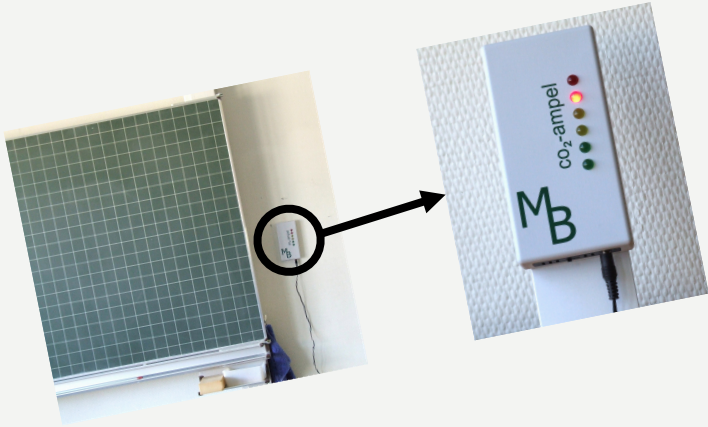


Lehrstuhl für Didaktik der Physik • Dr. Bianca Watzka

Alltagssituationen im Physikunterricht erkunden:

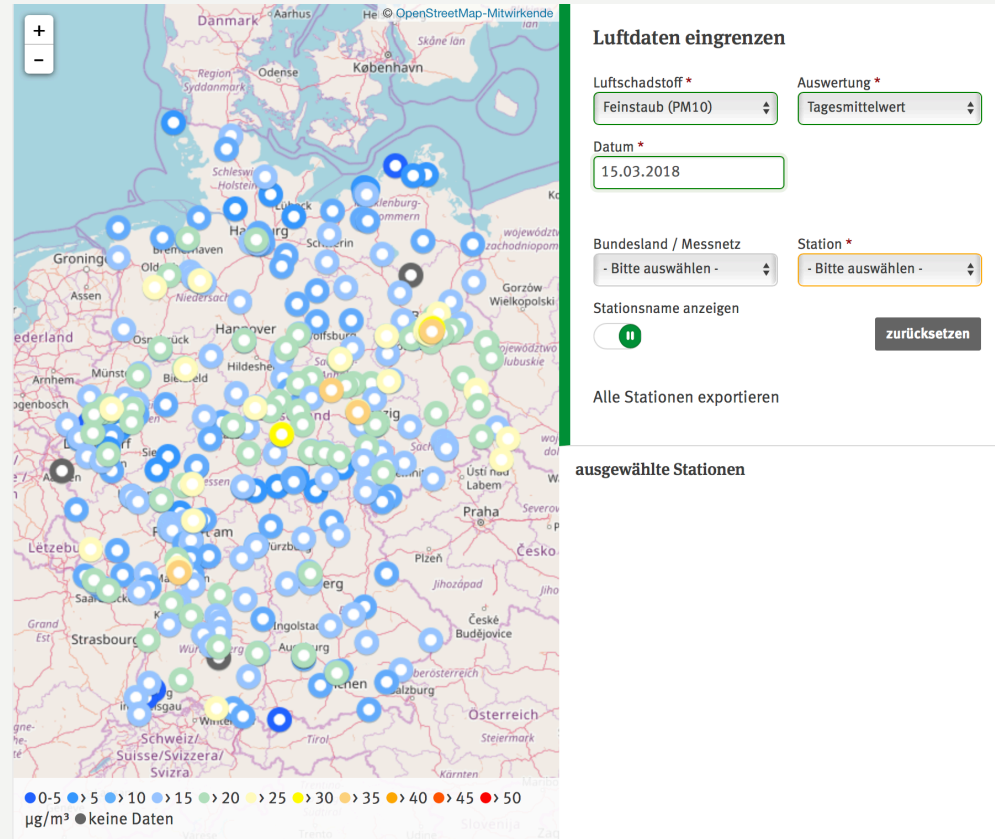
Messen und Auswerten mit Sensoren







Messstationen / Messnetz des Umweltbundesamtes



https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten#/stations?_k=tr0ipz

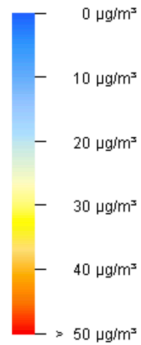
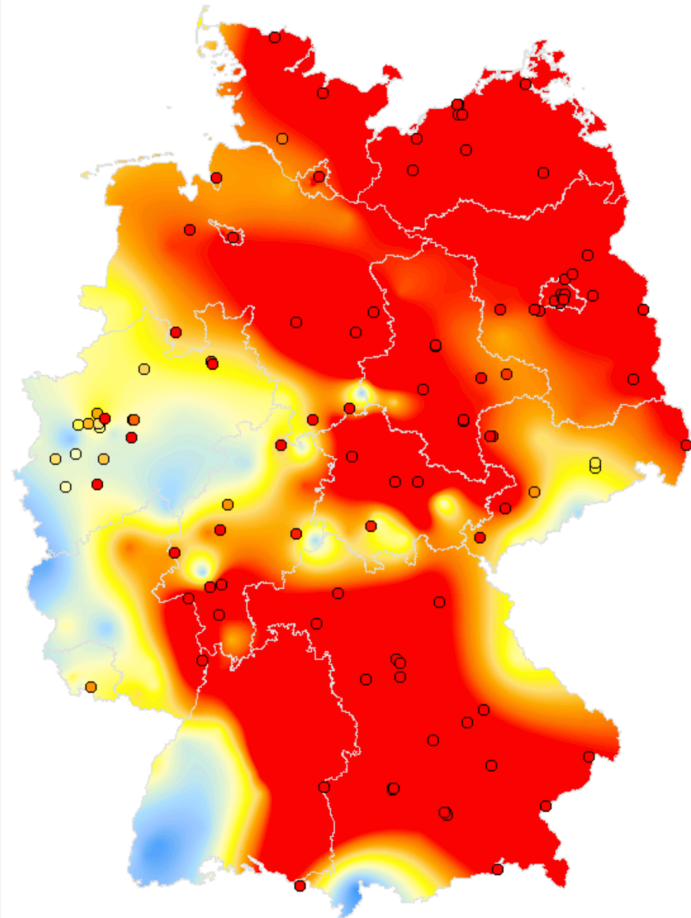


Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration

alternative Darstellung

06.03.2018

Angaben in Mikrogramm
pro Kubikmeter Luft



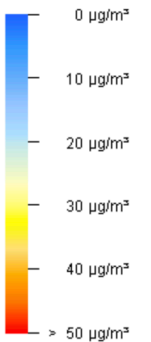
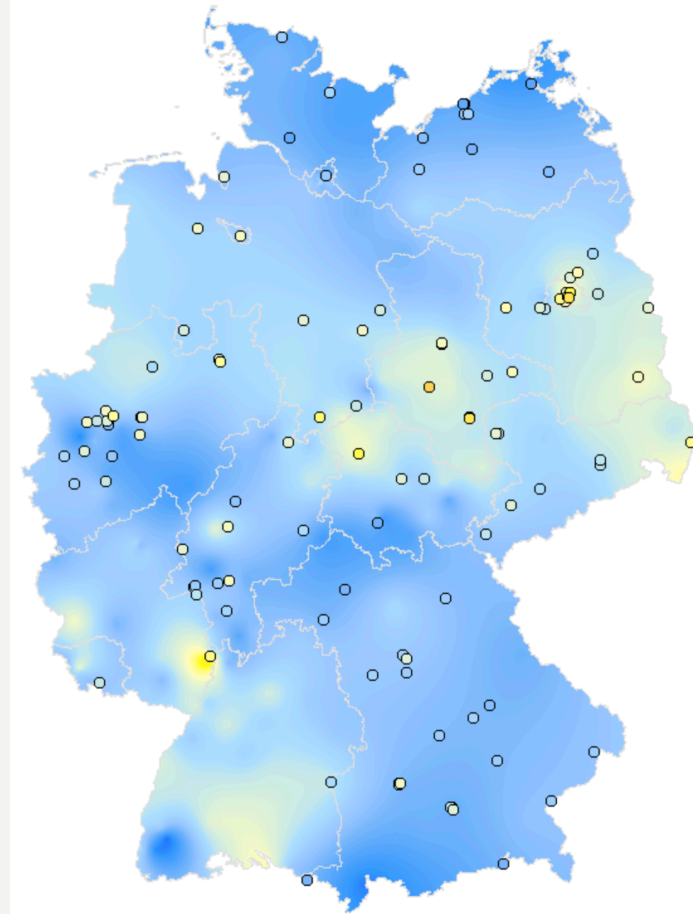
Erstellt vom Umweltbundesamt
mit Daten der Messnetze
der Länder und des Bundes.
© Umweltbundesamt
und Bundesländer

Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration

alternative Darstellung

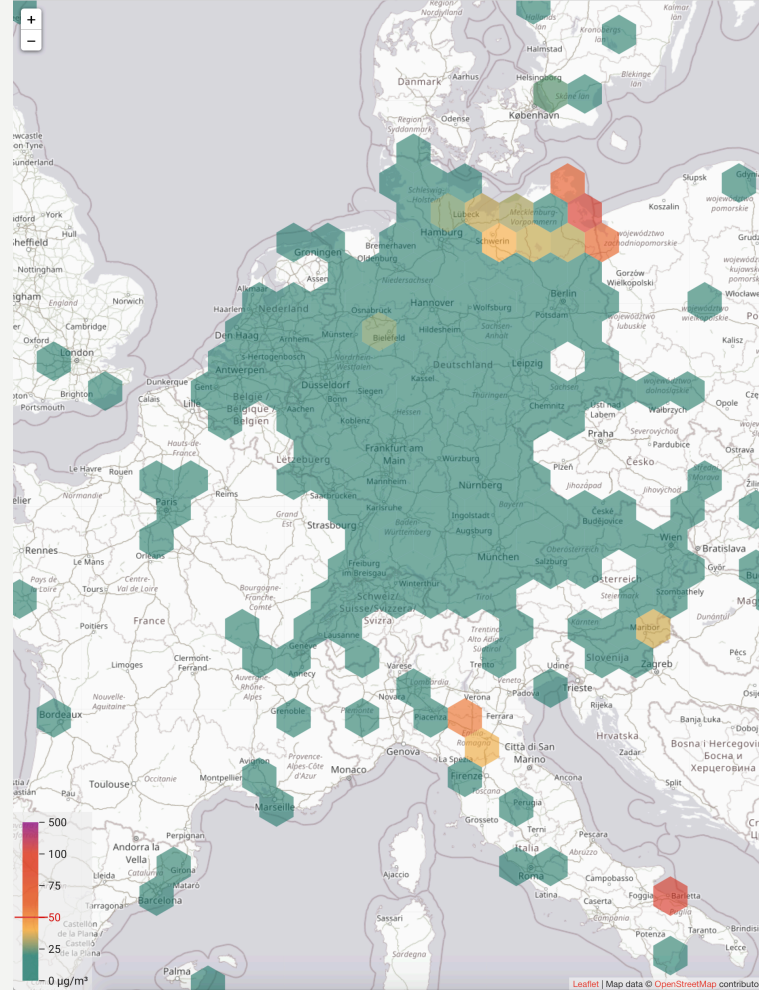
15.03.2018

Angaben in Mikrogramm
pro Kubikmeter Luft



Erstellt vom Umweltbundesamt
mit Daten der Messnetze
der Länder und des Bundes.
© Umweltbundesamt
und Bundesländer

https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten#/map?_k=sfet9k

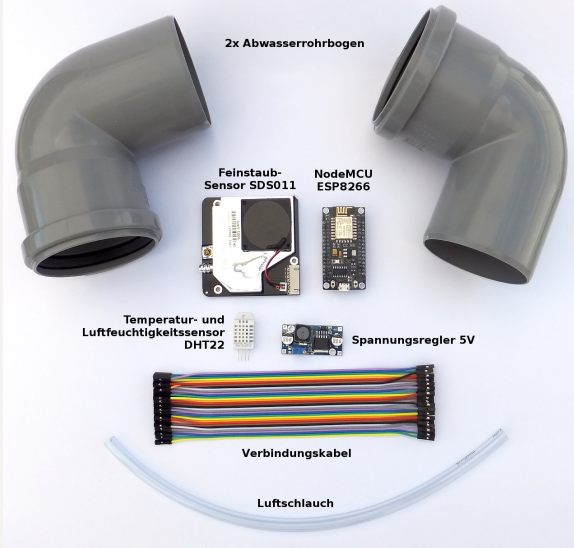


(close)
Erklärung einblenden

#Sensors 1

Sensor ID	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
mean	5	4
(+) 5555	5	4

<http://deutschland.maps.luftdaten.info/#10/48.3858/11.1857>



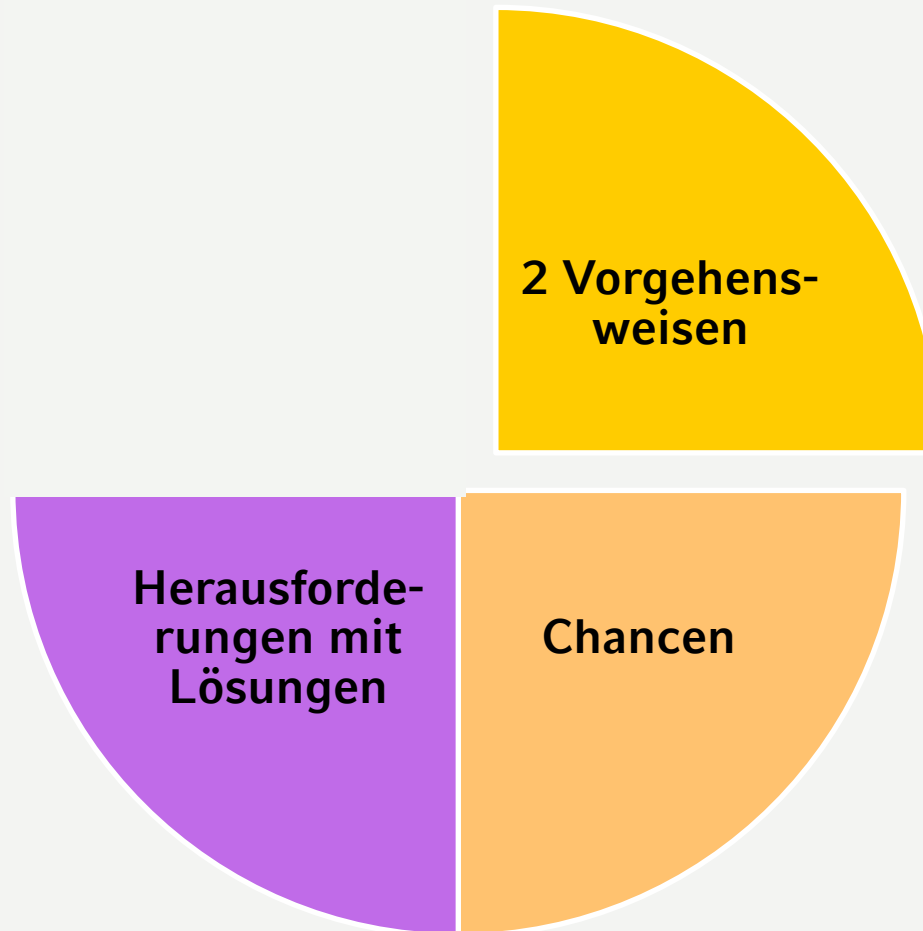


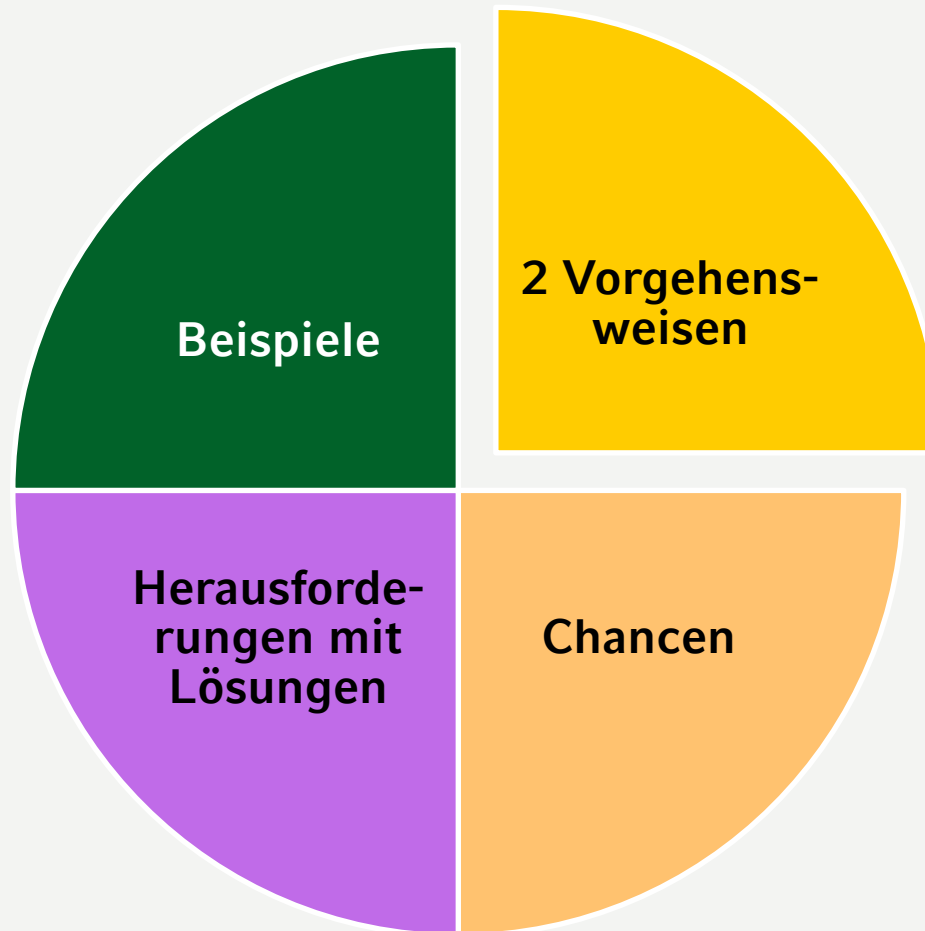
**2 Vorgehens-
weisen**



**2 Vorgehens-
weisen**

Chancen

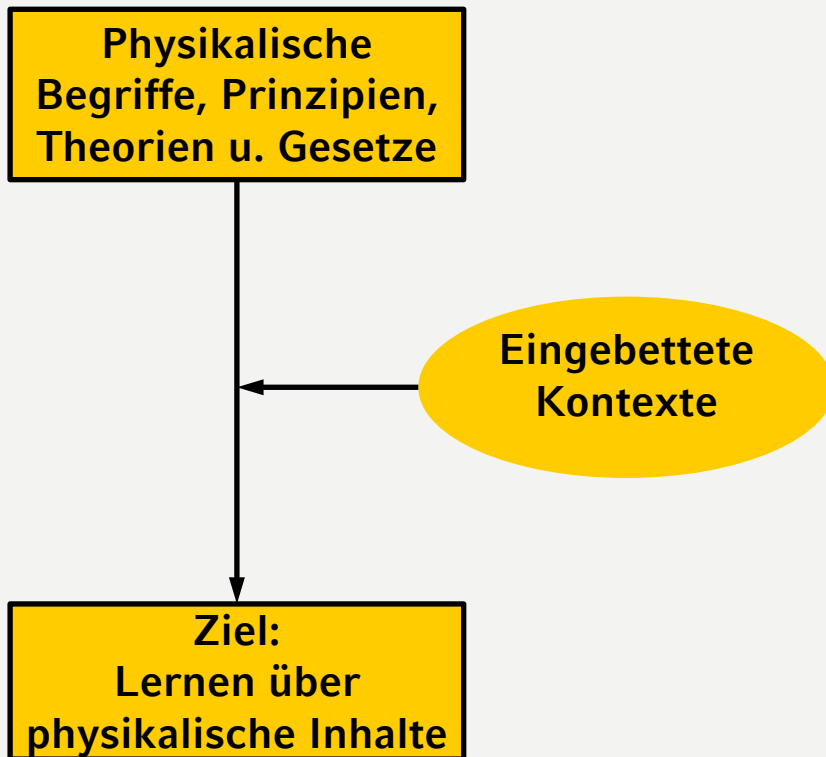




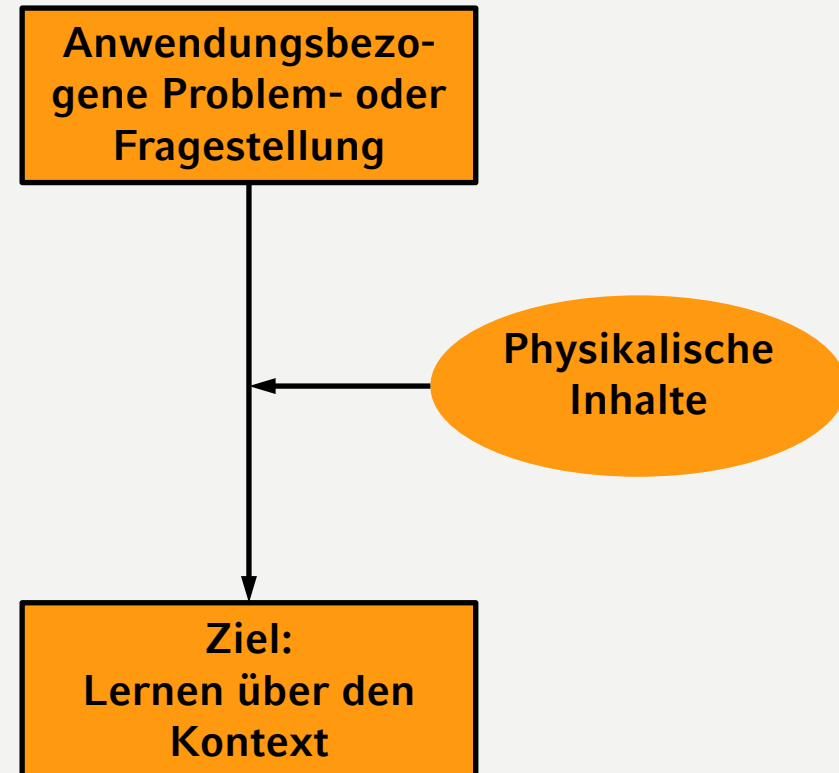
VORGEHENSWEISEN



Fachsystematisches Vorgehen

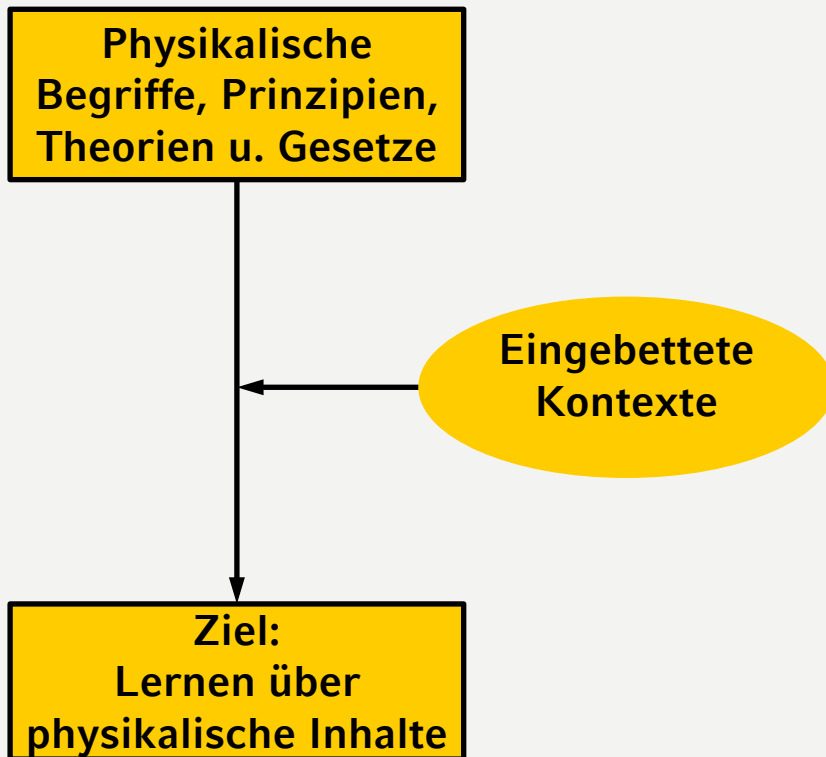


Kontextstrukturiertes Vorgehen

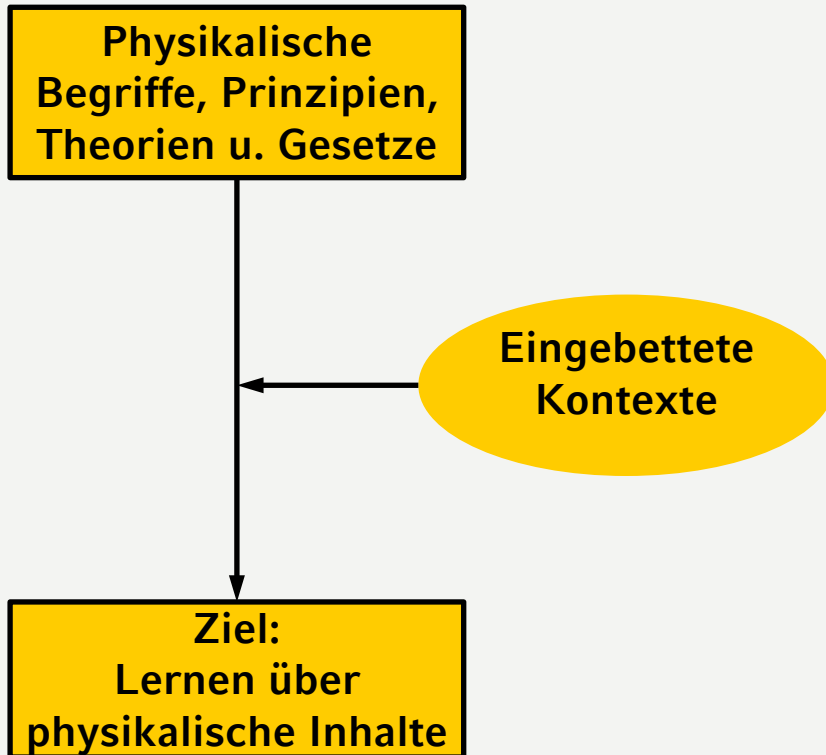




Fachsystematisches Vorgehen



Fachsystematisches Vorgehen

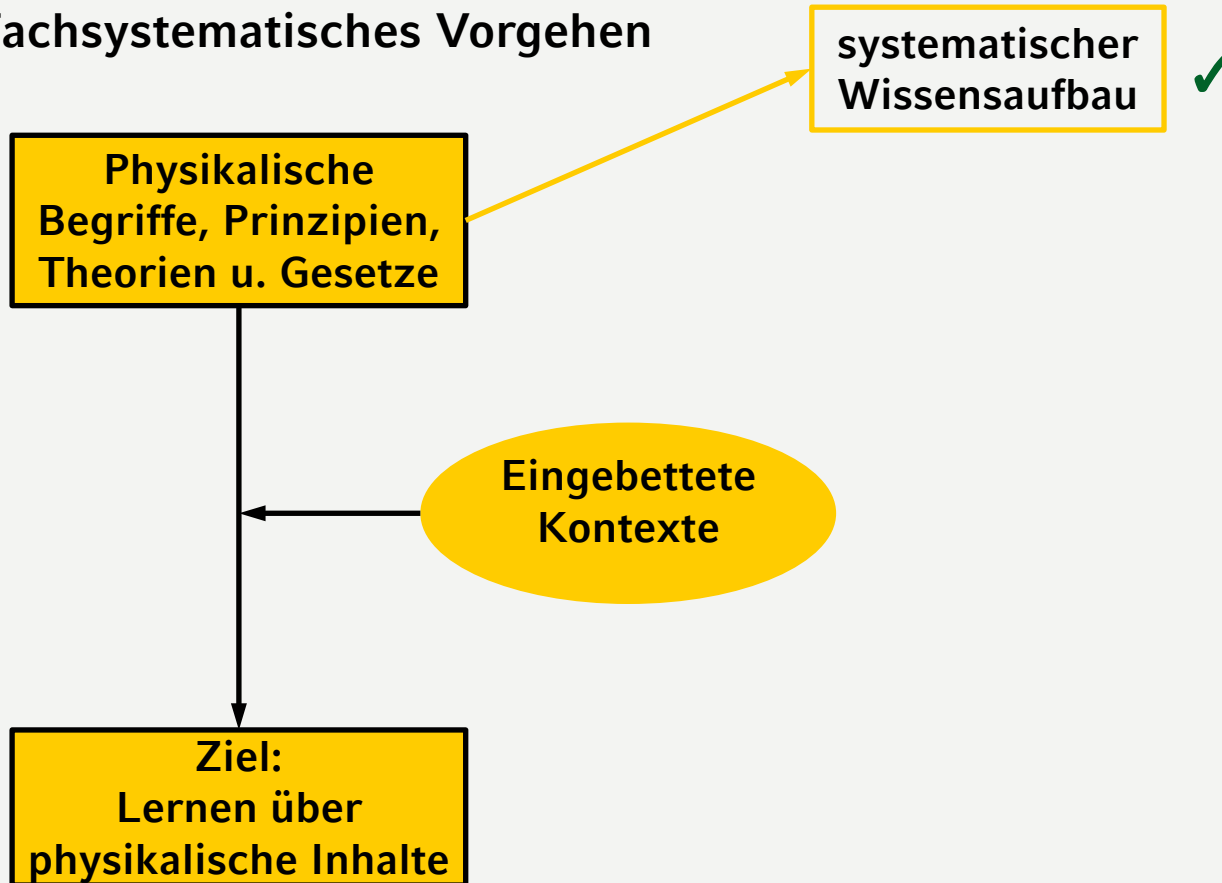


Welche Argumente sprechen dafür, fachsystematisch vorzugehen und Kontexte einzubetten?



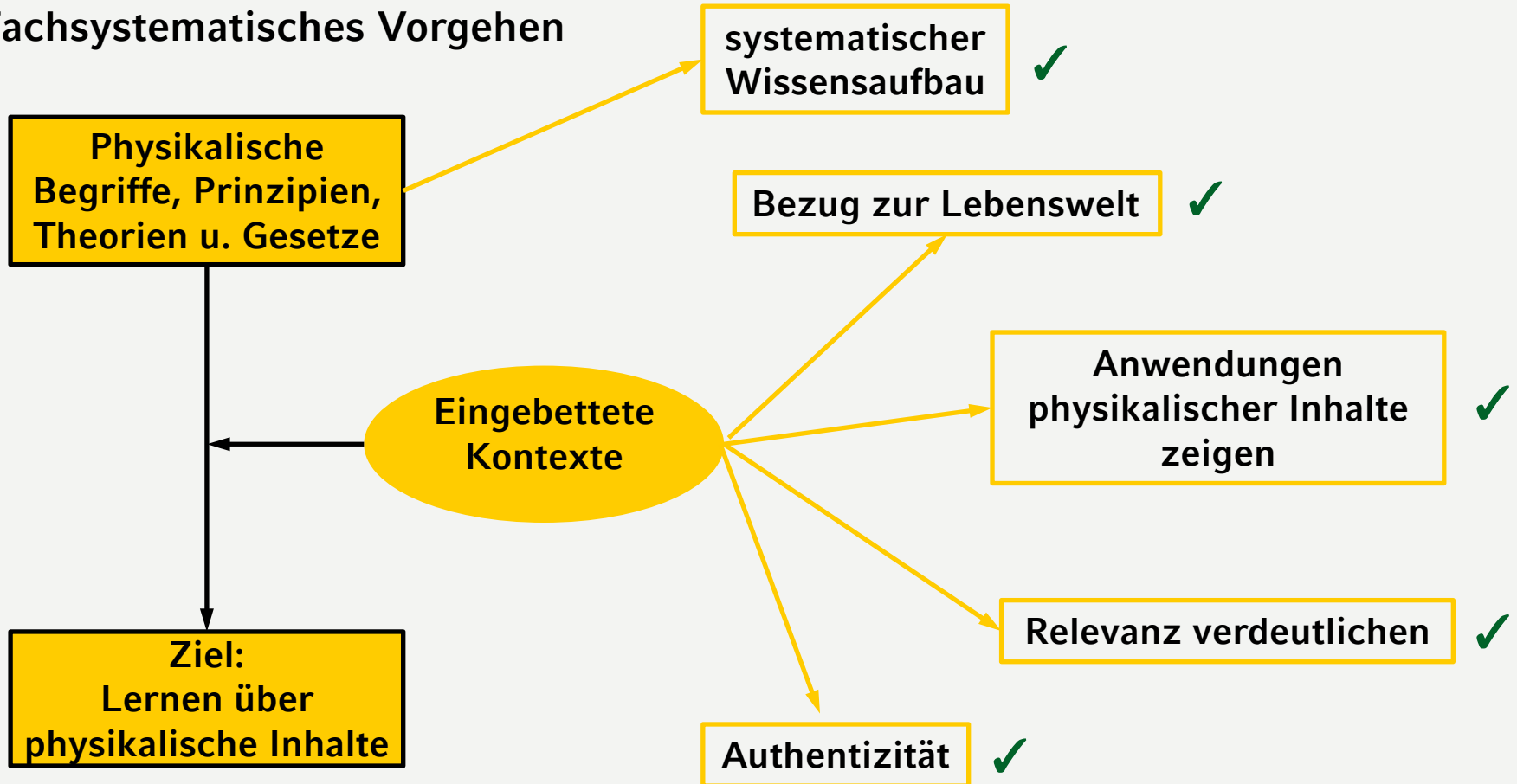


Fachsystematisches Vorgehen

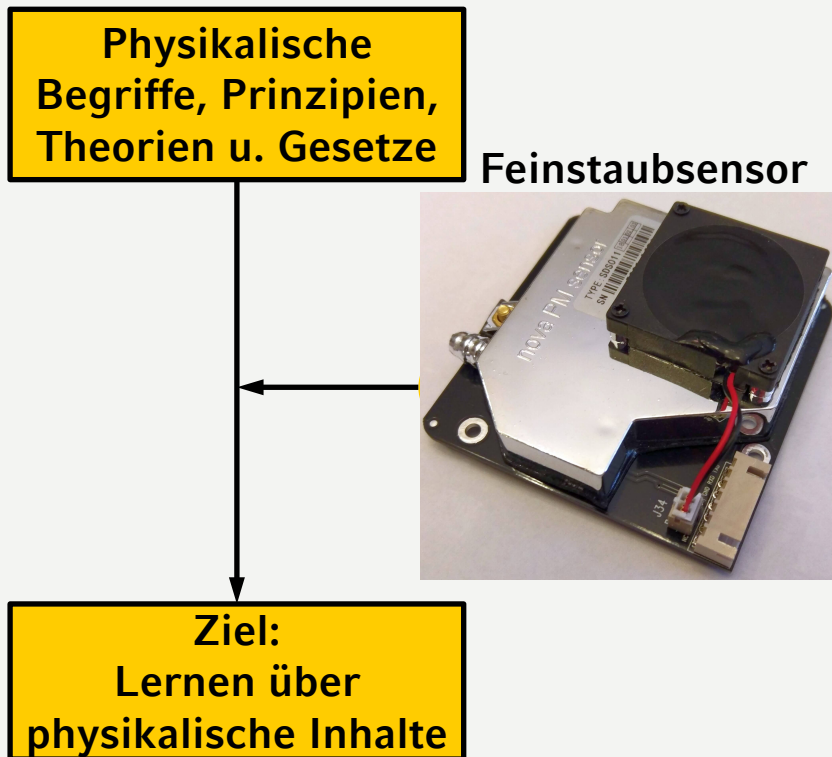




Fachsystematisches Vorgehen



Fachsystematisches Vorgehen



Physikalische Grundlagen

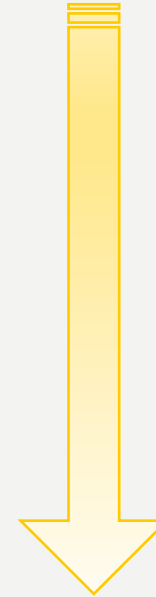
- Wellenmodell des Lichts
- Sender-Empfänger-Modell
- Streuung von Licht
- LED und Photodiode

Kontexte

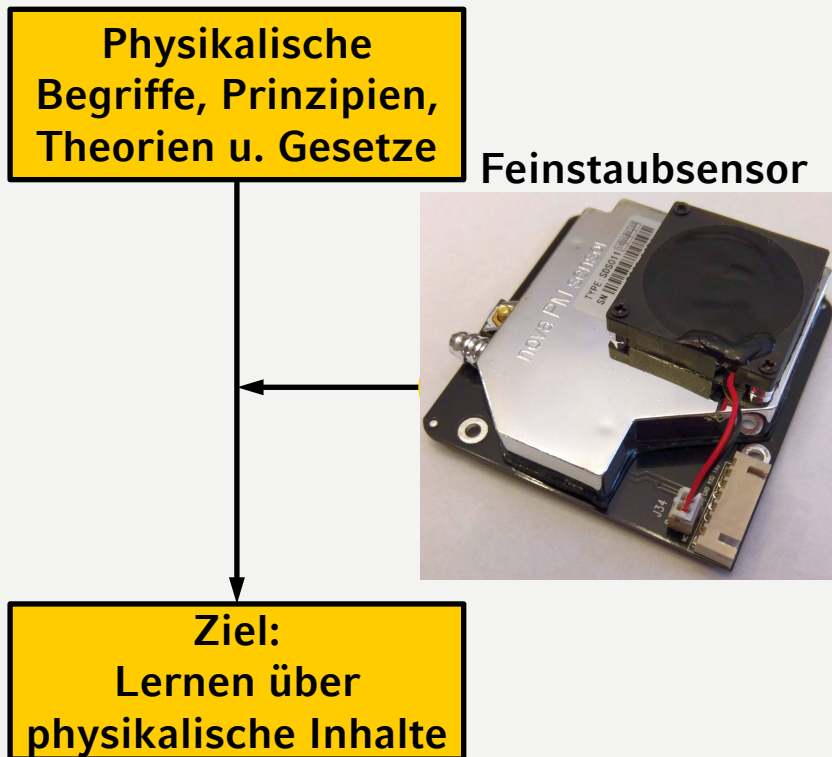
- optische Rauchmelder
- optische Feinstaubsensoren
- Himmelsblau und Abendrot

Ziele

- Streuung von Licht physikalisch erklären
- Beispiele für die Lichtstreuung nennen und erläutern



Fachsystematisches Vorgehen



Physikalische Grundlagen

- Wellenlänge des Lichts
Bayern: PH 10, 3
- Sender-Empfänger-Modell
Bayern: NT 7, 1.3
- Streuung von Licht
- LED und Photodiode
Bayern: PH 9, 5.1

Kontexte

- optische Rauchmelder
- optische Feinstaubsensoren
- Himmelsblau und Abendrot

Ziele

- Streuung von Licht
physikalisch erklären
- Beispiele für die Lichtstreuung
nennen und erläutern



Fachsystematisches Vorgehen

systematischer
Wissensaufbau ✓

Anwendungen physikalischer
Inhalte zeigen ✓

Bezug zur Lebenswelt ✓

Authentizität ✓

Relevanz ✓

fächerübergreifende
Vernetzung ✗

Problemlösen ✗

reale Komplexität ✗

Physikalische Grundlagen

- Wellenmodell des Lichts
- Sender-Empfänger-Modell
- Streuung von Licht
- LED und Photodiode

Kontexte

- optische Rauchmelder
- optische Feinstaubsensoren
- Himmelsblau und Abendrot

Ziele

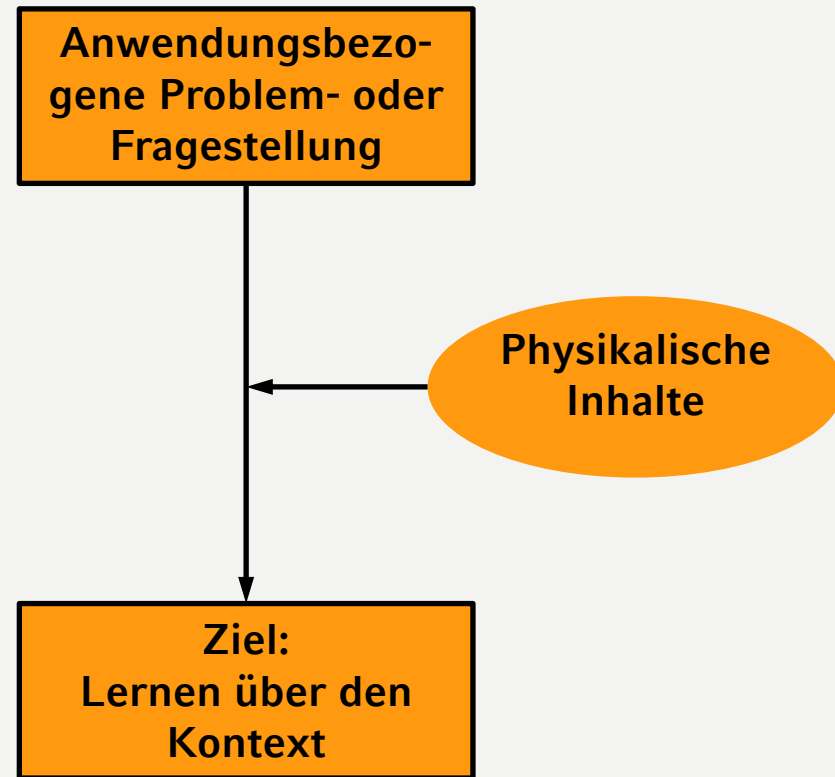
- Streuung von Licht physikalisch erklären
- Beispiele für die Lichtstreuung nennen und erläutern



Welche Argumente sprechen dafür, **kontextstrukturiert vorzugehen** und physikalische Inhalte bei Bedarf zu lehren?

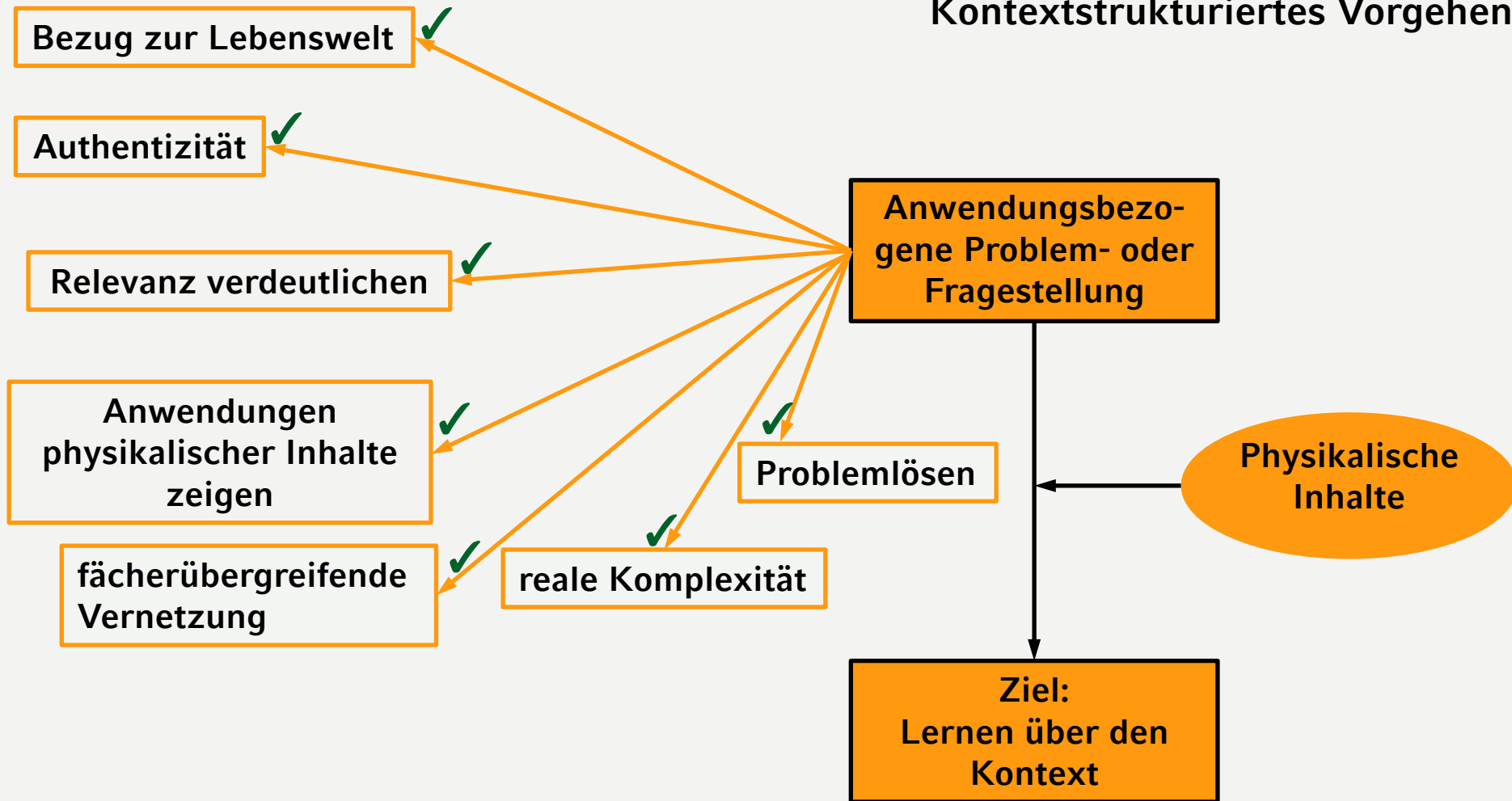


Kontextstrukturiertes Vorgehen



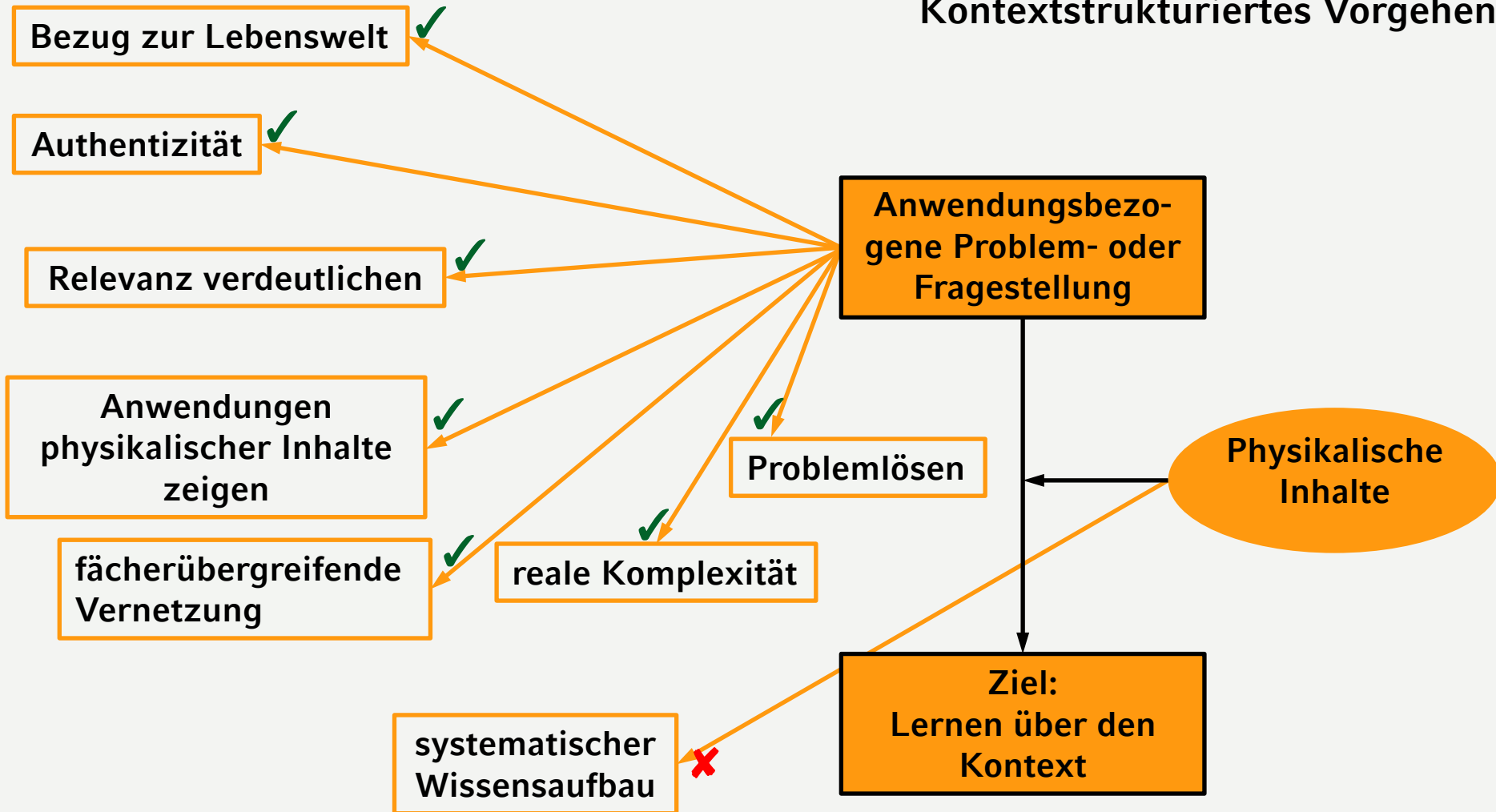


Kontextstrukturiertes Vorgehen





Kontextstrukturiertes Vorgehen



Kontextstrukturiertes Vorgehen

Kontext: Feinstaub

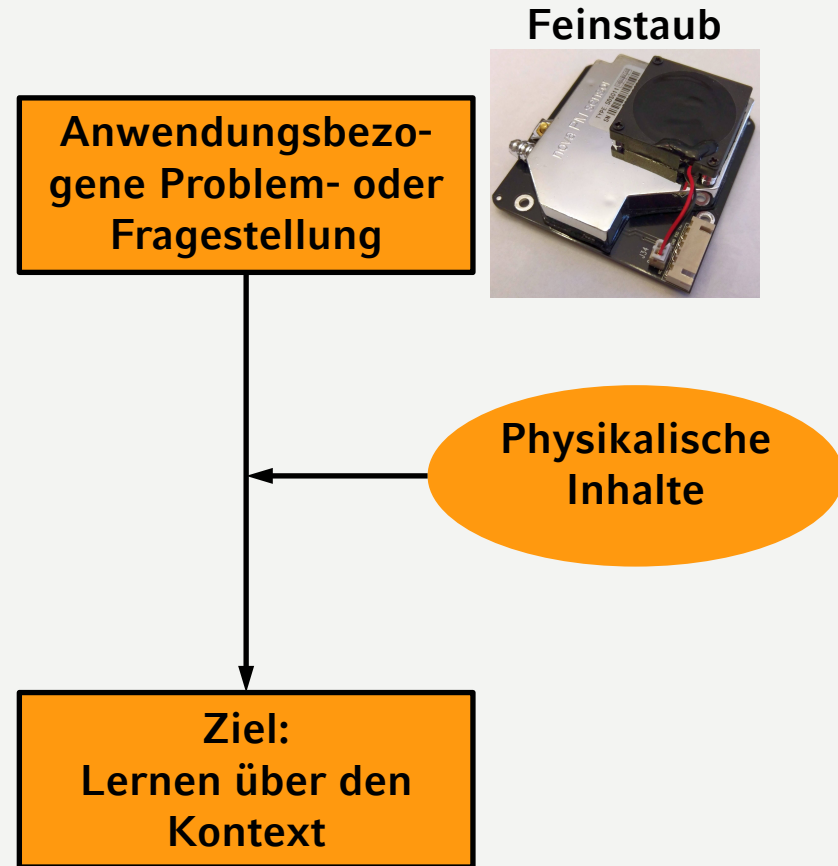
- Messungen mit Feinstaubsensoren
- Entstehung und Vorkommen von Feinstaub (Verbrennung → Chemie)
- Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub (Atmung → Biologie)

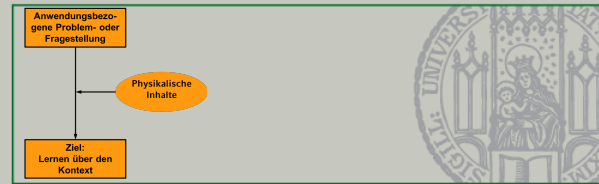
Physik

- Aufbau und Funktionsweise von optischen Feinstaubsensoren
- Lichtstreuung im Wellenmodell
- Sender-Empfänger-Modell (eventuell: Photodiode und LED)

Ziele

- Problematik von Feinstaub diskutieren
- Entstehung u. Vorkommen von Feinstaub erläutern
- Feinstaubmessungen erläutern, durchführen, auswerten und bewerten





Kontextstrukturiertes Vorgehen

Kontext: Feinstaub

- Messungen mit Feinstaubsensoren
- Entstehung und Vorkommen von Feinstaub (Verbrennung → Chemie)
- Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub (Atmung → Biologie)

Physik

- Aufbau und Funktionsweise von optischen Feinstaubsensoren
- Lichtstreuung im Wellenmodell
- Sender-Empfänger-Modell (eventuell: Photodiode und LED)

Ziele

- Problematik von Feinstaub diskutieren
- Entstehung u. Vorkommen von Feinstaub erläutern
- Feinstaubmessungen erläutern, durch auswerten und bewerten

**systematischer
Wissensaufbau** ❌

**Anwendungen physikalischer
Inhalte zeigen** ✓

Bezug zur Lebenswelt ✓

Authentizität ✓

Relevanz ✓

**fächerübergreifende
Vernetzung** ✓

Problemlösen ✓

reale Komplexität ✓

Alltagssituationen im Physikunterricht erkunden

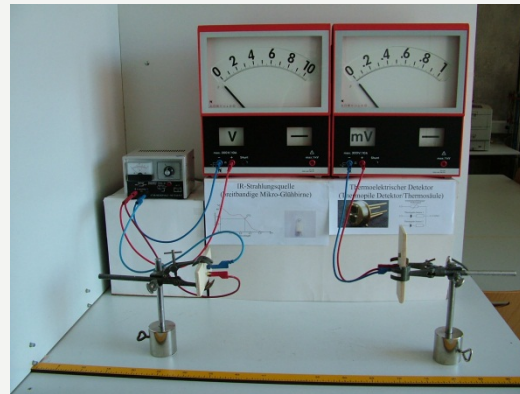
CHANCEN

1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

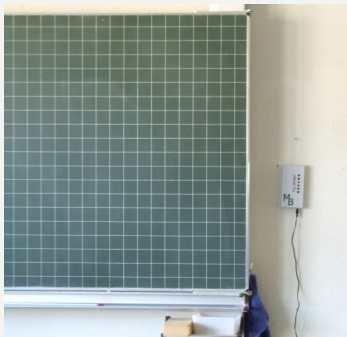
ANWENDEN



VERSTEHEN



ERLEBEN



1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN



1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN



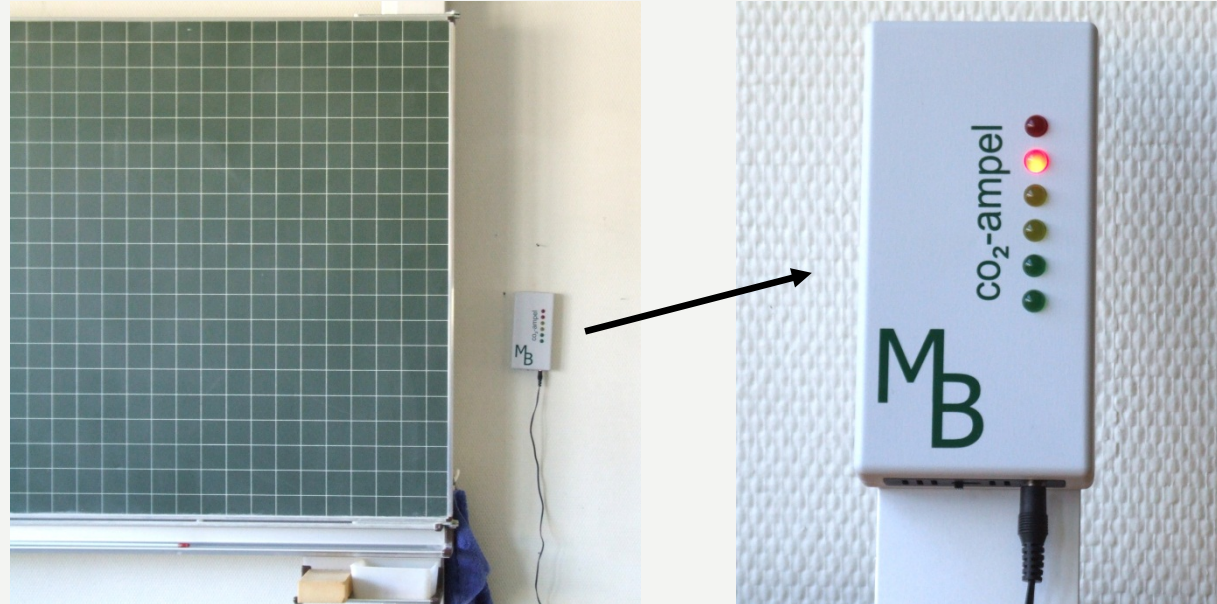
**Auswirkungen hoher
CO₂-Konzentrationen**

1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN

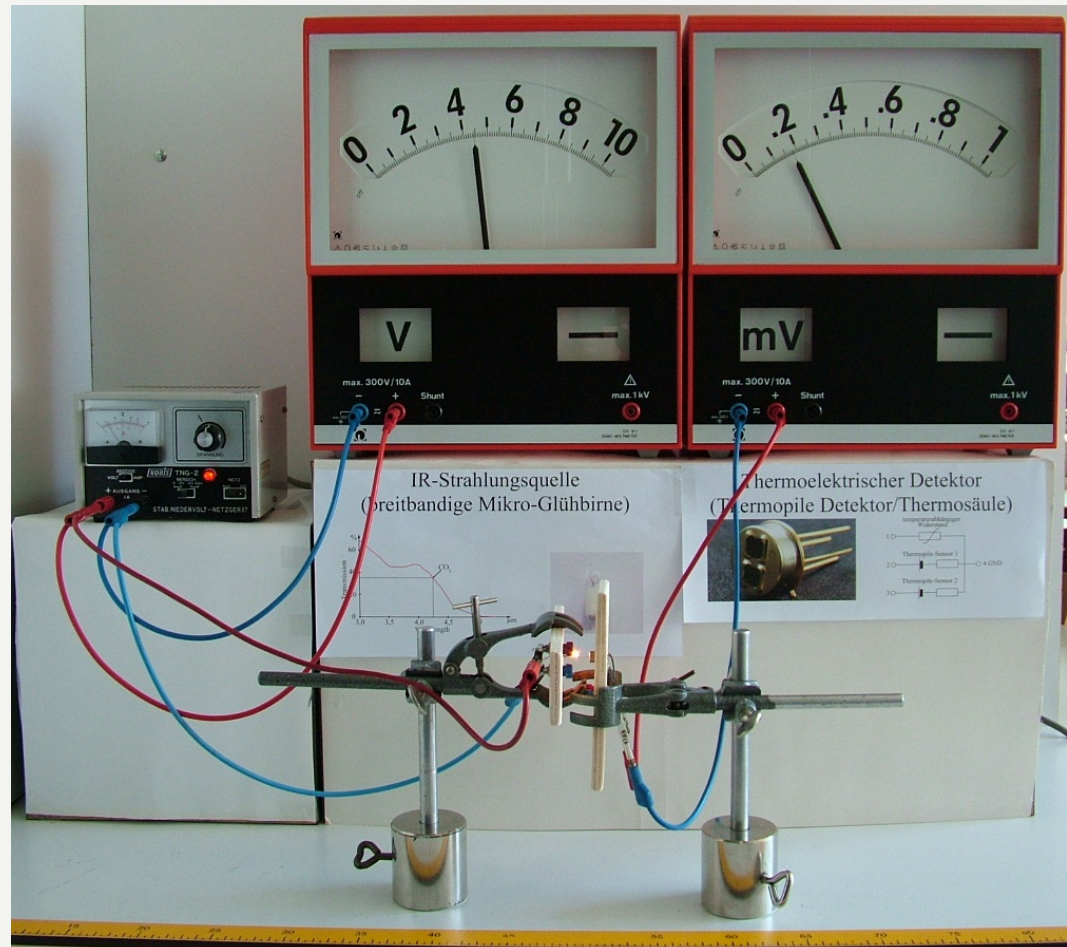


1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN

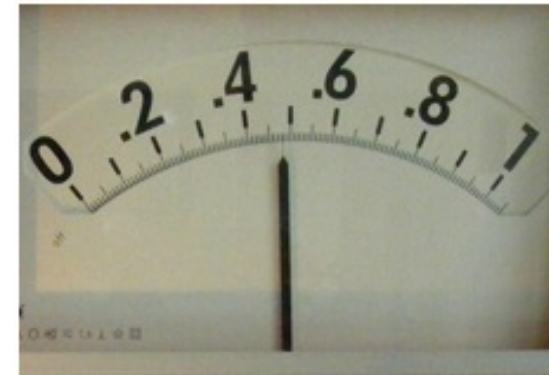


1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN



1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN



**Was hat die Zecke mit
CO₂-Sensoren zu tun?**

1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN



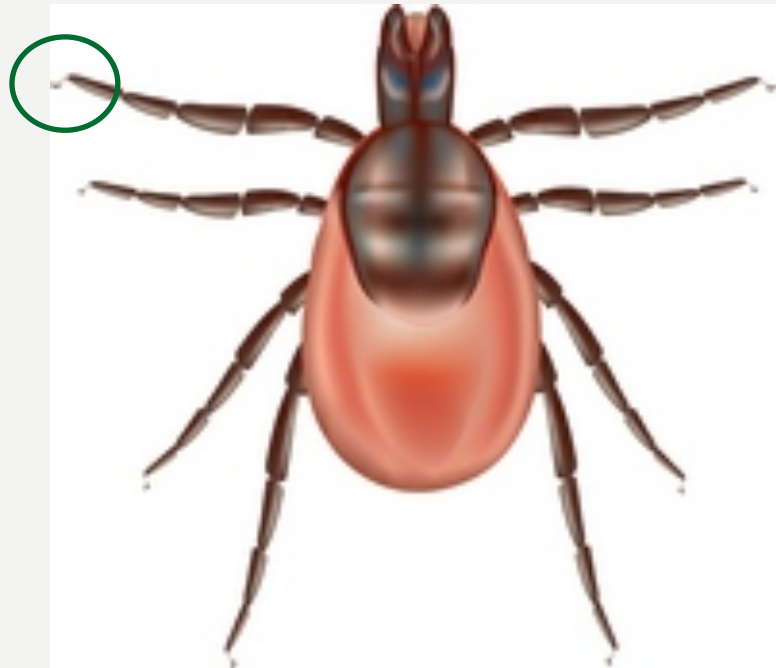
Sie hat einen natürlichen
„CO₂-Sensor“

1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN



Aufgabe:
Vergleich zwischen CO₂-Wahrnehmung der Zecke und
der CO₂-Messung mit technischen Sensoren

1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN



15m



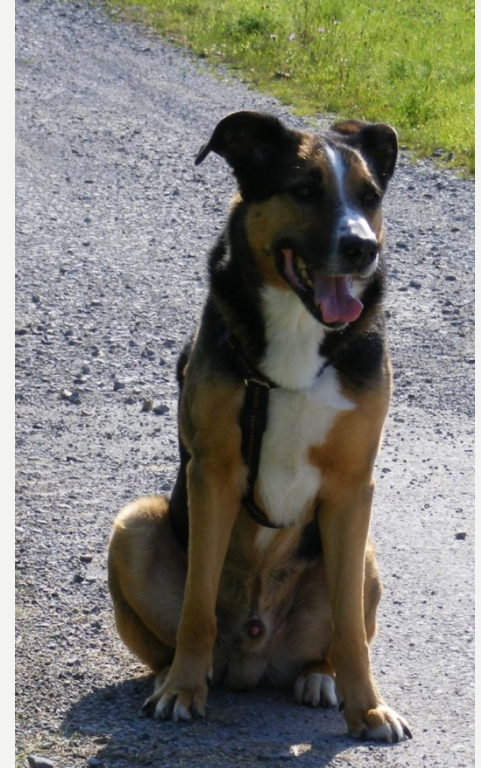
VERSTEHEN



?



ANWENDEN



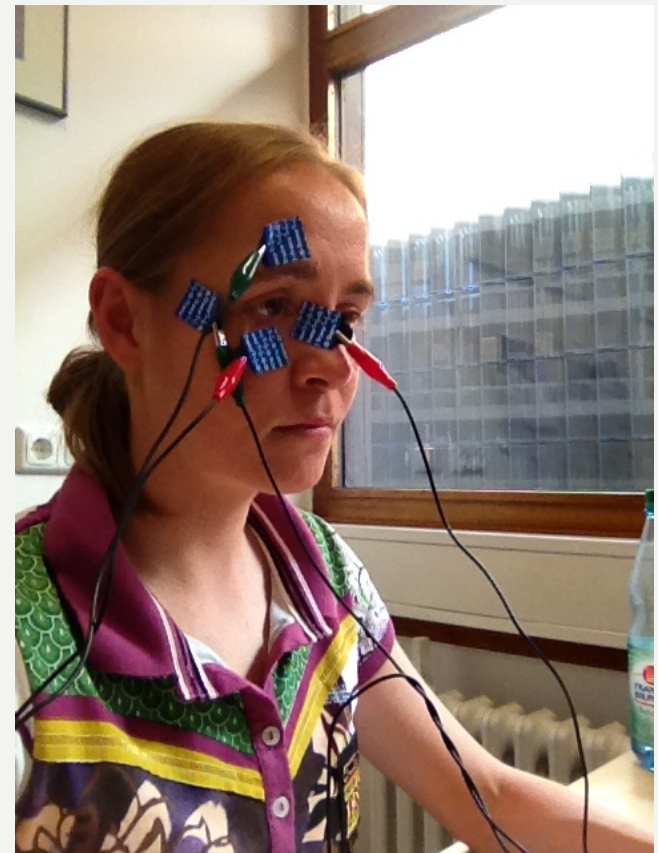
Aufgabe:
Vergleich zwischen CO₂-Wahrnehmung der Zecke und
der CO₂-Messung mit technischen Sensoren

1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN

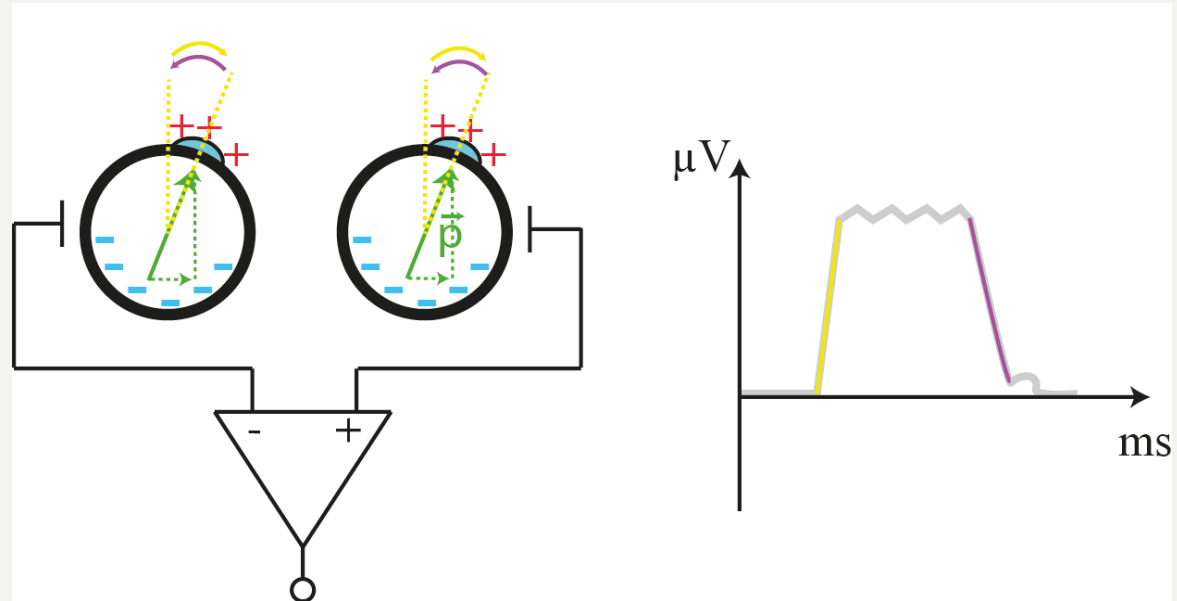


1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

ANWENDEN



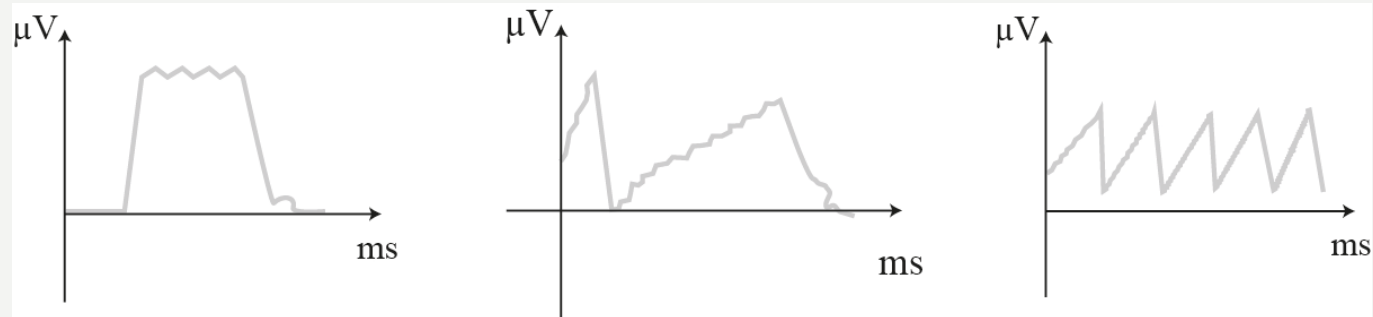


1. Physikalische Gesetzmäßigkeiten vermitteln

ERLEBEN

VERSTEHEN

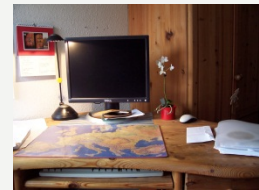
ANWENDEN



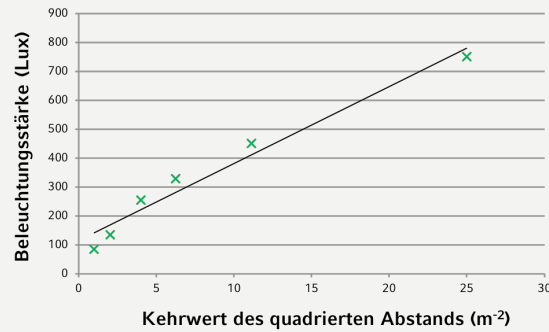


2. Authentische Anwendungskontexte

KONSEQUENZEN ZIEHEN



MODELLIEREN



MESSEN

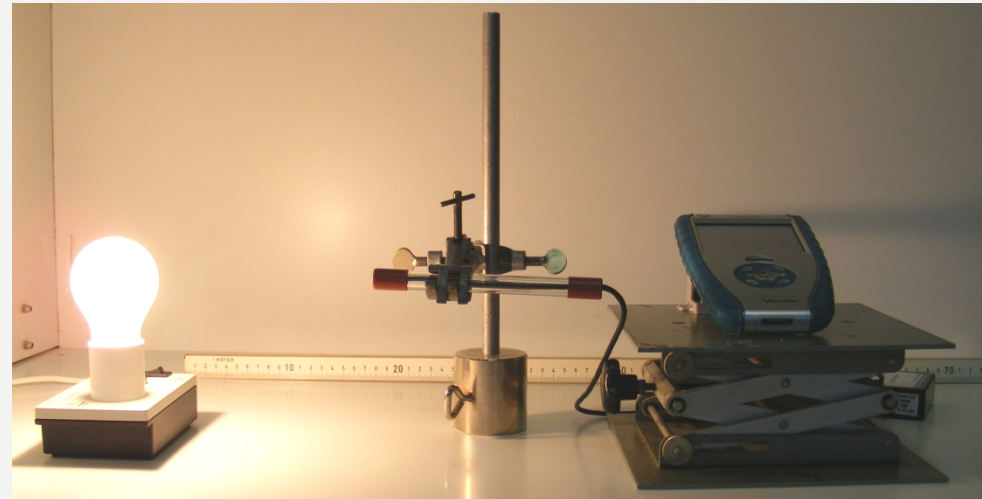


2. Authentische Anwendungskontexte

MESSEN

MODELLIEREN

KONSEQUENZEN
ZIEHEN

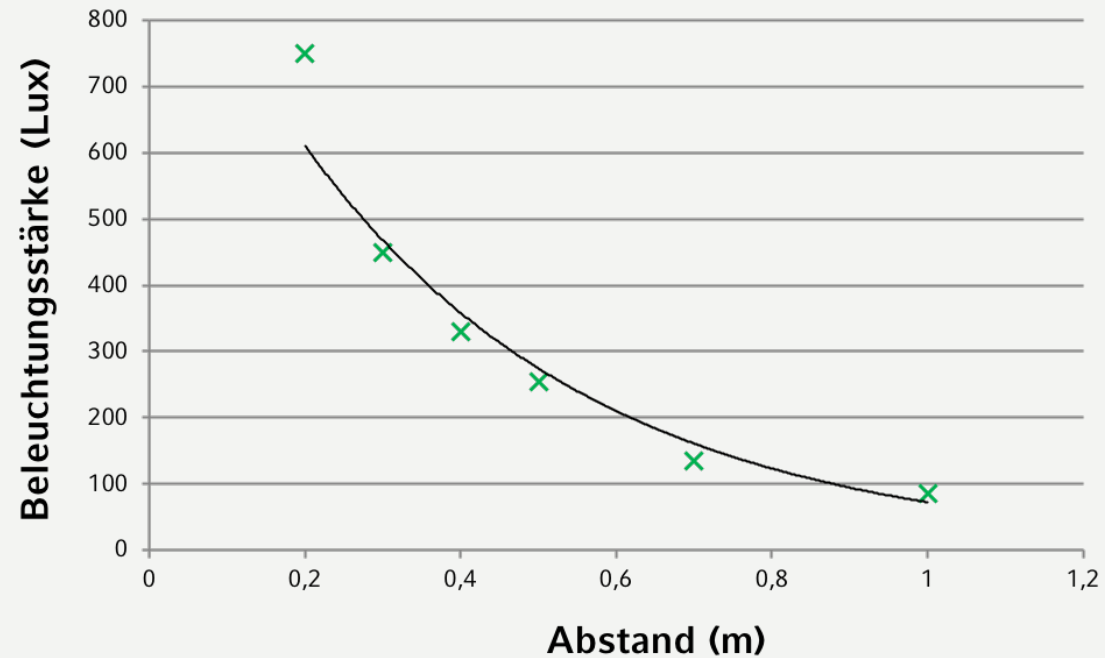


2. Authentische Anwendungskontexte

MESSEN

MODELLIEREN

**KONSEQUENZEN
ZIEHEN**

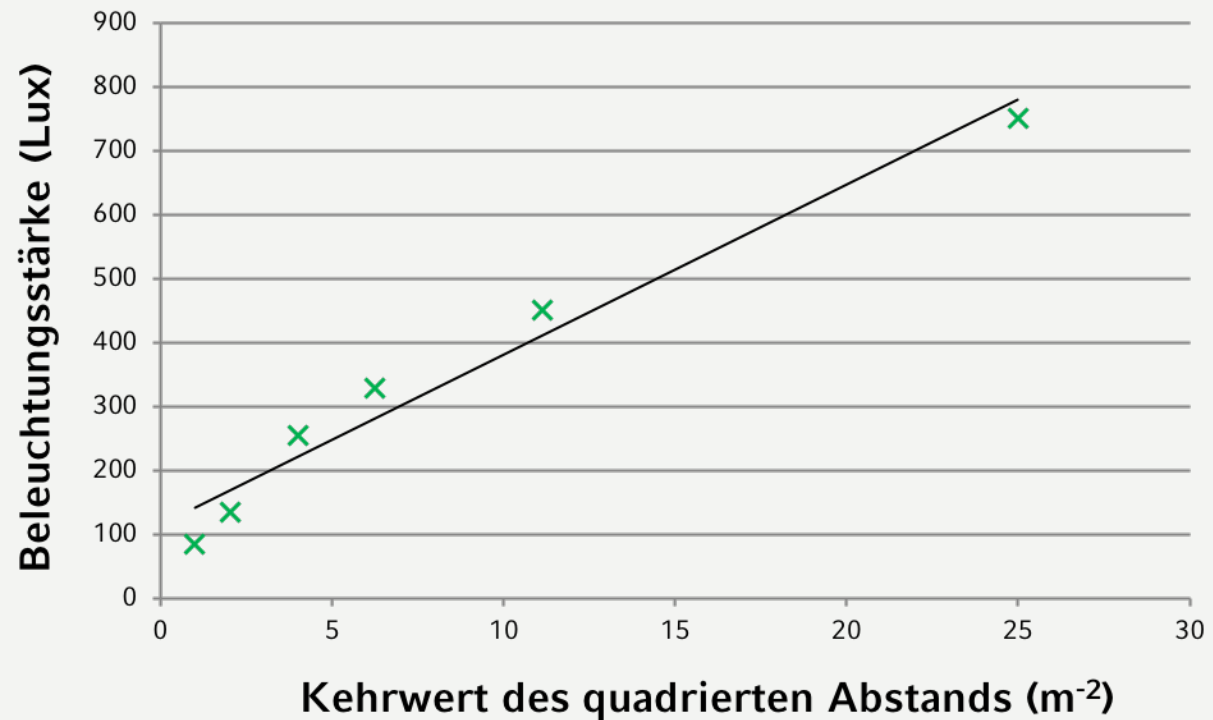


2. Authentische Anwendungskontexte

MESSEN

MODELLIEREN

KONSEQUENZEN
ZIEHEN



2. Authentische Anwendungskontexte

MESSEN

MODELLIEREN

KONSEQUENZEN
ZIEHEN



**An welchem Schreibtisch
würden Sie lieber arbeiten?**



2. Authentische Anwendungskontexte

MESSEN

MODELLIEREN

KONSEQUENZEN
ZIEHEN

... am
auf größeren
Bildschirmen?

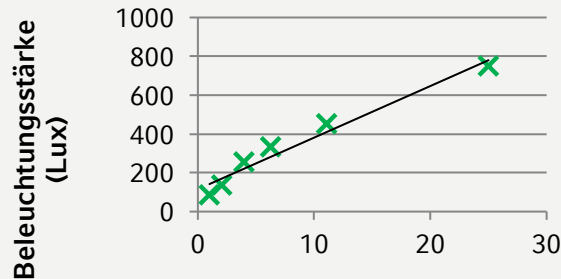


2. Authentische Anwendungskontexte

MESSEN

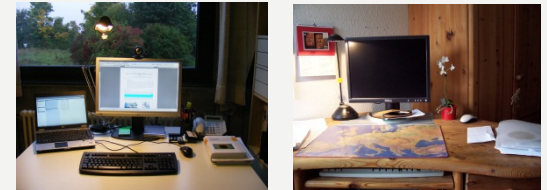


MODELLIEREN



Kehrwert des quadrierten...

KONSEQUENZEN ZIEHEN



Aufgabe:

In welcher Höhe muss die Schreibtischlampe angebracht werden, damit die Beleuchtungsstärke den Richtlinien entspricht?



3. Motivation

Erleben von Erfolg

außerphysikalische
Gegenstandsbereiche

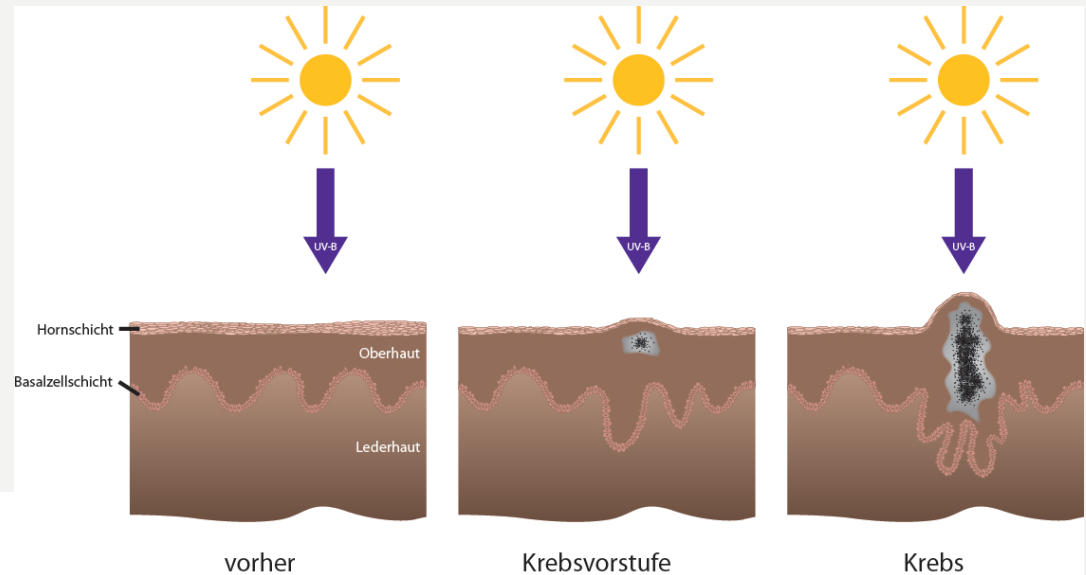
Erleben von „Autonomie“

subjektiv bedeutungsvolle
Themen

attraktive
Unterrichtstätigkeiten

4. Wissen vernetzen

außerphysikalische
Gegenstandsbereiche



unter physikalischer
Perspektive erschließen





4. Wissen vernetzen

außerphysikalische Gegenstandsbereiche

unter physikalischer Perspektive erschließen



SONDERTEIL BEWÄSSERUNG

Einbau von Bodenfeuchte-Sensoren und Steuerung der Tropfbewässerung

Tropfbewässerung mit Sensoren steuern

Sensoren zur Messung der Bodenfeuchte gibt es in verschiedenen Ausführungen. Aber wie wendet man diese Technik richtig an, um eine Tropfbewässerung zu steuern? Dazu schreibt unser Fachmann diese Praxisanleitung!

Nachdem bereits in Gemüse Nr. 4/2006 die Notwendigkeit einer objektiven Bewässerungssteuerung erläutert und bewährte Messfühler dargestellt wurden, sollen in diesem Beitrag der Einbau von Bodenfeuchtesensoren und die Vorgehensweise bei der Steuerung Schritt für Schritt beschrieben werden.

Wie viele Sensoren sind auf einer Bewässerungsfläche nötig?

Eine der ersten Fragen die im Zusammenhang mit dem Einbau von Bodenfeuchtesensoren aufbreiten, ist die Frage, wie viele Messstellen pro ha oder Flächeneinheit notwendig sind? Grundsätzlich gilt, dass mit einer steigenden Anzahl von Messstellen und Messstellen pro Flächeneinheit, die Bewässerungs-Entscheidung auf eine zunehmend solidere Grundlage gestellt wird.

Andererseits müssen natürlich auch der Aufwand für die Messungen und die daraus resultierenden Kosten in einem vernünftigen Rahmen bleiben. Als brauchbarer Kompromiss hat sich hier der Einsatz von drei Messstellen mit jeweils zwei Sensoren in unterschiedlichen Bodentiefen erwiesen. An jeder der drei Messstellen sollte ein Sensor im Hauptwurzelraum und ein Sensor unter dem Hauptwurzelraum eingebaut werden.

Insgesamt sind hier also sechs Bodenfeuchtesensoren zur Steuerung einer Einheit notwendig. Da bei saisonalen Pflanzen die Durchwurzelungstiefe im Verlauf der vege-



Das Tensiometer zeigt: Oberflächlich ist dieser Boden trocken, aber im Wurzelraum ist die Bodenfeuchte richtig.

rativen Entwicklung zunimmt, ist eine Messung in drei Tiefen optimal. In diesem Fall sind neun Sensoren notwendig, und es wird im oberen und im unteren Hauptwurzelraum sowie unter der endgültigen Wurzeliefe gemessen.

Die Messwerte der Sensoren (Messstellen) einer Bodenschicht werden für die Steuerung gemittelt. Auf Grund des Mittelwertes wird dann die Bewässerungs-Entscheidung getroffen. Im Freiland ist es eher selten, dass die einzelnen Messwerte einer Messstelle exakt denselben Wert zeigen. Öffentliche Ausreißer werden jedoch ausgeschlossen. Zeigt ein Sensor oder ein Sensorpaar dauerhaft stark abweichende Werte, sollte die Messstelle verlegt werden.

Größere Bewässerungsflächen sind häufig in mehrere Blöcke unterteilt, die nacheinander bewässert werden.

Unter der Voraussetzung, dass die Bodenverhältnisse einer solchen Fläche einigermaßen einheitlich sind, und die darauf stehenden Pflanzen ein einheitliches Alter aufweisen, und von derselben Sorte sind, wählt man in diesem Fall einen der Bewässerungsblöcke als Stau-

erblock aus, auf dem gemessen wird. Das Ergebnis wird dann auf die restlichen Bewässerungsblöcke übertragen.

An welchen Stellen sollen die Sensoren platziert werden?

Als erstes müssen die Messstellen festgelegt werden. Die Messstellen sollen für die Bodenfeuchteverhältnisse der gesamten Fläche repräsentativ sein. Also scheiden die Ränderbereiche aus. Der Boden an den Messstellen sollte dem auf der Fläche vorherrschenden Bodenverhältnissen entsprechen. Ferner sollten die Pflanzen in unmittelbarer Nachbarschaft der Messstelle einer „durchschnittlichen“ Pflanze entsprechen, also weder zu schwach noch zu stark sein.

Die drei Messstellen sollten über die Fläche verteilt sein, unterschiedliche Reihen erfassen, und in wechselnder Entfernung von der Verteilerleitung angelegt werden.

Weiterhin ist es wichtig, an den Messstellen jeweils direkt in der Feuchtezweibel (unter einem Tropfer) zu messen. Hierdurch wird sichergestellt, dass



5. Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

Alltagsmaterialien
erkunden

reale Daten
aufnehmen

reale Daten
auswerten

schlussfolgern



5. Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

Alltagsmaterialien
erkunden

**Was haben Düngestäbchen und
Zäpfchen gegen Verstopfung gemeinsam?**

5. Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

Was haben Düngestäbchen und
Zäpfchen gegen Verstopfung gemeinsam?



Form?

Dichte?

Preis?

5. Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

Was haben Düngestäbchen und
Zäpfchen gegen Verstopfung gemeinsam?



Nein

5. Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

Was haben Düngestäbchen und Zäpfchen gegen Verstopfung gemeinsam?



5. Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

Was haben Düngestäbchen und Zäpfchen gegen Verstopfung gemeinsam?



CO₂-Freisetzungsrate

Alltagssituationen im Physikunterricht erkunden

HERAUSFORDERUNGEN



1. Hohe Komplexität

Elementarisierung

Sinneinheiten
bilden

Aufbau des Sensors

IR-Lampe

Gasmesszelle

Filter

Thermischer
Detektor

Funktionsweise des Sensors

Infrarotstrahlung

Absorption

Qualitative Aussagen zum
Lambert-Beer-Gesetz

Thermoelemente



1. Hohe Komplexität

Elementarisierung

Rahmen zur Einordnung
geben

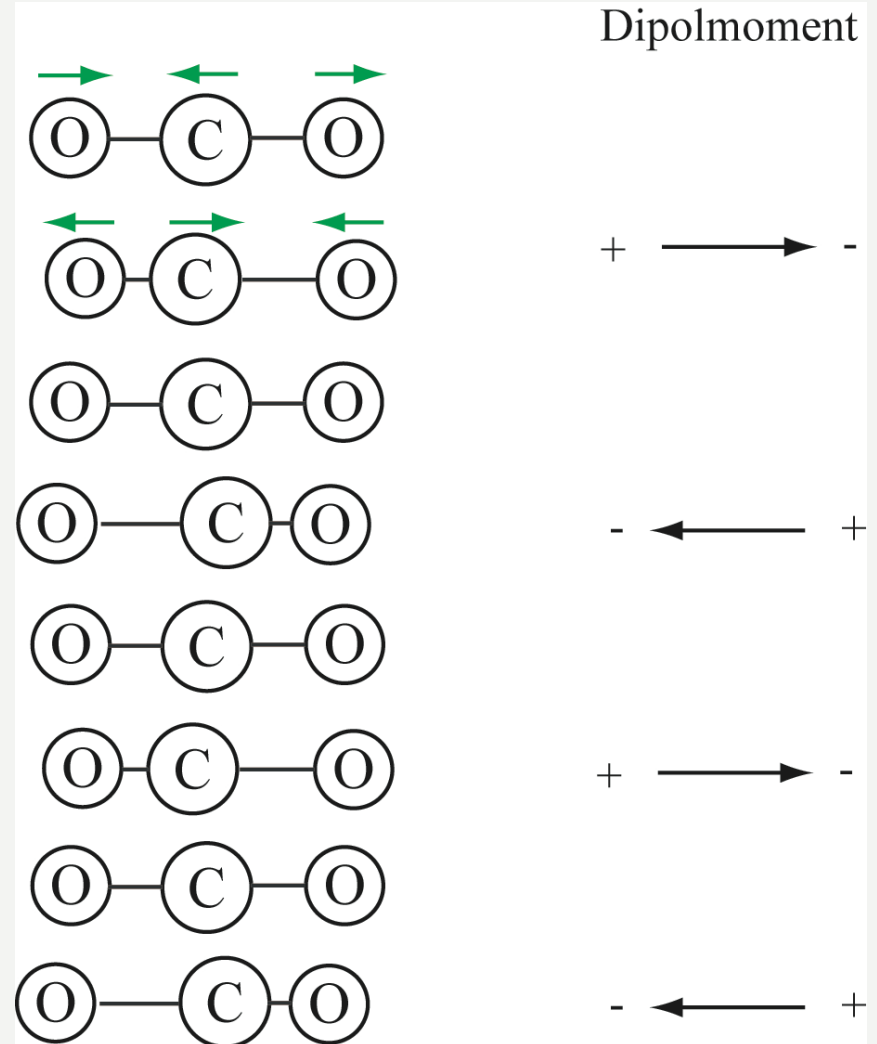
Umklappen des Kernspins oder des Spins eines Elektrons		Änderung der Rotationsenergieniveaus	Änderung der Schwingungsenergieniveaus	Änderung der Elektronenverteilung		Änderung der Kernkonfiguration
NMR	ESR	Mikrowellen	Infrarot	sichtbarer und UV-Bereich	Röntgen	γ -Strahlen
Wellenlänge λ $\lambda = 100\text{m} - 1\text{cm}$		Wellenlänge λ $\lambda = 1\text{cm} - 100\mu\text{m}$	Wellenlänge λ $\lambda = 100\mu\text{m} - 1\mu\text{m}$	Wellenlänge λ $\lambda = 1\mu\text{m} - 10\text{nm}$	Wellenlänge λ $\lambda = 10\text{nm} - 100\mu\text{m}$	Wellenlänge λ $\lambda = 100\text{pm} - 1\text{pm}$
Frequenz f $f = 3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^{10}\text{Hz}$		Frequenz f $f = 3 \cdot 10^{10} - 3 \cdot 10^{12}\text{Hz}$	Frequenz f $f = 3 \cdot 10^{12} - 3 \cdot 10^{14}\text{Hz}$	Frequenz f $f = 3 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16}\text{Hz}$	Frequenz f $f = 3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{18}\text{Hz}$	Frequenz f $f = 3 \cdot 10^{18} - 3 \cdot 10^{20}\text{Hz}$



1. Hohe Komplexität

Elementarisierung

Zusammenhänge
visualisieren



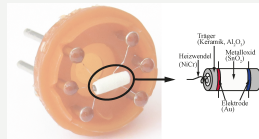


1. Hohe Komplexität

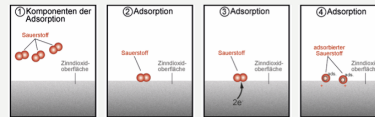
Elementarisierung

Visualisierungen: didaktische Funktionen

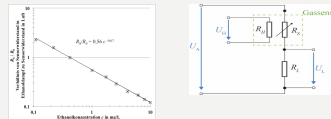
1. Verborgenes zeigen



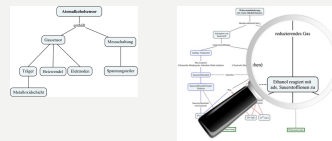
2. Vorstellungen unterstützen



3. Lerninhalte repräsentieren



4. Wissen strukturieren





1. Hohe Komplexität

Elementarisierung

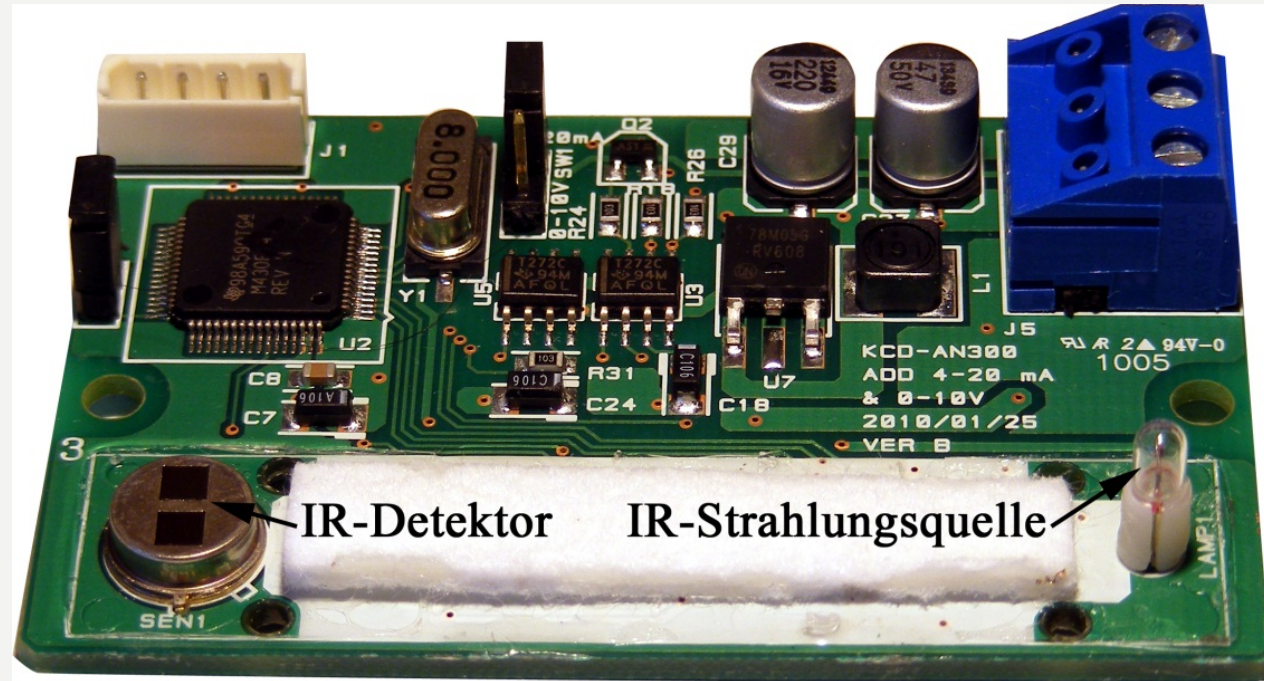
**Zusammenhänge
visualisieren**

1. Hohe Komplexität

NDIR-CO₂-Gassensor

Elementarisierung

Beschränkung auf
relevante Aspekte



1. Hohe Komplexität

Elementarisierung

Beschränkung auf
relevante Aspekte

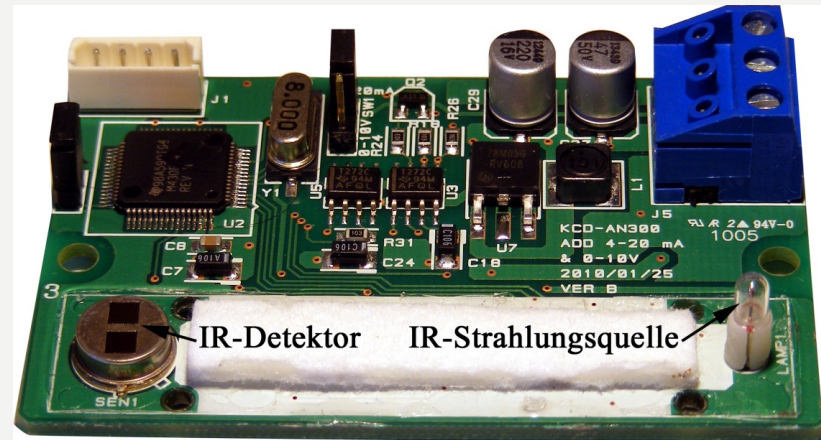
NDIR-CO₂-Gassensor



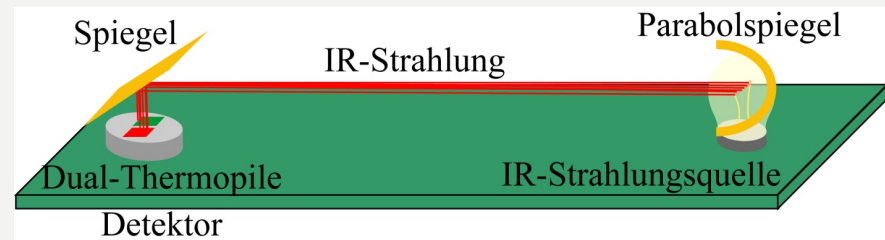
1. Hohe Komplexität

Elementarisierung

NDIR-CO₂-Gassensor



Einsatz von
Schemazeichnungen



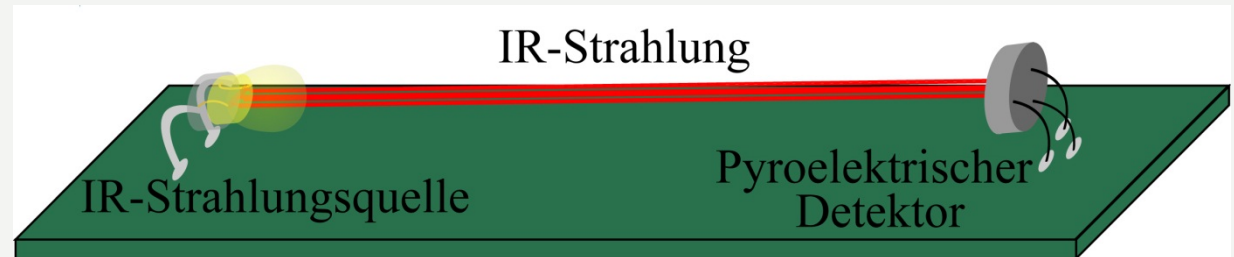
1. Hohe Komplexität

NDIR-CO₂-Gassensor

Elementarisierung



Einsatz von
Schemazeichnungen





2. Probleme beim Experimentieren

LabQuest starten und Sensor anschließen

	<p>Stift entnehmen</p>
	<p>LabQuest starten</p>

Praktische Soforthilfen bereithalten

	<p>Nachdem der Start-Button gedrückt wurde, zeigt das LabQuest das aktuelle Diagramm an. Rechts oben wird der aktuelle Messwert angezeigt. Rechts unten siehst Du die bereits verstrichene Zeit. Links unten befindet sich der Stop-Button.</p>
	<p>Nachdem der Stop-Button gedrückt wurde, kannst du das „fertige“ Diagramm ansehen. Um die Tabelle der Messwerte ansehen zu können, musst Du auf die kleine Tabelle links oben drücken.</p>

2. Probleme beim Experimentieren

Versuchsdurchführung

- Nimm von jedem Feststoff und jeder Flüssigkeit ca. die gleiche Menge.
- Alle Feststoffe, die Du testest, sollten pulverförmig vorliegen – zerstoße dazu die Tabletten und Stäbchen mit dem Stößel im Mörser.
- Jedes Pulver musst Du in Wasser lösen.
- Teste aus Sicherheitsgründen immer nur ein Pulver mit Wasser. Bitte benutze den Essig nur für das Backpulver!



Wenn mal mehr
Anleitung nötig ist

Hilfen für unerfahrene
Lernende



3. Probleme beim Auswerten

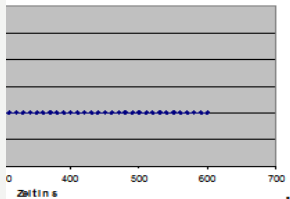
Hilfen für unerfahrene Lernende

an?
Größen auf der x-Achse und der y-Achse abgetragen sind. Entsprechenden Größen.

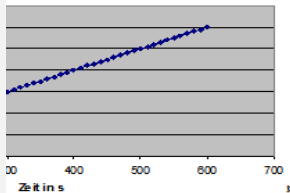
hes Minimum zeigt die Messkurve?
das Minimum der kleinste Wert, der in der Messkurve und den kleinsten Wert Deiner Messkurve.

gen die höchste und die niedrigste CO₂-Konzentration vor?
elchem Zeitpunkt die höchste und die niedrigste CO₂-
die Zeitpunkte und entsprechenden CO₂-Konzentrationen.

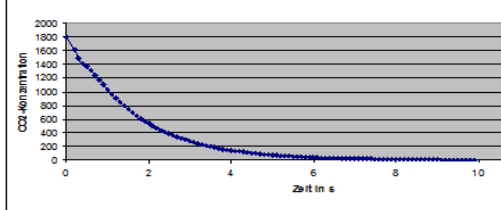
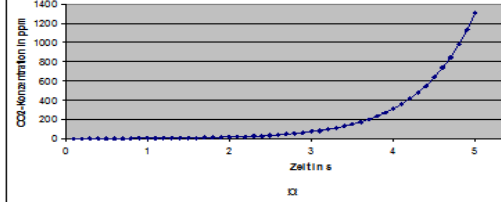
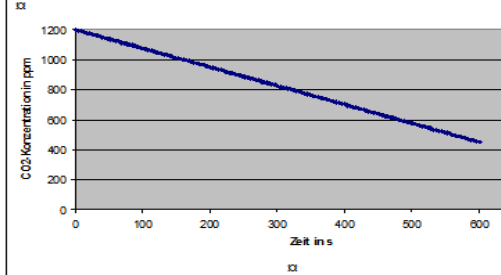
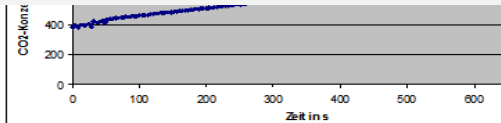
e-Messkurve?
stant, proportional, linear oder exponentiell verläuft. Im
verlauf ein Beispiel.



konstant
Das Diagramm zeigt eine Gerade ohne Steigung



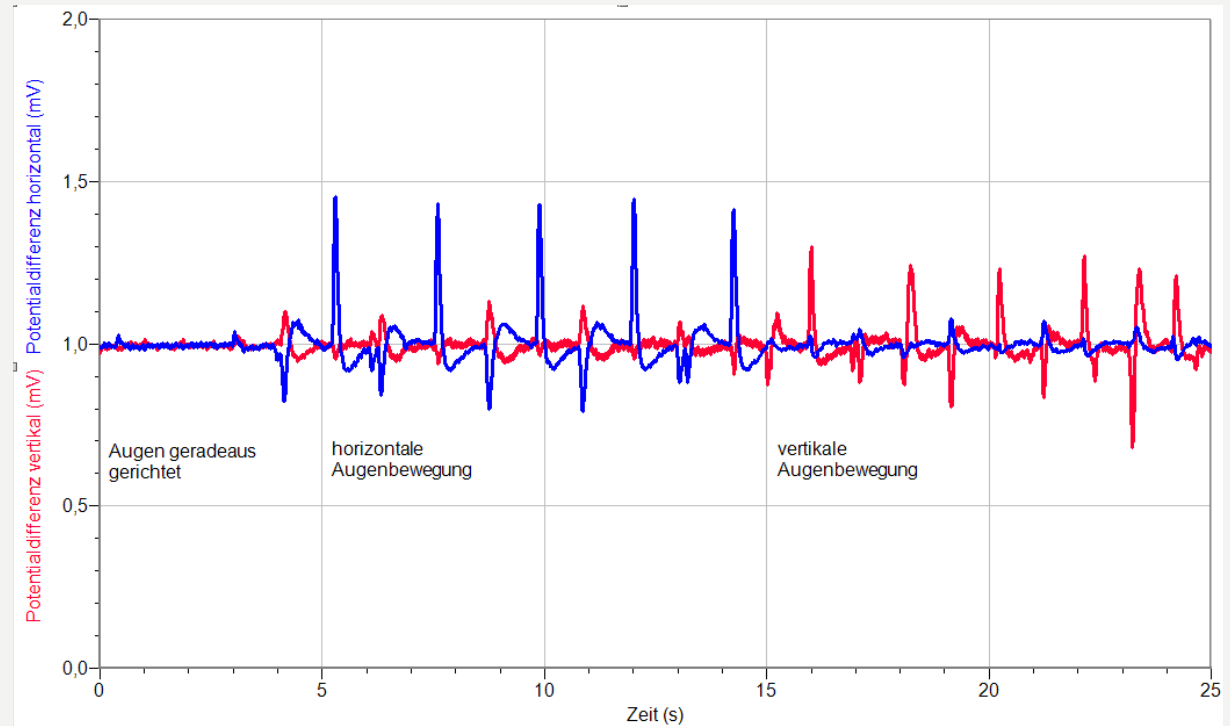
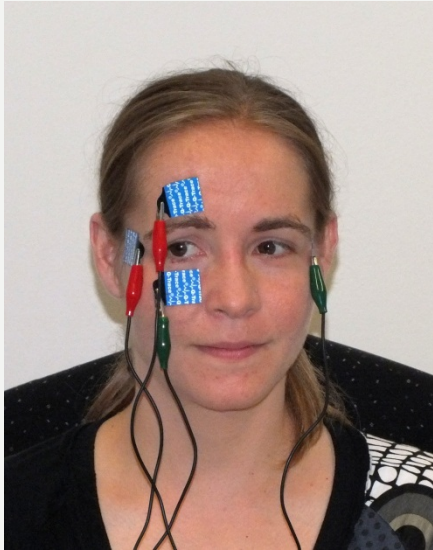
proportional
Das Diagramm geht durch den Ursprung.
Das Diagramm zeigt eine Gerade





BEISPIELE

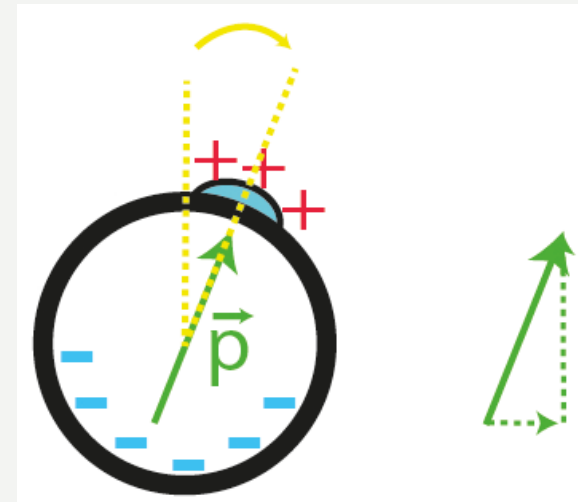
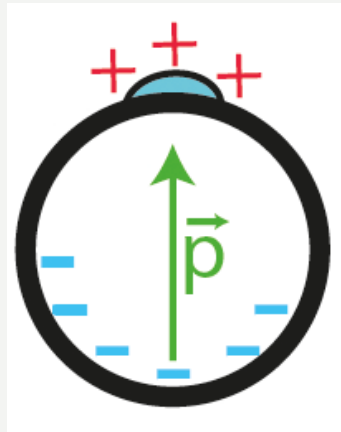
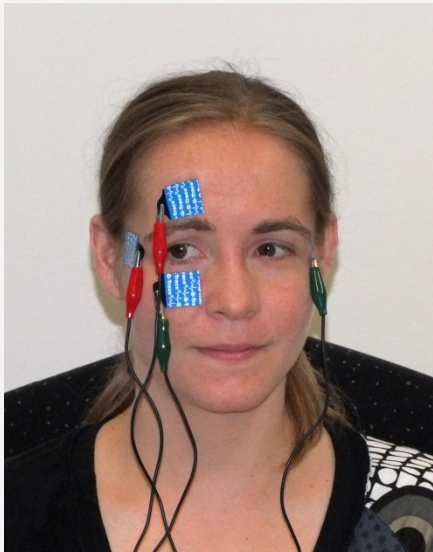
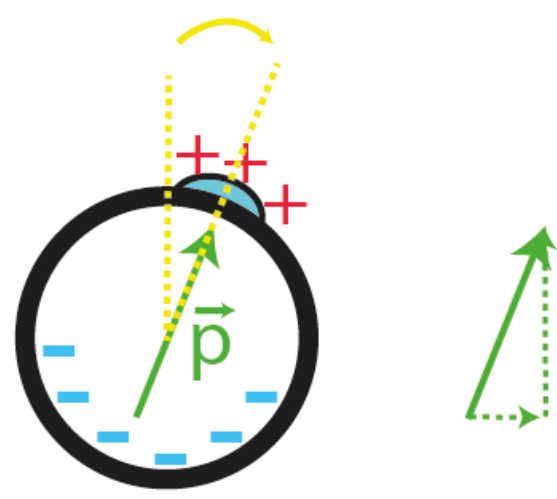
EOG: Das Auge als elektrischer Dipol



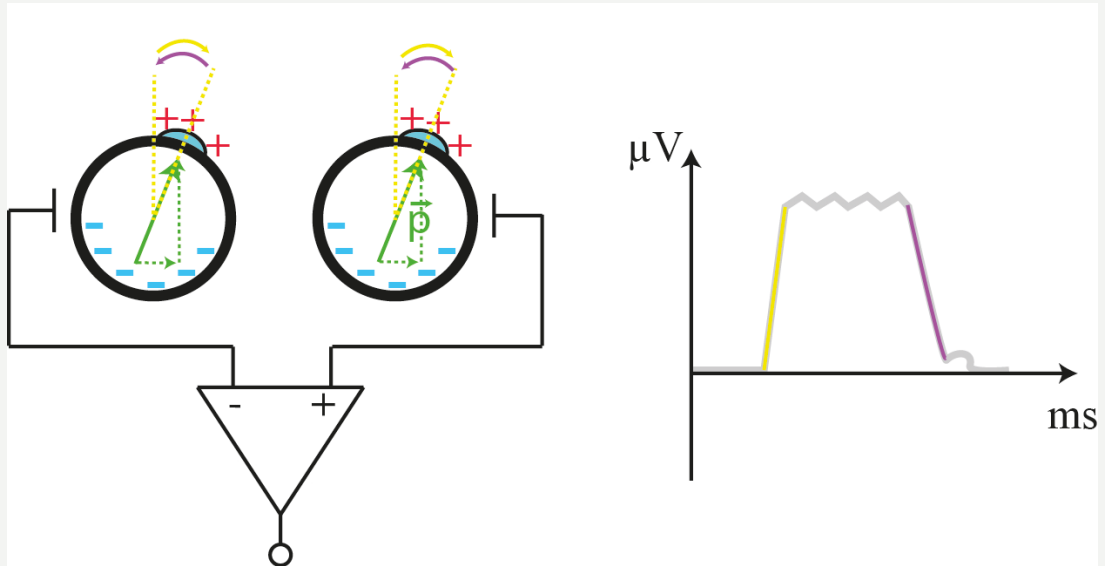
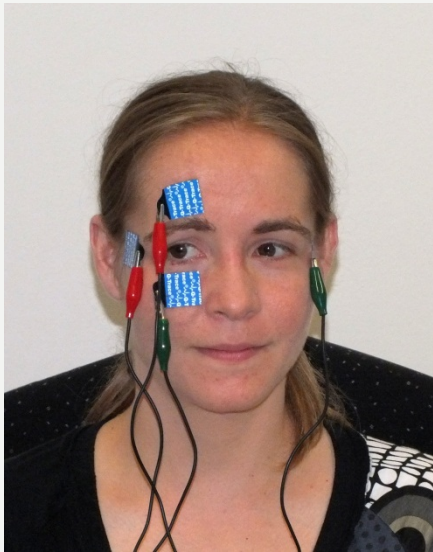
<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/eog/index.html>

iele

trischer Dipol

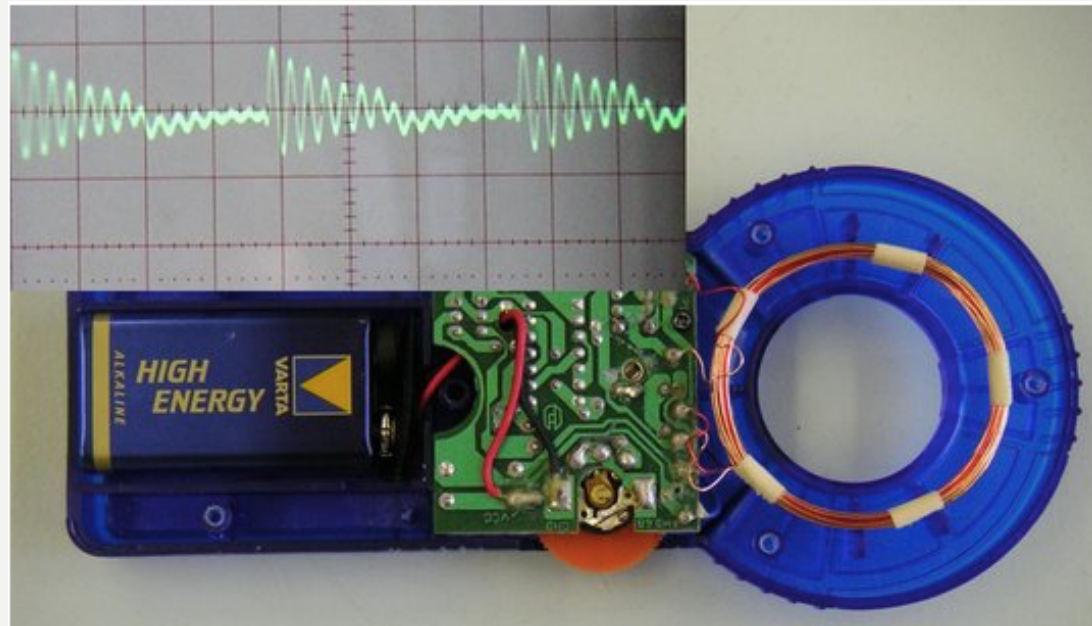


EOG: Das Auge als elektrischer Dipol



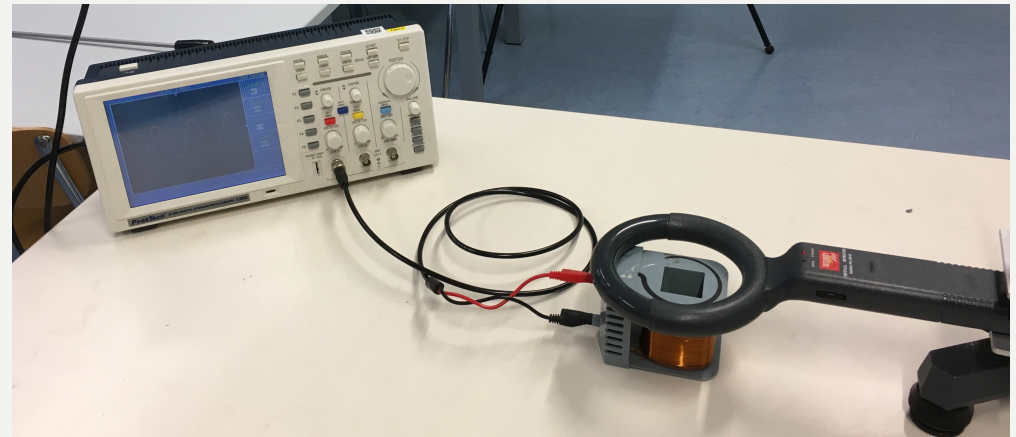
<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/eog/index.html>

Metalldetektoren



<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/indu-sen-und-b-feldsen/metallid.html>

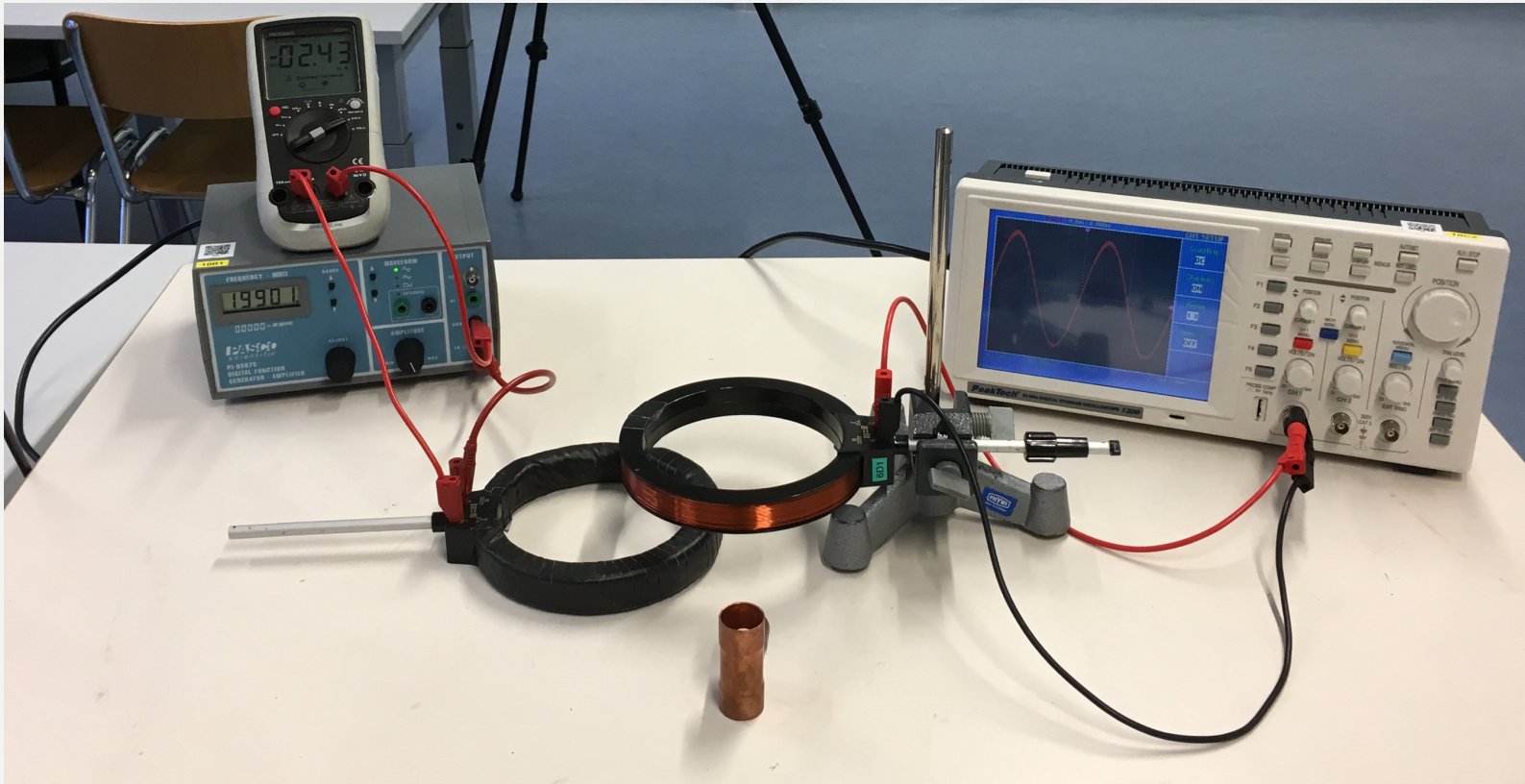
Metalldetektoren



<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/indu-sen-und-b-feldsen/metallid.html>

Metalldetektoren

Modellexperiment zur Funktionsweise eines Metalldetektors



<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/indu-sen-und-b-feldsen/metallid.html>

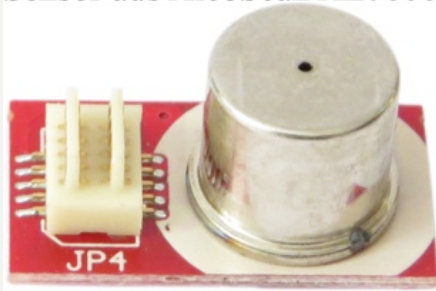
Atem-Alkohol-Sensoren



<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/aas/index.html>

Atem-Alkohol-Sensoren

Sensor aus AlcoScan AL7000



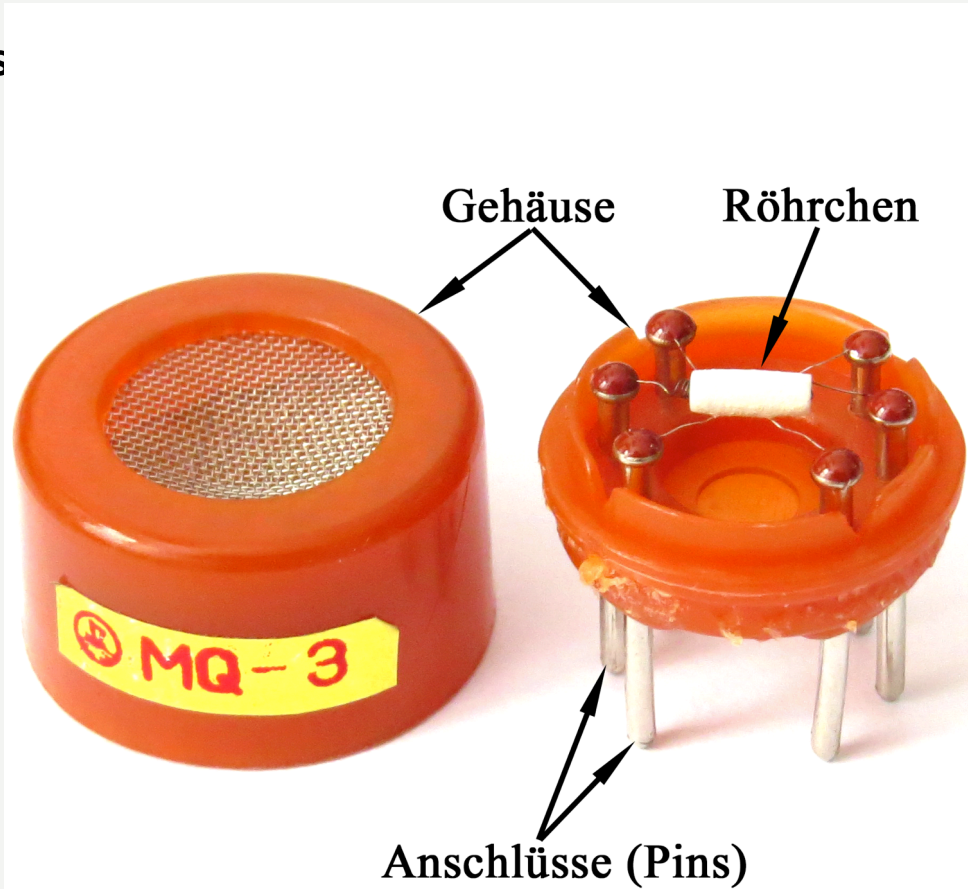
<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/aas/index.html>

Atem-Alkohol-Sensoren



<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/aas/index.html>

Atem-Alkohol-Sens



<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/aas/index.html>

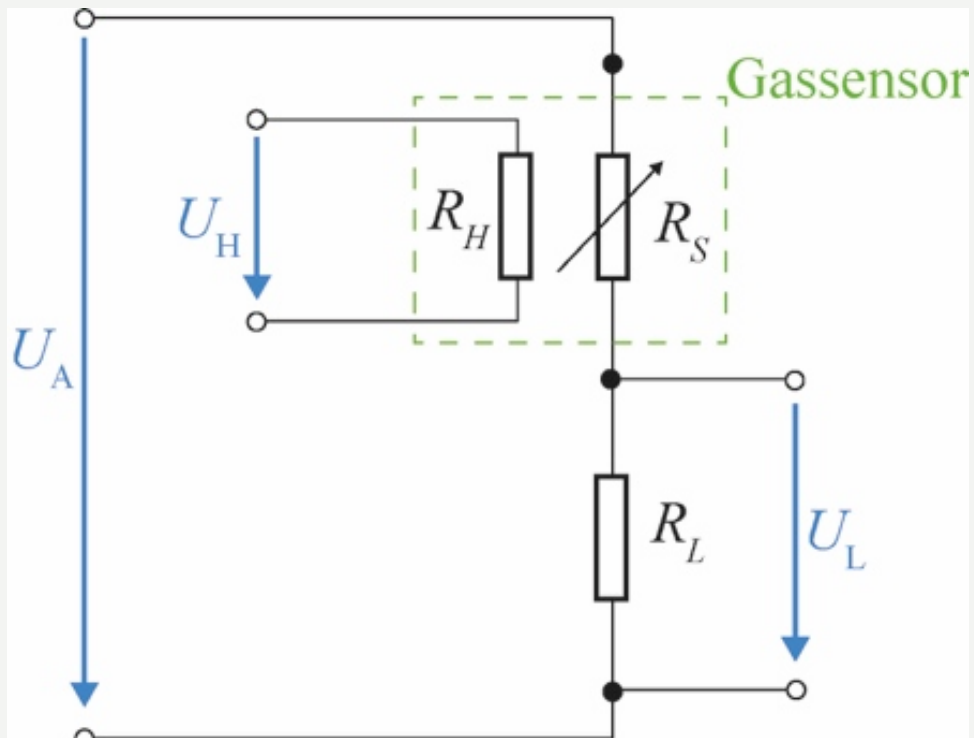
Atem-Alkohol-Sensoren



<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/aas/index.html>

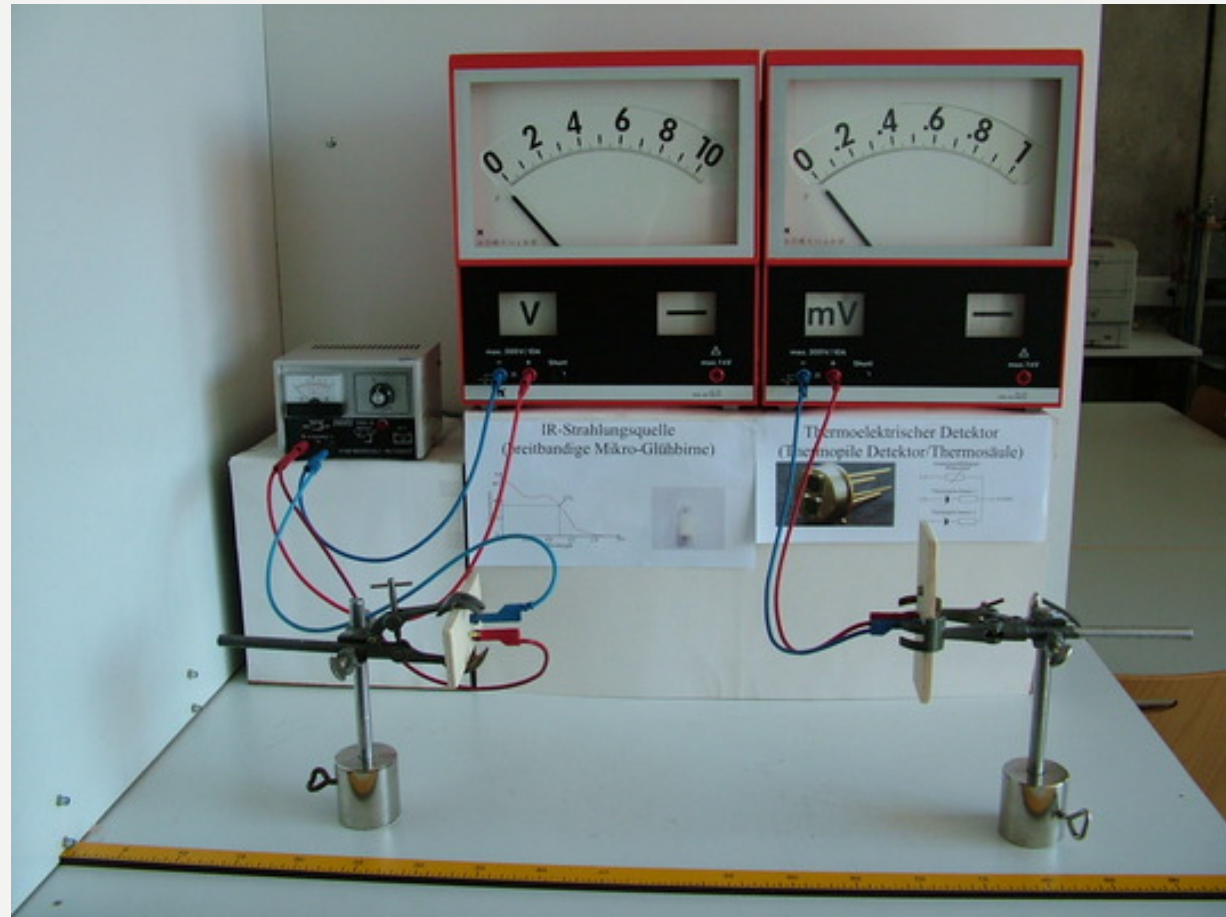
Atem-Alkohol-Sensoren

Messschaltung




<http://www.iaaaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/aas/index.html>

CO₂-Gassensoren




<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/co2-gassensoren/index.html>

CO₂-Gassensoren

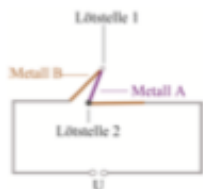


„Es existieren eine Vielzahl von IR-Detektoren, die auf verschiedenen Prinzipien basieren. Ein häufig verwendeter IR-Detektor verwendet Thermoelemente.
Der folgende Text und die folgenden Bilder beschreiben wie Thermoelemente aufgebaut sind und wie sie funktionieren.“



Lötstelle 1


Lötstelle 2



Lötstelle 1

Lötstelle 2

U



„Folgende zwei Dinge solltest du dir unbedingt merken:

- Erstens: Die Höhe der Spannung ist ein Anzeichen dafür, wie viel IR-Strahlung auf die bestrahlte Lötstelle trifft.
- Zweitens: Je größer der Temperaturunterschied zwischen den Lötstellen, desto höher ist die Spannung.“

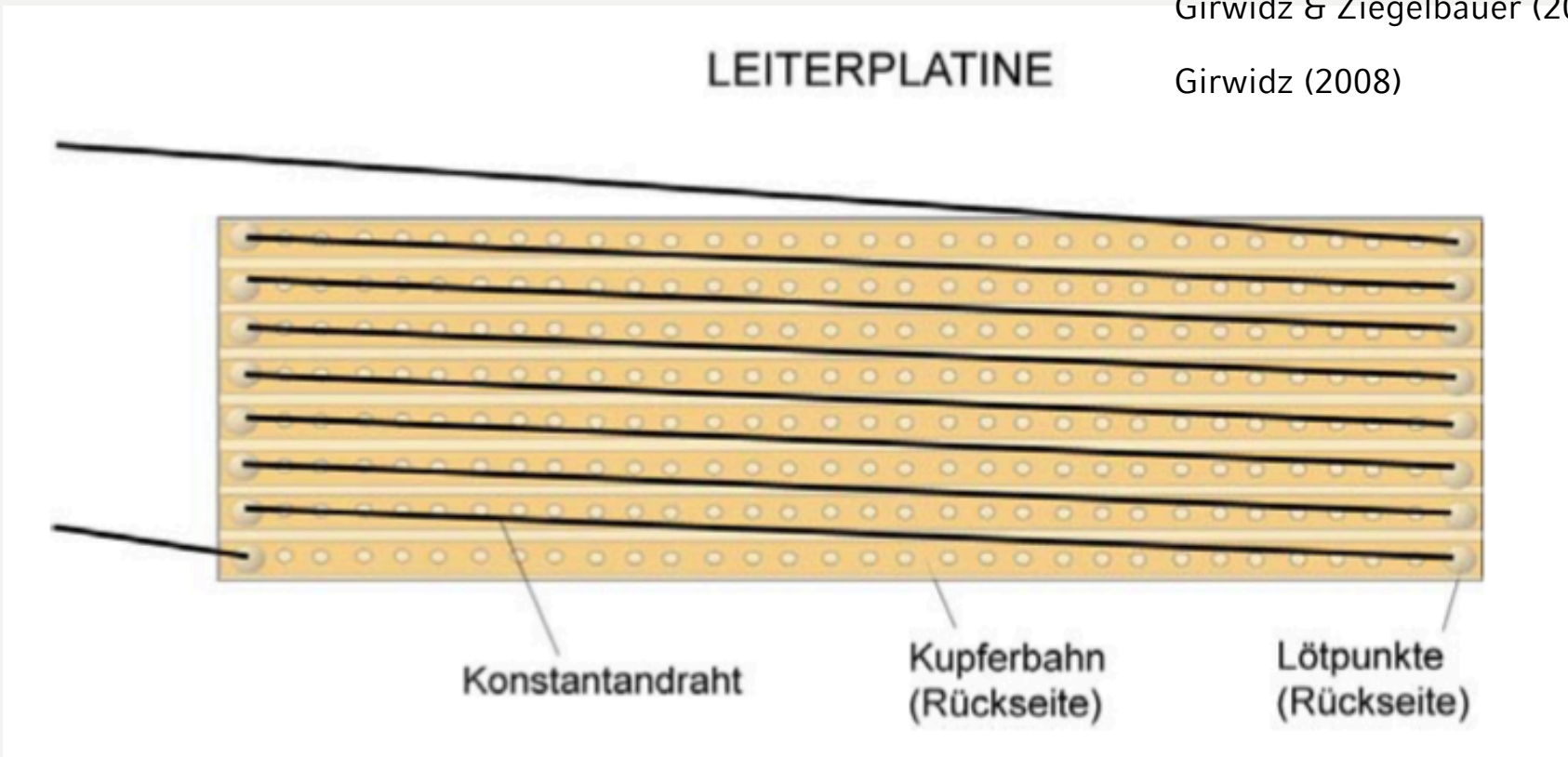
- 7 -

<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/co2-gassensoren/index.html>

Temperatur- und Infrarotsensoren (z.B. Modellversuch zur Thermosäule)

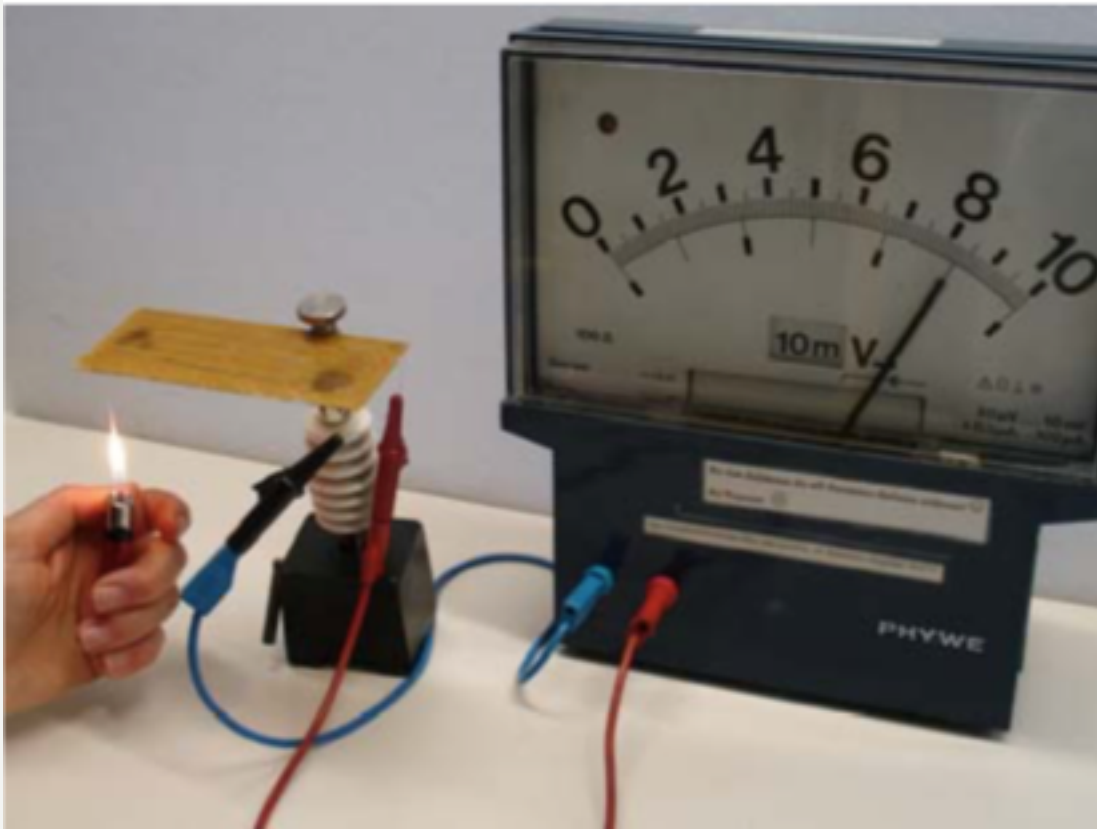
Girwidz & Ziegelbauer (2006)

Girwidz (2008)



http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/temp_infrarot/index.html

Temperatur- und Infrarotsensoren (z.B. Modellversuch zur Thermosäule)



Girwidz & Ziegelbauer (2006)

Girwidz (2008)

http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/temp_infrarot/index.html



Weitere Beispiele und Unterrichtsmaterialien:

<http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/index.html>



LITERATUR



1. Girwitz, R. (2014). Bilder und Visualisierungen für den Physikunterricht. In H. Sowa, A. Glas & M. Miller (Hrsg.), *Bildung der Imagination Band 2: Bildlichkeit und Vorstellungsbild in Lernprozessen*, Oberhausen: Athena-Verlag, 493-509.
2. Girwitz, R. (2016). Sagt ein Bild mehr als 1000 Worte. Erklären mithilfe von Bildern im Physikunterricht, *NiU Physik 152(27)*, S. 30-35.
3. Girwitz, R. & Watzka, B. (2012). Aufzeichnung bioelektrischer Signale im Unterricht - das Auge als elektrischer Dipol. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 7(61)*, S. 38 - 41.
4. Girwitz, R. (2008). Berührungslose Temperaturmessung im Physikunterricht, *PhyDid A 1(7)*, S. 1-8.
5. Girwitz, R. & Ziegelbauer, S. (2006). Infrarotsensoren. *Unterricht Physik, 91(17)*, S. 22.27.
6. Nawrath, D. & Komorek, M. (2013). Kontextorientierung aus Sicht von Physiklehrkräften, *ZfDN 19*, S. 233-257.
7. Watzka, B.; Buchner, L.D. & Girwitz, R. (2017). Authentisches Lernen mit Atemalkoholsensoren im Physikunterricht, *PhyDid A 1/16*, S. 14-26.
8. Watzka, B.; Scheler, S. & Wilhelm, T. (2012). Beschleunigungssensoren. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 7(61)*, S. 25 - 33.
9. Watzka, B. & Girwitz, R. (2011). Ist die Luft zu schlecht zum Lernen? - Nichtdispersive IR-CO₂-Gassensoren im Physikunterricht. *PhyDid A 10* (2011). S. 22-33.
10. Watzka, B. & Wiesner, H. (2012). Didaktische Aspekte der Sensorik im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 7(61)*, S. 5 - 7.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie Fragen, Anregungen oder Kritik?



Dr. Bianca Watzka
LMU München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik

Theresienstraße 37
80333 München

Bianca.Watzka@lmu.de