wärmestrahlung in einem Raum können dessen Lufttemperatur erheblich beeinflussen, weshalb man für eine präzise Messung darauf achten 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).

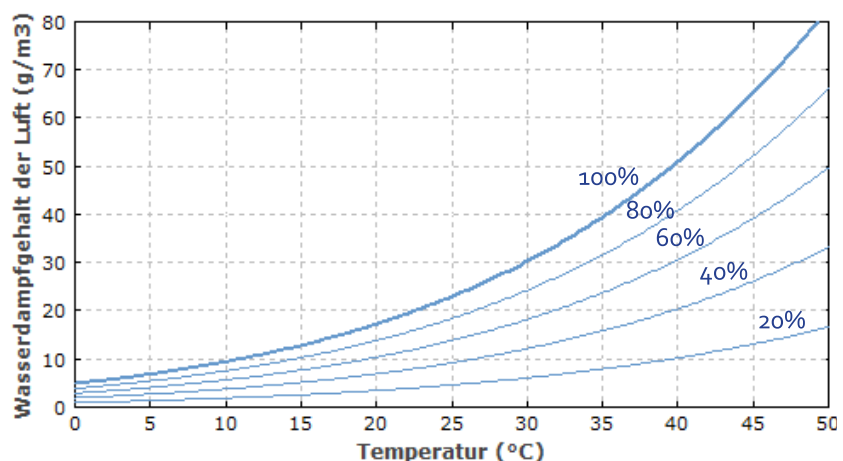
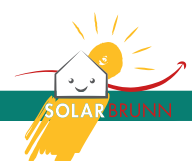
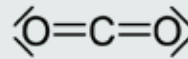


Abb. 1 – Quelle: www.energie-lexikon.info/luftfeuchtigkeit.html





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).

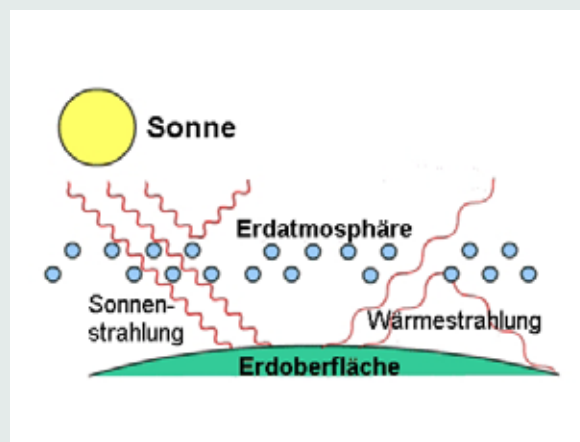


Abb. 3: Treibhauseffekt

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 Innenraumluftrichtwert 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





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.

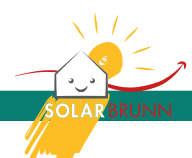
8 **WIEDERHOLBARKEIT**: Werden die Untersuchungen von anderen Forscherinnen und Forschern wiederholt, müssen die gleichen Ergebnisse herauskommen (empirische Stabilität). Oft werden dabei unterschiedliche experimentelle Verfahren verwendet, um die gleiche Frage zu untersuchen.

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

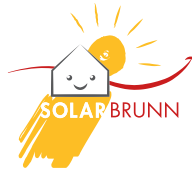
Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 1/Oberstufe



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



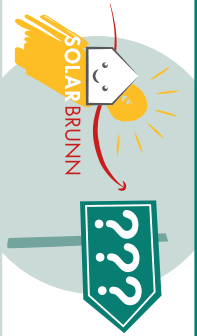
Ich fühle mich wohl: JA  NEIN 

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?

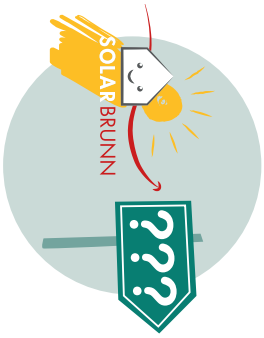
Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Oberstufe

UNTERSUCHUNG VON KOMFORT PARAMETERN

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



LEITFRAGEN SPEZIELL FÜR DIE TEMPERATURMESSUNG

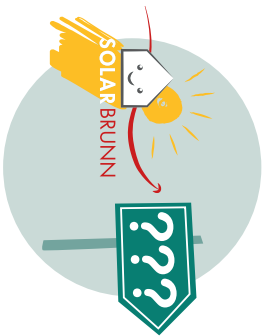


1. Wie kann man sichergehen, dass nur die Lufttemperatur und nicht die Strahlungstemperatur gemessen wird?
2. Wo hängt man ein Thermometer am besten auf?
3. Warum verwendet man für die Flüssigkeitsthermometer eigentlich Quecksilber oder Alkohol anstatt Wasser?
4. Wie groß sind die Effekte, die durch 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?

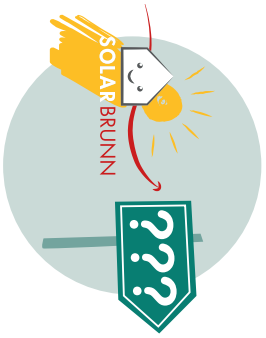
Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Oberstufe



UNTERSUCHUNG VON KOMFORT PARAMETERN

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

LEITFRAGEN SPEZIELL FÜR DIE MESSUNG DES CO₂-GEHALTS

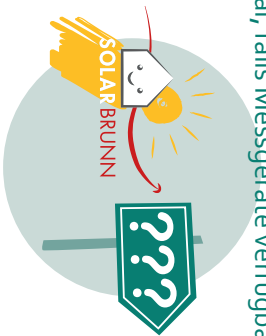


1. Ist die CO₂-Konzentration im ganzen Raum gleich hoch? Warum?
2. Wie kann der CO₂-Gehalt der Luft bestimmt werden? Welche Möglichkeiten stehen zur Verfügung?
3. Würde der Anstieg des CO₂-Gehalts der Luft um 100 ppm spürbar sein? Wie wirkt sich das auf die gewünschte Messgenauigkeit aus? Wie können 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



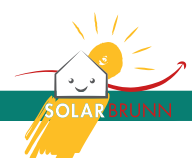
VERSUCHSGRUPPE (Namen der Schüler_innen)

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, ...)

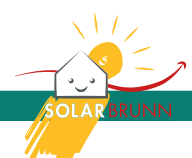
4 VERSUCHSAUFBAU (eventuell Skizze, Fotos)

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?
- ...





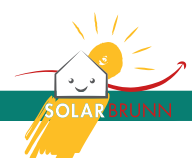
Lernumgebung „Wohlig warm oder schön kühl?“ Lerneinheit 2/Oberstufe

Um das Wohlbehagen in einem Raum beurteilen zu können, ist es wichtig neben den physikalischen Daten Antworten auf folgende Fragen zu erheben:

1. Wie viele Personen sind anwesend?
2. Sind die Fenster / Türen geöffnet?
3. Läuft die Heizung?
4. Wie wird der Raum empfunden?
5. Sonstige Anmerkungen / Was war ungewöhnlich?

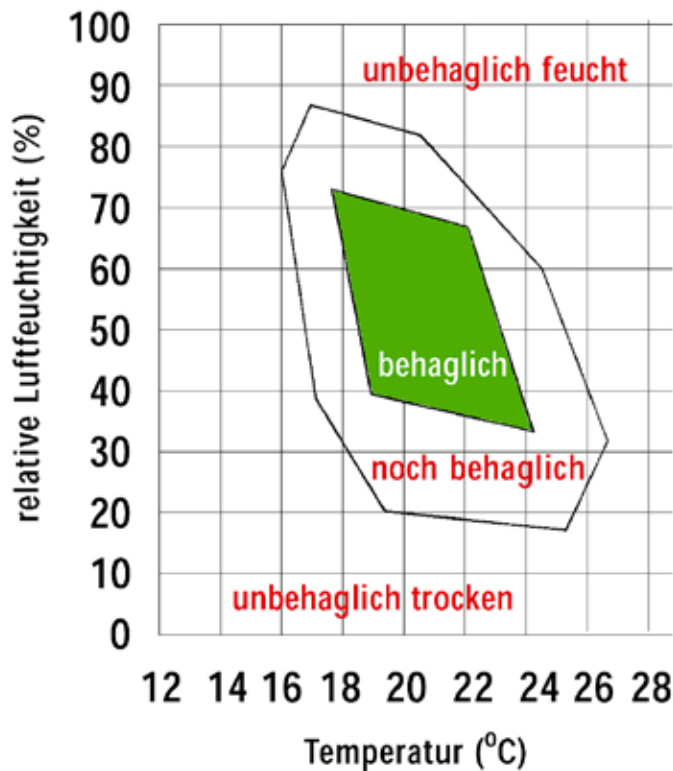
Verwende die Tabelle, um diese Daten einzutragen!

Zeit	Personen	Fenster/ Türen offen?	Heizung an?	Wohlbehagen	Besonderheiten



**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

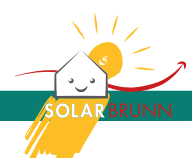
PARTNERARBEIT: Besucht eine der folgenden Internetseiten, um eure Werte in einem der beiden Komfort-Rechner einzutragen:

- 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?

