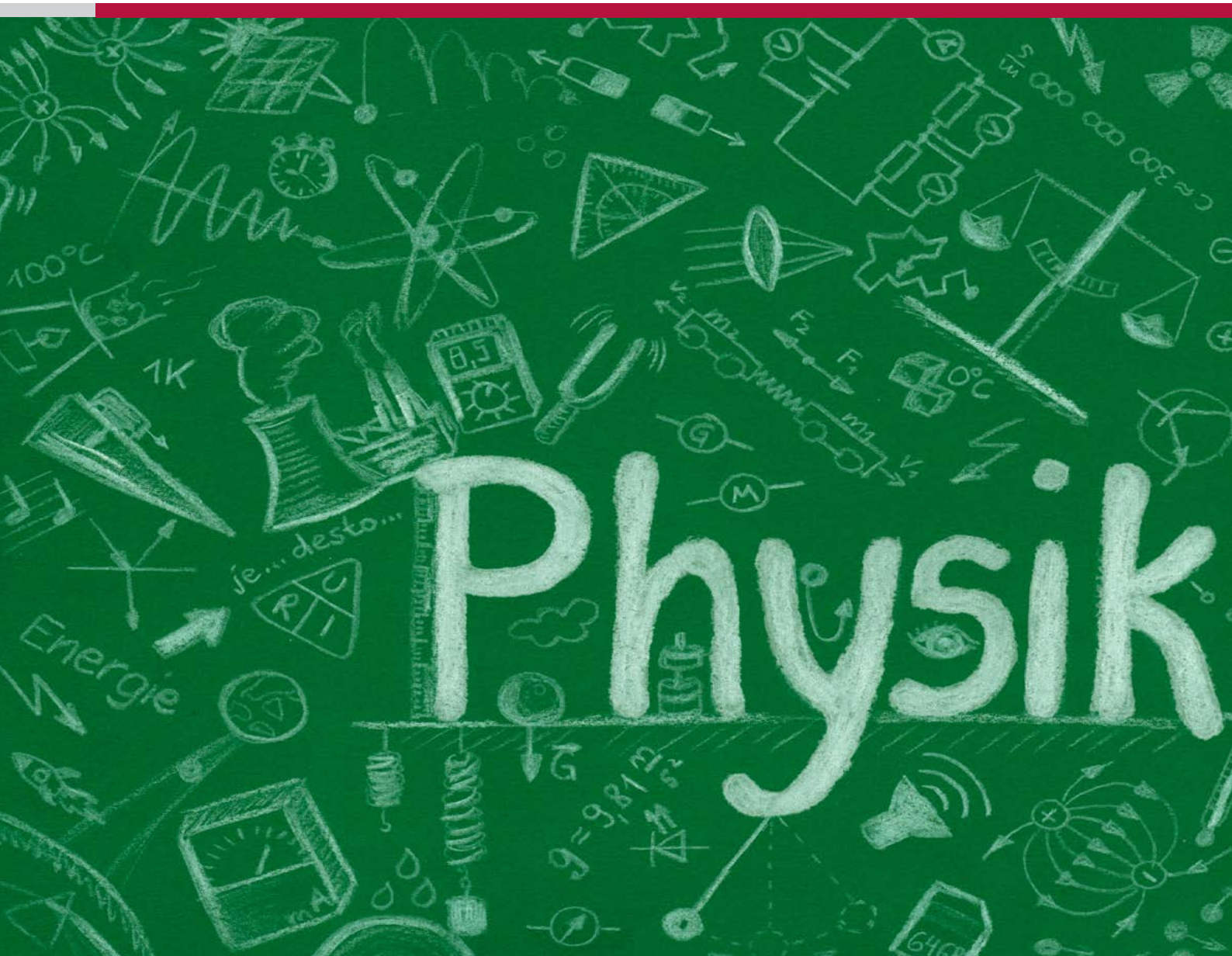


SENSOREN IM ALLTAG – PHYSIKALISCHE GRUNDPRINZIPIEN ALLTÄGLICHER TECHNIK

Handreichung zur Umsetzung des Lehrplans Physik – Themenfeld 11



In den PL-Informationen werden Ergebnisse veröffentlicht, die von Lehrerinnen und Lehrern aller Schularten unter Einbeziehung weiterer Experten erarbeitet und auf der Grundlage der aktuellen pädagogischen oder fachdidaktischen Diskussion für den Unterricht oder die Schulentwicklung aufbereitet wurden. Mit ihnen werden Anregungen gegeben, wie Schulen bildungspolitische Vorgaben und aktuelle Entwicklungen umsetzen können.

Die PL-Informationen erscheinen unregelmäßig. Unser Materialangebot finden Sie im Internet auf dem Landesbildungsserver unter folgender Adresse:

<https://pl.bildung-rp.de/publikationen>

Die vorliegende Veröffentlichung wird gegen eine Schutzgebühr von 6,00 Euro zzgl. Versandkosten abgegeben. Bestellungen richten Sie bitte an das Pädagogische Landesinstitut:
bestellung@pl.rlp.de

IMPRESSUM

Herausgeber:

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz
Standort Bad Kreuznach
Röntgenstraße 32
55543 Bad Kreuznach
pl@pl.rlp.de

Redaktion:

Benjamin Hinkeldey, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Skriptbearbeitung:

Corina Blumenröder-Zimmer, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Titelbild:

Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: Februar 2019

ISSN 2190-9148



Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist die Weiternutzung als OER ausdrücklich erlaubt:
Dieses Werk und dessen Inhalte sind - sofern nicht anders angegeben - lizenziert unter
CC BY 4.0. „Sensoren im Alltag – Physikalische Grundprinzipien alltäglicher Technik“ von

Pädagogisches Landesinstitut, Lizenz: CC BY 4.0.

Der Lizenzvertrag ist hier abrufbar: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Die Abbildungen 5 und 6 auf Seite 17 stehen unter einer CC-BY-SA (vgl. dort).

INHALT

1	Themenfeld 11: Sensoren im Alltag – Physikalische Grundprinzipien alltäglicher Technik	3
1.1	Überblick über das elfte Themenfeld	3
1.2	Die Themenfeld-Doppelseite	4
1.3	Vom Themenfeld zur Unterrichtsplanung	6
1.3.1	Intention	6
1.3.2	Kompetenzen	7
1.3.3	Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe	7
1.3.4	Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung	8
1.3.5	Differenzierungsmöglichkeiten	8
1.3.6	Bezüge	9
1.4	„Der rote Faden“ – Themenfeld 11 und seine Bezüge zu anderen Themenfeldern	10
1.5	Didaktische Anmerkungen	12
2	Unterrichtsbeispiele	19
2.1	Vorüberlegungen	19
2.2	Vorschlag für einen Unterrichtsgang	21
	Literaturverzeichnis	45
	Autorinnen und Autoren	46

1 THEMENFELD 11: SENSOREN IM ALLTAG – PHYSIKALISCHE GRUNDPRINZIPIEN ALLTÄGLICHER TECHNIK

1.1 Überblick über das elfte Themenfeld

Der neue Lehrplan im Fach Physik für die Klassen 7 bis 9/10 der weiterführenden Schulen des Landes Rheinland-Pfalz trat zum Schuljahr 2014/15 in Kraft und schließt konzeptionell an den Lehrplan des Faches Naturwissenschaften in der Orientierungsstufe an.

Die drei Säulen des NaWi-Unterrichtes Kompetenzen, Basiskonzepte und Kontexte bilden auch die Stützpfeiler des Physik-Lehrplans und erfordern eine darauf aufbauende unterrichtliche Umsetzung.

Das elfte Themenfeld bietet im Rahmen des spiralig angelegten Curriculums die Möglichkeit, Inhalte aus den vorangegangenen Themenfeldern, insbesondere den Themenfeldern 1, 2, 5, 8 und 9 wieder aufzugreifen. Bei der Betrachtung von Sensoren soll vor allem deren Funktionsweise untersucht und auf die dahinter stehenden physikalischen Grundprinzipien zurückgeführt werden. Für den Unterricht zum elften Themenfeld ergeben sich damit neben den Möglichkeiten zur Wiederholung und Vertiefung bekannter Inhalte ebenfalls Ansatzpunkte zur Erweiterung des Wissens. So können z. B. Grundkenntnisse der Halbleitertechnik oder Grundlagen elektronischer Schaltungen im Unterricht erarbeitet werden.

Die vorliegende Handreichung stellt die Themenfeld-Doppelseite des Lehrplans vor und zeigt beispielhaft, wie dieses Themenfeld entsprechend den Lehrplananforderungen konkret im Unterricht umgesetzt werden kann.

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen werden die in der Handreichung vorgestellten Materialien (z. B. Arbeitsblätter) nicht 1:1 abgedruckt. Alle vorgestellten Materialien stehen in editierbarer Form zum kostenlosen Download auf dem Bildungsserver Rheinland-Pfalz bereit unter:
<http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/physik/unterricht.html>.

1.2 Die Themenfeld-Doppelseite

TF 11: Sensoren im Alltag Physikalische Grundprinzipien alltäglicher Technik

Ob im Auto, im Smartphone oder in der Waschmaschine, ob Foto-Chip, Beschleunigungssensor oder Mikrofon – Sensoren finden sich in nahezu jedem technischen Gerät aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Weitgehend unbemerkt verrichten sie ihren Dienst und wandeln analoge Informationen aus der Umwelt in elektronische Signale um. Diese werden weiterverarbeitet und schließlich über geeignete Signalwandler wieder ausgegeben oder zur Regelung von Prozessen genutzt.

Die Auseinandersetzung mit den Prinzipien der Signalerzeugung auf Basis der zu Grunde liegenden Wechselwirkungen ist Schwerpunkt dieses Themenfeldes. Vorhandenes konzeptionelles Wissen wird aufgegriffen und in den Zusammenhang von Sensoren und Signalwandlern gestellt (z. B. variable Widerstände und elektrische Thermometer; Strahlung, Absorption und CCD; Induktion und Mikrofon; elektrisches Feld und Touchscreen). Damit wird ein grundsätzliches Verständnis für die Funktion von Sensoren und die Signalwandlung in Geräten zur Unterhaltungs-, Kommunikations-, Mess- und Regeltechnik ermöglicht. Die Vielzahl der Bauformen und Funktionsprinzipien von Sensoren erfordert eine klare Einschränkung durch die Lehrkraft, ermöglicht andererseits jedoch auch eine auf die Lerngruppe angepasste Schwerpunktsetzung.

Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen das Wissen über zu Grunde liegende Wechselwirkungen, um Prinzipien bei der Signalaufnahme/-übertragung/-ausgabe zu beschreiben,
- führen Experimente mit Sensoren durch und werten sie aus,
- erschließen die Entwicklung der Signalwandlung und an einem geeigneten Beispiel ihre physikalischen Hintergründe,
- recherchieren zur Funktionsweise von Sensoren, dokumentieren und präsentieren die Ergebnisse der Recherche adressatengerecht.

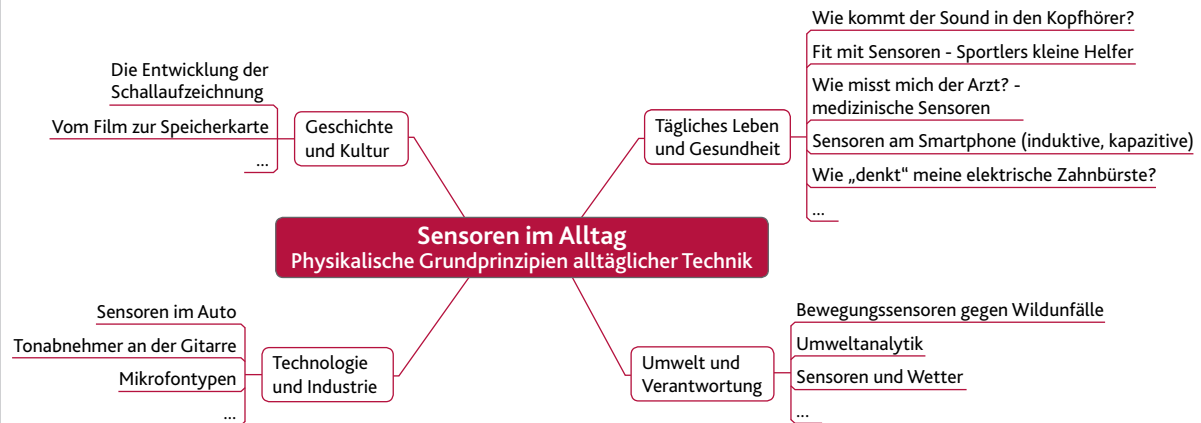
Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte:

- Vorhandenes konzeptionelles Wissen wird aufgegriffen und in den Zusammenhang von Sensoren und Signalwandlern gestellt (z. B. Mikrofon unter dem Aspekt Induktion, CCD unter dem Aspekt Strahlung und Materie, NTC unter dem Aspekt Widerstand im Stromkreis).

Fachbegriffe:

Signal, Wandlung, Sensor

Abhängig vom gewählten Thema entscheidet die Lehrkraft, welche weiteren inhaltsbezogenen Fachbegriffe verwendet werden.

Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung:**Differenzierungsmöglichkeiten:**

Für ein grundlegendes Verständnis wird z. B. der Weg eines akustischen Signals vom Mikrofon bis zum Lautsprecher verfolgt und soweit als möglich sichtbar gemacht. Dies ermöglicht Einblicke in die elektromagnetische Signalwandlung und Übertragung.

Für ein erweitertes Verständnis kann der Aufbau und die Funktionsweise von Sensoren und Aktoren als Wandler genauer untersucht werden. Dabei kann z. B. auch auf die Eigenschaften von Halbleitern eingegangen werden oder die Signalübertragung mittels elektromagnetischer Wellen thematisiert werden.

Bezüge:**NaWi**

TF 1 Sinneswahrnehmungen, Messen
TF 6 EVA-Prinzip

Biologie

TF 7 Reiz, Sinneszelle, EVA-Prinzip
TF 8 Interzelluläre Kommunikation

Chemie

TF 9 chemische Analytik

Physik

TF 1 Schallaufnahme
TF 2 Licht an Grenzflächen
TF 5 Strahlung an Grenzflächen
TF 8 Temperatur, Widerstand
TF 9 Stromstärke, Widerstand

Abb. 1: Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Physik“, S. 120/121

1.3 Vom Themenfeld zur Unterrichtsplanung

Die einzelnen Rubriken der Themenfeld-Doppelseite geben den Rahmen für die Unterrichtsplanung vor. Die Inhalte der Rubriken der linken Seite sind verbindlich umzusetzen, in denen der rechten werden Anregungen für die Unterrichtsgestaltung gegeben.

Der zweigeteilte **Themenfeld-Titel** „Sensoren im Alltag – Physikalische Grundprinzipien alltäglicher Technik“ liefert eine fachsystematische Einordnung und gibt Aufschluss darüber, welcher Schwerpunkt bei der unterrichtlichen Arbeit gesetzt werden soll. Inhaltlich können Sensoren verschiedener Art betrachtet werden, wobei es vor allem darum geht, das grundlegende Funktionsprinzip der jeweiligen Sensoren zu verstehen und mit Hilfe der zu Grunde liegenden Basiskonzepte zu erklären.

Themenfeld-Titel		Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung
Intention		
Kompetenzen		Differenzierungsmöglichkeit
Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte	Fachbegriffe	
		Bezüge

1.3.1 Intention

Die **Intention**, die im Unterricht **verbindlich** umzusetzen ist, gibt Aufschluss über die Bildungsabsicht.

Im Unterricht zum Themenfeld 11 liegt der Schwerpunkt auf der Betrachtung der Funktionsweise von Sensoren unter dem Aspekt der dahinter stehenden und für die Signalerzeugung ausgenutzten physikalischen Grundprinzipien. Die Signalerzeugung erfolgt immer aufgrund einer Wechselwirkung mit der Umgebung. Diese kann z. B. mechanisch (Druck- oder Beschleunigungssensor), thermisch (Temperatursensor) oder optisch (Regensensor, Rauchsensor) sein.

Bei der Untersuchung der Funktionsprinzipien soll vorhandenes, an die Basiskonzepte angebundenes Wissen reaktiviert und genutzt werden. Damit lässt sich ein grundsätzliches Verständnis für das Funktionsprinzip erreichen. Für die Planung des Unterrichts ist es wichtig, sich bei der Vielfalt der möglichen Sensoren auf die Betrachtung einzelner Beispiele zu beschränken und dabei die Gemeinsamkeiten der zu Grunde liegenden Prinzipien herauszuarbeiten. Andererseits eröffnet die Vielfalt der Sensoren die Möglichkeit einer an die Lerngruppe angepassten Schwerpunktsetzung.

1.3.2 Kompetenzen

Die hier aufgeführten konkreten Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler sind im Rahmen des Themenfeldes verbindlich zu ermöglichen und tragen zur Kompetenzentwicklung bei. In Themenfeld 11 werden Beiträge insbesondere zur Weiterentwicklung der Kompetenzbereiche „Erkenntnisgewinnung“, „Umgang mit Fachwissen“ und „Kommunikation“ geleistet.

Die Schülerinnen und Schüler können in Themenfeld 11 ihre Kompetenzen im Bereich des Umgangs mit Fachwissen weiterentwickeln, wenn sie Prinzipien bei der Signalaufnahme/-übertragung und -ausgabe beschreiben und dabei das Wissen über zu Grunde liegende Wechselwirkungen nutzen.

Bei der Durchführung und Auswertung von Experimenten mit Sensoren schulen sie ihre Kompetenz im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Auch die Betrachtung der historischen Entwicklung der Signalwandlung an einem geeigneten Beispiel sowie der Blick auf die physikalischen Hintergründe tragen zur Kompetenzentwicklung in diesem Bereich bei.

Wenn die Lernenden zur Funktionsweise von Sensoren recherchieren, ihre Recherche dokumentieren und die Ergebnisse der Recherche adressatengerecht präsentieren, so wird dabei die Kompetenz im Bereich der Kommunikation gestärkt.

1.3.3 Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe

Die vermittelten Fachinhalte sollen über die Jahre hinweg den Schülerinnen und Schülern helfen, eigene physikalische Konzepte aufzubauen. Deshalb wird das Fachwissen immer an Basiskonzepte angebunden.

Die beiden Rubriken „Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte“ und „Fachbegriffe“ geben verbindliche Hinweise darauf, mit welcher Schwerpunktsetzung die Fachinhalte aufbereitet werden sollen, um das angestrebte Konzeptverständnis zu erreichen, und welche Fachbegriffe von den Schülerinnen und Schülern im Unterricht verbindlich benutzt werden sollen.

Themenfeld 11 greift die im vorangegangenen Unterricht entwickelten Basiskonzepte auf. Dabei werden je nach betrachtetem Sensor eines oder mehrere Basiskonzepte zur Erklärung der Funktionsweise herangezogen. So kann z. B. die Signalwandlung bei der Schallübertragung vor allem durch das Konzept der Wechselwirkung erklärt werden, während zur Klärung der Funktionsweise eines Lichtsensors auch die Basiskonzepte Energie, System und Teilchen-Materie/Stoff genutzt werden.

Die im Unterricht zu diesem Themenfeld zu nutzenden Fachbegriffe hängen stark von der gewählten Schwerpunktsetzung ab. Die verbindliche Vorgabe beschränkt sich daher auf lediglich drei Begriffe: Signal, Wandlung und Sensor.

Eine Überfrachtung des Unterrichts mit Begriffen, die der reinen Beschreibung von Phänomenen dienen und weder zur pädagogischen Absicht noch zum Aufbau von Konzepten gebraucht werden, ist dringend zu vermeiden.

1.3.4 Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung

Diese Rubrik zeigt bildungsrelevante Kontexte und konkrete Fragestellungen aus vier lebensweltlichen Bereichen, die zentralen Bedürfnisfeldern der Menschen entsprechen. Es sind Vorschläge, wie das elfte Themenfeld kontextuell angebunden werden kann. Weder die Abdeckung der vier Äste der Mindmap noch die Umsetzung dort aufgeführter Kontexte sind verbindlich. Sie sollen lediglich die Vielfalt der Möglichkeiten aufzeigen und entsprechende Anregungen geben. Bei der Wahl geeigneter Kontexte für die eigene Unterrichtsplanung sollten neben individuellen Interessen der Lernenden auch schulische Besonderheiten beachtet werden, wie z. B.

- fächerverbindende oder integrierte Lernangebote (z. B. Biologie, Chemie),
- Möglichkeit für Projekte, z. B. im Ganztagsunterricht,
- Zusammenarbeit mit nicht-naturwissenschaftlichen Fächern oder dem Wahlpflichtfach,
- schulische Ausstattung,
- aktuelle Themen/Anlässe,
- Angebote außerschulischer Kooperationspartner.

1.3.5 Differenzierungsmöglichkeiten

Die dargestellten Möglichkeiten beziehen sich sowohl auf äußere Differenzierung, wie z. B. für unterschiedliche Schulformen, als auch auf binnendifferenzierte Arbeitsweisen innerhalb einzelner Lerngruppen. Sie schlagen Ansatzpunkte für die Differenzierung nach oben wie nach unten vor, um die Lerninhalte individuell an die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Lerngruppen anzupassen.

Der erste Abschnitt macht deutlich, dass ein Grundverständnis für die Signalwandlung und Signalübertragung bereits durch die Betrachtung eines einzelnen, passend gewählten Beispiels wie etwa der Übertragung akustischer Signale erreicht werden kann. Bei dieser Schwerpunktsetzung kann Wissen aus den Themenfeldern 1, 6 und 9 aufgegriffen und vertieft werden.

Im zweiten Abschnitt wird aufgezeigt, dass für eine Vertiefung verschiedene Möglichkeiten bestehen. So kann sowohl durch eine stärker in die Tiefe gehende Betrachtung der Funktionsprinzipien als auch durch die Hinzunahme von neuen, bislang nicht behandelten Inhalten wie z. B. Halbleiter oder elektromagnetische Wellen eine Anpassung an leistungsstarke Lernende erfolgen.

1.3.6 Bezüge

Um Synergien nutzen zu können, empfiehlt es sich, zumindest die Arbeitspläne und Unterrichtsverteilungen der naturwissenschaftlichen Fächer NaWi, Biologie, Chemie und Physik aufeinander abzustimmen. Welche Voraussetzungen genau in NaWi geschaffen wurden bzw. wie die optimale Anbindung an die späteren Themenfelder in Chemie und Biologie aussehen kann, ist u. a. wegen der Kontingentstundentafel und der darauf aufbauenden schulinternen Arbeitspläne sehr schulspezifisch. Auch deswegen empfehlen sich Absprachen innerhalb der Fachkonferenz bzw. fächerübergreifend. Je besser die Vernetzung zwischen den Fächern erfolgt, desto kontinuierlicher werden Kompetenzen entwickelt und desto besser gelingt ein kumulativer Aufbau der Basiskonzepte.

Beispielhaft wird aufgezeigt, dass das Themenfeld 11 des Physiklehrplans inhaltliche Verbindungen zu Themenfeld 1 und 6 des NaWi-Lehrplans, zu den Themenfeldern 7 und 8 des Biologielehrplans, zu Themenfeld 9 des Chemielehrplans und zu den Themenfeldern 1, 2, 5, 8 und 9 des vorliegenden Physiklehrplans aufweist.

Im NaWi-Unterricht der Orientierungsstufe haben die Schülerinnen und Schüler in Themenfeld 1 die Sinneswahrnehmungen und das Messen thematisiert und in Themenfeld 6 bei der Untersuchung von Geräten und Maschinen im Alltag das EVA-Prinzip (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe) der Signalübertragung kennengelernt.

In der Biologie werden mit der Betrachtung von Reiz, Sinneszelle und EVA-Prinzip in Themenfeld 7 und der interzellulären Kommunikation in Themenfeld 8 ebenfalls Fragestellungen im Zusammenhang mit der Signalübertragung thematisiert.

Bei der Auseinandersetzung mit der chemischen Analytik in Themenfeld 9 erfahren die Lernenden, dass Sensoren hier eine wichtige Rolle spielen.

Die angegebenen Bezüge zum Physik-Lehrplan machen noch einmal deutlich, dass z. B. bei der Betrachtung der Schallübertragung auf Grundkenntnisse aus Themenfeld 1 zurückgegriffen werden kann. Die Wechselwirkung von Licht bzw. allgemeiner von Strahlung mit Materie wurde in den Themenfeldern 2 und 5 thematisiert und kann beispielsweise bei der Untersuchung und Beschreibung optischer Sensoren aufgegriffen werden. Thermische Effekte und Widerstände als Regelgrößen können den Lernenden bereits aus den Themenfeldern 8 und 9 bekannt sein und bei der Betrachtung z. B. eines elektronischen Thermometers aufgegriffen werden.

Neben den genannten sind auch Bezüge zu weiteren Fächern möglich. Schulinterne Abstimmung ist hier ebenfalls notwendig und hilfreich.

1.4 „Der rote Faden“ – Themenfeld 11 und seine Bezüge zu anderen Themenfeldern

Entwicklung von Basiskonzepten

Der Physiklehrplan zielt auf die Entwicklung von Basiskonzepten, mit deren Hilfe sich die Schülerinnen und Schüler ein Bild von der Physik machen können, die ihnen aber auch in den anderen Naturwissenschaften bei der Erklärung ihrer lebensweltlichen Fragen helfen können. In der unten stehenden Grafik ist erkennbar, dass die Basiskonzepte kontinuierlich weiter entwickelt werden und einzelne Themenfelder jeweils auf unterschiedliche Weise Beiträge zur Entwicklung dieser Basiskonzepte leisten.

Basiskonzept	TF 1	TF 2	TF 3	TF 4	TF 5	TF 6	TF 7	TF 8	TF 9	TF 10	TF 11	TF 12
Energie												
System												
Teilchen-Materie/Stoff												
Struktur-Eigenschaft-Funktion												
Chemische Reaktion												
Wechselwirkung												
Entwicklung												

Basiskonzept verpflichtend



Basiskonzept fakultativ



Abb. 2: Entwicklung von Basiskonzepten

Die Darstellung macht deutlich, dass in diesem Themenfeld keine gezielte Weiterentwicklung eines bestimmten Basiskonzeptes vorgesehen ist, sondern dass vielmehr die im vorangegangenen Unterricht bereits entwickelten Basiskonzepte zur Erklärung der Phänomene bzw. Funktionsweisen herangezogen werden sollen. Je nach gewählter Schwerpunktsetzung und angestrebtem Vertiefungsgrad werden dabei bekannte Aspekte aufgegriffen und vertieft oder es werden neue Aspekte erarbeitet und damit das Wissen zu dem bzw. den betreffenden Basiskonzepten erweitert.

Die folgenden Abbildungen zeigen an zwei Beispielen auf, wie bei der Betrachtung unterschiedlicher Sensoren bzw. der dabei maßgeblichen Mechanismen zur Signalerzeugung unterschiedlich viele Basiskonzepte bei der Erklärung herangezogen werden.



Abb. 3: Sensoren im Alltag - Basiskonzepte

1.5 Didaktische Anmerkungen

Didaktische Schwerpunktsetzung dieses Themenfeldes

Das Themenfeld 11 soll die Möglichkeit bieten, Inhalte der vorangegangenen Themenfelder zu vertiefen und zu vernetzen. Insbesondere soll den Lernenden bewusst werden, dass sie mit dem bisher erworbenen, an Basiskonzepte angebundenen Wissen in der Lage sind, auch Funktionsprinzipien von auf den ersten Blick sehr komplex erscheinenden Geräten zu verstehen.

Der Unterricht zu Themenfeld 11 sollte also nicht das Ziel anstreben, möglichst viele verschiedene Sensoren kennenzulernen. Ebenso wenig ist daran gedacht, elektronische Bauteile und Schaltungen in den Mittelpunkt des Unterrichts zu stellen. Vielmehr sollten die Lernenden an ausgewählten Beispielen die Gelegenheit erhalten zu erkennen, dass bzw. wie in Sensoren physikalische Effekte auf geschickte Weise genutzt werden, um Informationen aus der Umwelt in elektrisch bzw. elektronisch verarbeitbare Signale zu „übersetzen“. Dazu können geeignete, didaktisch reduzierte Analogie- bzw. Demonstrationsexperimente eingesetzt werden, an denen das grundlegende Funktionsprinzip (z. B. Induktion, Widerstandsänderung etc.) gut erkennbar ist. Die Lernenden erhalten auf diese Weise die Gelegenheit, ihr im vorangegangenen Unterricht erworbenes Wissen anzuwenden und ein Verständnis für das hinter der Funktionsweise des Sensors stehende Prinzip zu entwickeln.

Ein weiteres Ziel des Unterrichts liegt in der bewussten Auseinandersetzung mit dem Aspekt der Reduktion von Komplexität. Den Lernenden sollte hierbei deutlich gemacht werden, dass und wie man komplexe Sachverhalte durch Reduktion auf das Wesentliche und durch Zurückführung auf Basiskonzepte verständlich und nachvollziehbar darstellen kann. Dadurch können sie in die Lage versetzt werden, im weiteren Verlauf des Unterrichts ihre eigenen Ergebnisse von Recherche-Aufgaben zu Sensoren adressatengerecht für ihre Mitschülerinnen und Mitschüler darzustellen.

Begriffsklärung: Was ist ein Sensor? (Sensoren als Unterrichtsgegenstand)

Als Sensor wird im Rahmen dieses Themenfeldes jedes technische Bauteil angesehen, das dazu dient, Informationen aus der Umwelt in elektrisch bzw. elektronisch verarbeitbare Signale umzuformen. Als Informationen aus der Umwelt werden bestimmte Größen wie Temperatur, Druck, Beschleunigung, Helligkeit, usw. über geeignete physikalische Effekte erfasst und als elektrisches Signal weitergegeben. In diesem Sinne ist also z. B. ein Mikrophon ebenso ein Sensor wie z. B. ein lichtabhängiger Widerstand (LDR) oder aber ein Temperaturfühler.

Alltagsbezug: Wo überall spielen Sensoren eine Rolle?

In unserer hochtechnisierten Umgebung sind Sensoren in großer Zahl und in vielfältigen Geräten im Einsatz. So findet man in einem modernen Auto eine Vielzahl von Sensoren wie z. B. Lichtsensor (automatisches Ein- und Ausschalten des Abblendlichts), Entfernungssensor (Einparken), Drucksensoren (Öldruck, Sitzbelegung), Geschwindigkeitssensor, Drehzahlsensor, Temperatursensor, Beschleunigungssensoren, ABS-Sensor oder Regensensor. In Haushaltsgeräten wie der Waschmaschine oder der Spülmaschine finden sich Sensoren für Temperatur, Wasserstand, Füllmenge, Verschmutzungsgrad usw. Wohnungen und Häuser sind zum Teil mit Bewegungssensoren, Temperatursensoren, Windmessern und Erschütterungssensoren ausgestattet, und das allgegenwärtige Smartphone verfügt z. B. über Fingerabdrucksensor, Beschleunigungssensor, Magnetfeldsensor, Gyroskop, Helligkeitssensor und vieles mehr. Weitere Beispiele für den Einsatz von Sensoren finden sich u. a. in Geräten der Medizintechnik, in Fitnessgeräten und zum Teil auch bereits in Möbeln.

Arten von Sensoren

Die Bezeichnung von Sensoren erfolgt auf ganz unterschiedliche Weise und lässt noch keinen Rückschluss auf das Funktionsprinzip zu. Teils wird in der Bezeichnung die Messgröße genannt (Temperatursensor, Drehzahlsensor), teils der Zweck (ABS-Sensor, Fingerabdrucksensor) oder ein zu messendes Phänomen (Regensensor, Windsensor). In vielen Fällen gibt es dabei für den gleichen Zweck eine Vielzahl an Realisierungsmöglichkeiten, bei denen unterschiedliche physikalische Effekte genutzt werden. So könnte z. B. ein Drehzahlsensor auf der Grundlage induktiver, kapazitiver oder auch optischer Effekte seine Signale erhalten. Da es bei der unterrichtlichen Umsetzung vor allem um eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Funktionsprinzip und damit dem zu Grunde liegenden physikalischen Effekt geht, sollte eine Auswahl nach ebendiesem Kriterium erfolgen. Um diesbezüglich eine Entscheidungshilfe für die Unterrichtsplanung zu geben, werden im folgenden Kapitel einzelne Sensortypen vorgestellt und Vorschläge zur didaktischen Reduktion sowie zur Demonstration des grundlegenden Funktionsprinzips gemacht. Dabei wird auf folgende Sensortypen eingegangen:

- Resistive Sensoren
- Induktive Sensoren
- Kapazitive Sensoren
- Elektret-Sensoren
- Piezoelektrische Sensoren
- Optische Sensoren

Resistive Sensoren

Grundlage für das Funktionsprinzip resistiver Sensoren ist die Änderung des elektrischen Widerstandes in Abhängigkeit von Veränderungen einer Messgröße. Zur Klärung der Funktionsweise dieses Sensortyps kann Konzeptwissen aus Themenfeld 9 aufgegriffen werden. Dort wurde der elektrische Widerstand als physikalische Größe bzw. Eigenschaft eines Bauteils eingeführt, die bei gegebener Spannung eine bestimmte elektrische Stromstärke bedingt bzw. bei gegebener elektrischer Stromstärke eine bestimmte Potenzialdifferenz (Spannung) hervorruft. Es wurde auch bereits die Abhängigkeit des elektrischen Widerstands von verschiedenen Faktoren thematisiert.

Ursache für die bei Sensoren genutzte Widerstandsänderung können sowohl durch Längen- und Querschnittsänderungen, durch Temperaturänderungen oder auch auf anderem Weg hervorgerufene Änderungen der Leitfähigkeit sein.

Beispiele für entsprechende resistive Sensoren sind DMS (Dehnmessstreifen), NTC (englisch Negative Temperature Coefficient Thermistor) und Kohlekörnermikrophon.

Zur Demonstration der Grundlagen dieser Funktionsprinzipien sollten möglichst einfache, aufs Wesentliche reduzierte Experimente herangezogen werden. So kann die Widerstandsänderung bei Dehnung durch ein einfaches Experiment mit einem in Salzwasser getränkten Hosengummi demonstriert werden (siehe Seite 30). Beispiele zur Demonstration der Widerstandsänderung aufgrund der Änderung der Anzahl elektrisch leitender Verbindungen oder auch anderweitig bedingter Änderungen der Leitfähigkeit werden auf den Seiten 28 ff. vorgestellt.

Induktive Sensoren

Grundlage für das Funktionsprinzip dieser Art von Sensoren ist die elektromagnetische Induktion. Die Lernenden können zur Erklärung der Funktionsweise dieses Sensortyps auf Konzeptwissen aus Themenfeld 4 sowie Themenfeld 6 zurückgreifen. Sie wissen, dass berührungslose Wechselwirkung durch Felder vermittelt wird, und haben das Grundprinzip der elektromagnetischen Induktion als Wechselwirkung zwischen sich ändernden magnetischen und elektrischen Feldern kennengelernt.

Je nach Sensortyp wird der Induktionseffekt entweder direkt oder indirekt genutzt. Bei der direkten Wirkweise wird durch die Änderung der magnetischen Feldstärke im Inneren einer Spule eine Spannung induziert und diese direkt zur Signalerzeugung verwendet. Die indirekte Wirkweise beruht auf der Änderung der Induktivität einer Spule durch relative Lageänderung zu ferromagnetischem Material bzw. zu elektrisch leitfähigem Material. Die Induktivitätsänderung wird z. B. über die Frequenzänderung eines elektromagnetischen Schwingkreises registriert und elektronisch zu einem Signal weiterverarbeitet.

Beispiele für induktive Sensoren sind Drehzahl-Sensor, ABS-Sensor und dynamisches Mikrophon.

Einfache Experimente zur Demonstration des Grundprinzips von induktiven Sensoren werden sich auf die direkte Nutzung des Induktionseffektes beziehen. Beispiele dafür werden auf den Seiten 37 f. vorgestellt.

Um das Funktionsprinzip bei der indirekten Nutzung der Induktion verstehen zu können, müssen Grundkenntnisse zum elektromagnetischen Schwingkreis genutzt werden. Da hierauf im Allgemeinen nicht zurückgegriffen werden kann, eignet sich die Untersuchung dieses Funktionsprinzips eher im Rahmen der Differenzierung für leistungsstarke Lernende.

Kapazitive Sensoren

Grundlage des Funktionsprinzips ist bei diesem Sensortyp die Änderung einer Kapazität aufgrund einer Veränderung der Geometrie des Kondensators. Diese Änderung wird durch eine geeignete Elektronikschaltung registriert und zur Signalerzeugung genutzt.

Beispiele für kapazitive Sensoren sind Kondensatormikrophon, Abstandssensor, Füllstandssensor und Drucksensor.

Das grundlegende Funktionsprinzip dieses Sensortyps, die Erzeugung eines elektrischen Signals durch Änderung der Geometrie und somit der Kapazität eines Kondensators, lässt sich mit einfachen Mitteln experimentell zeigen (siehe Seite 16).

Die Auswertung des Signals erfolgt im Allgemeinen auf indirektem Weg über die Bestimmung der Frequenzänderung eines elektromagnetischen Schwingkreises. Um das Funktionsprinzip bei dieser indirekten Nutzung verstehen zu können, müssen Grundkenntnisse zum elektromagnetischen Schwingkreis genutzt werden. Da hierauf im Allgemeinen nicht zurückgegriffen werden kann, eignet sich die tiefergehende Untersuchung dieses Funktionsprinzips eher im Rahmen der Differenzierung für leistungsstarke Lernende.

Elektret-Sensoren

Ein Elektret ist ein Material mit permanenter elektrischer Polarisierung (permanent ausgerichtete elektrische Dipole) und damit das elektrostatische Analogon zu einem Magneten. Grundlage für das Funktionsprinzip eines Elektret-Sensors ist die Veränderung des elektrischen Feldes zwischen Elektret und einer (ungeladenen) Gegenelektrode bei einer Änderung des Abstandes. Die dabei auftretenden Spannungsänderungen werden als Signal genutzt und weiterverarbeitet. Weit verbreitete Anwendungsformen für Elektret-Sensoren sind die miniaturisierten Elektret-Mikrophone in gängigen Smartphones. Zur Erklärung der Funktionsweise greifen die Lernenden auf Konzeptwissen aus den Themenfeldern 4, 5 und 6 zurück: Die berührungslose Wechselwirkung von Körpern wird durch Felder vermittelt. Das grundlegende Prinzip kann mit dem auf Seite 16 beschriebenen Experiment demonstriert werden: Die Änderung der Geometrie eines elektrischen Feldes führt zu messbaren Spannungsänderungen.

Beispiele für Elektret-Sensoren sind Elektret-Mikrophon und Strahlungssensor.

Piezelektrische Sensoren

Die Funktionsweise dieser Sensoren basiert auf dem piezoelektrischen Effekt. Dabei ändert sich die elektrische Polarisation bei der elastischen Verformung eines Festkörpers. Die damit einhergehende Ladungsverschiebung führt zum Auftreten einer Spannung zwischen verschiedenen Punkten des Festkörpers. Diese kann als Signal ausgewertet und weiterverarbeitet werden.

Beispiele für piezoelektrische Sensoren sind Tonabnehmer, Mikrofon und Drucksensor.

Optische Sensoren

Grundlage des Funktionsprinzips optischer Sensoren ist die Wechselwirkung von Licht mit Materie und die dabei auftretenden quantenmechanischen Effekte. Bei Fotozellen nutzt man den äußeren lichtelektrischen Effekt: Durch das auftreffende Licht werden Elektronen freigesetzt, was das Auftreten einer Spannung bzw. eines elektrischen Stromes zur Folge hat. Bei LDR (Light Dependent Resistor, Fotowiderstand) nutzt man den inneren lichtelektrischen Effekt: In einem Halbleiter werden durch die Wechselwirkung mit Licht mehr Ladungsträger freigesetzt, wodurch sich die elektrische Leitfähigkeit erhöht bzw. sich der elektrische Widerstand verringert. Beispiele für Möglichkeiten zur Elementarisierung des Grundprinzips sowie zur Differenzierung finden sich auf den Seiten 17 sowie 34 f.

Beispiele für optische Sensoren sind Regensensor, Kamerasensor und Barcodeleser.

Veranschaulichen von Grundprinzipien durch einfache Experimente

Die Grundlage für das Funktionsprinzip eines kapazitiven Sensors oder aber auch eines Elektret-Sensors kann mit Hilfe eines einfachen Experimentes demonstriert werden. Dazu werden die Platten eines Experimentierkondensators mit den Anschlüssen eines elektrostatischen Voltmeters verbunden. Nun wird eine Platte mit Hilfe eines geriebenen Kunststoffrohrs elektrisch geladen. Das Messgerät zeigt eine Potenzialdifferenz an. Zieht man nun die Platten auseinander, so beobachtet man eine Zunahme des Zeigerausschlags – die Potenzialdifferenz wird größer. Schiebt man sie wieder auf den ursprünglichen Abstand zusammen, so geht der Zeigerausschlag wieder auf den Anfangswert zurück. Die Veränderung des Plattenabstandes bewirkt also ein elektrisches Signal.

Hinweis: Statt des statischen Voltmeters kann auch ein Elektroskop verwendet werden.

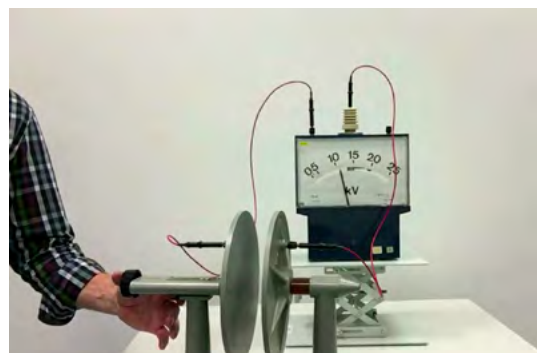
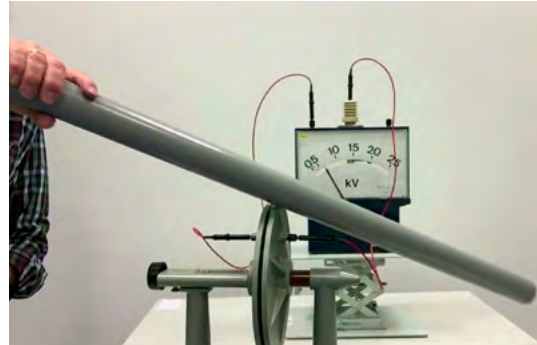


Abb. 4: Funktionsprinzip eines kapazitiven Sensors

Weitere Beispiele für einfache Experimente zur Veranschaulichung von Grundprinzipien, etwa des Dehnungsmessstreifens oder eines Drucksensors, finden sich in den Unterrichtsbeispielen in dieser Handreichung.

Differenzierung/unterrichtliche Umsetzung auf unterschiedlichen Komplexitätsniveaus

Durch geeignete Auswahl der Beispiele sowie der angestrebten Erklärungstiefe kann der Unterricht auf unterschiedlichen Komplexitätsniveaus gestaltet werden. Im Folgenden wird dies an zwei Beispielen aufgezeigt.

Beispiel 1: Das Tauchspulenmikrophon (geringe Erklärungstiefe, Beschränkung auf ein Basiskonzept)

Um die Funktionsweise eines Tauchspulenmikrophons zu erklären, können Vorkenntnisse genutzt werden, die die Lernenden in vorangegangenen Themenfeldern unter dem Blickwinkel des Basiskonzepts Wechselwirkung kennengelernt haben. Durch die Wechselwirkung der Schallwellen mit der Membran beginnt diese zu schwingen (Vorkenntnisse aus Themenfeld 1). Dadurch schwingt die an der Membran befestigte Spule im Magnetfeld des Permanentmagneten. Die elektromagnetische Induktion führt zu einer veränderlichen Spannung zwischen den Anschlüssen der Spule (Vorkenntnisse aus Themenfeld 6), die als Signal an den Verstärker übertragen wird.

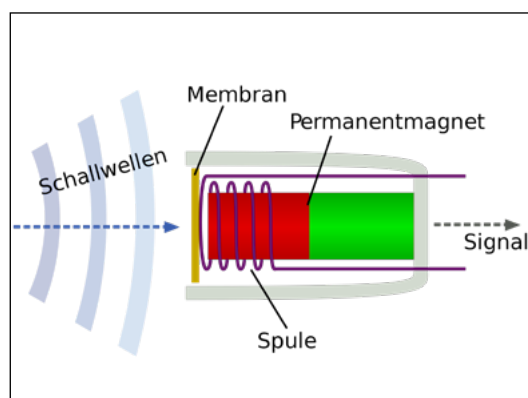


Abb. 5: Tauchspulenmikrophon
Arne Nordmann (norro) (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tauchspulenmikrofon.svg>), „Tauchspulenmikrophon“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

Beispiel 2: Der Lichtsensor (variable Erklärungstiefe, Aufgreifen und Erweitern von bis zu vier Basiskonzepten)

Als Lichtsensor kommen verschiedene elektronische Bauteile infrage, insbesondere Fotodioden und Fotowiderstände (LDR – Light Dependent Resistor). Die Funktionsweise von Lichtsensoren kann auf verschiedenen Komplexitätsniveaus erklärt werden. In der einfachsten Variante wird ein Lichtsensor als eine Art automatischer Schalter angesehen, der bei Beleuchtung einen elektrischen Strom ermöglicht. Etwas tiefer gehend kann man ihn als ein Bauteil betrachten, dessen elektrischer Widerstand bei Lichteinfall geringer wird (oder dessen Leitfähigkeit sich bei Lichteinfall erhöht).

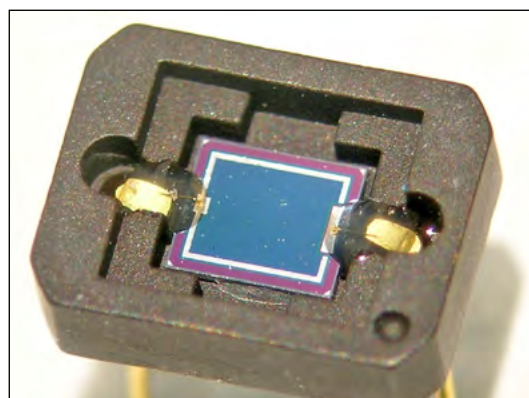


Abb. 6: Fotodiode
John Maushammer, took this picture on Aug 2, 2006. (user Morcheeba) (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photodiode-closeup.jpg>), „Photodiode-closeup“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/legalcode>

Eine Erklärung auf diesem Komplexitätsniveau greift Vorkenntnisse aus Themenfeld 2 (Wechselwirkung von Licht und Materie) sowie aus Themenfeld 9 (Elektrizität im Basiskonzept System) auf.

Die Betrachtung des Lichtsensors bietet jedoch auch die Möglichkeit der Erweiterung von bisherigem Wissen. So kann zum Beispiel eine Erweiterung des Basiskonzepts Teilchen-Materie/Stoff erfolgen, wenn die innere Struktur des Sensors und insbesondere der atomare Aufbau von Halbleitern thematisiert wird. Bei der Erklärung der Freisetzung von Elektronen durch einfallendes Licht wird das Basiskonzept Energie auf der Ebene atomarer Vorgänge herangezogen.

2 UNTERRICHTSBEISPIELE

An einem möglichen Unterrichtsgang (UG) wird gezeigt, wie das elfte Themenfeld kompetenz- und konzeptorientiert im Rahmen sinnstiftender Kontexte umgesetzt werden kann.

2.1 Vorüberlegungen

Zentrale Inhalte des Themenfelds und Zusammenhänge mit anderen Themenfeldern

Sensoren sind in unserem Alltag allgegenwärtig, werden aber meist nicht wahrgenommen. Ihre Aufgabe ist das Umwandeln von beliebigen Messgrößen (Temperatur, Helligkeit, Geschwindigkeit etc.) in elektrische Größen (Spannung, Stromstärke oder Signale), so dass diese erfasst und verarbeitet werden können. Das kann der einfachen Datenerfassung dienen (z. B. Geschwindigkeit oder Temperatur), oder auch dazu, in technischen Konstruktionen weitere Vorgänge zu regulieren sowie Prozesse für den Bediener zu erleichtern oder zu automatisieren (ABS, Belichtungssteuerung, automatisches Einparken etc.).

Die Vielfalt der Sensoren ist sehr groß, es lassen sich aber wenige Grundprinzipien darstellen, mit denen die Funktionsweise erklärbar wird. Vielfach reicht dazu bereits die Physik aus, die in den bisherigen Themenfeldern behandelt wurde. Infolgedessen eignet sich das Thema Sensoren in besonderem Maß dazu, die grundsätzlichen Konzepte der Physik an konkreten Anwendungen zu wiederholen und zu vertiefen.

In den vorherigen Kapiteln dieser Handreichung sind verschiedene Sensoren und ihre Funktionsweise beschrieben, zum Teil auch mit Hinweisen auf unterrichtlich geeignete Elementarisierungen und Darstellungen. In diesem Kapitel soll exemplarisch ein möglicher Unterrichtsgang beschrieben werden, in dem diese Darstellungen eingesetzt werden können.

Konkret können folgende Arten von Sensoren direkt mit früheren Themenfeldern verknüpft werden:

- Induktive Sensoren (z. B. Drehzahlmessung, ABS, aber auch dynamisches Mikrophon) → In den Themenfeldern 4 und 6 werden Wechselwirkung über Felder und Induktion thematisiert.
- Resistive Sensoren (z. B. Kraftsensoren, Drucksensoren) → In Themenfeld 9 wird der Widerstand in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren thematisiert.
- Halbleitersensoren (z. B. NTC-Temperatursensoren und LDR-Lichtsensoren, aber auch CCD-Fotodetektoren) → In Themenfeld 9 können Leitungsprozesse in Stoffen behandelt werden, zudem ist die Absorption von Energie (thermisch oder über Strahlung) in den Themenfeldern 1, 2, 5 und möglicherweise auch 8 Unterrichtsgegenstand.
- Kapazitive Sensoren (z. B. Touchscreen, Beschleunigungssensoren, aber auch in den meisten Mikrophonen und Ultraschall-Entfernungsmessern) greifen auf Wechselwirkung und den Feldbegriff (Themenfelder 4, 5 und 6) zurück, erfordern aber zusätzliche Informationen und sind daher gerade im Bereich der Differenzierung sinnvoll einzusetzen.

Im Zentrum des Themenfelds steht also weniger das Experimentieren mit Sensoren als das Verstehen der Funktionsweise von Sensoren zur Festigung und Anwendung bereits grundsätzlich behandelter Fachkonzepte. Das kann durch Umgang mit Funktionsmodellen, durch geeignete Darstellungen und Recherche erreicht werden. Gerade bei der Recherche ist allerdings zu bedenken, dass die Darstellungen und Erklärungen im Internet meist auf einer Ebene sind, die ein Verständnis ohne weiteres Vorwissen nicht ermöglichen. Dieses sollte also im Unterricht aufgebaut werden, um damit eine zielführende und verständige Recherche zu ermöglichen. Die Verwendung geeignet elementarisierter Darstellung der Funktionsprinzipien ist hierbei hilfreich. Der dargestellte Unterrichtsgang orientiert sich an diesen Gedanken.

Grundsätzliches zu dem vorgestellten Unterrichtsgang

Der hier vorgestellte Unterrichtsgang „Sensoren am und im Auto“ geht im Sinn des Lehrplans und einer zeitgemäßen Didaktik von einem alltäglichen Kontext aus, da eine rein fachlich angesetzte Behandlung des Themas (etwa eine katalogisch orientierte Behandlung einer Auswahl von Sensoren als Signalwandler diverser Messgrößen) gerade hier naheliegende Alltagserfahrungen ausblendet.

Der für Schülerinnen und Schüler wohl naheliegendste Kontext zu Sensoren ist mit Sicherheit das Smartphone. Dieses besitzt eine Vielzahl von Sensoren, deren täglicher Einsatz gut zur Motivation des Themas verwendet werden kann: Der Helligkeitssensor sorgt für das Abblenden des Displays, der Lagesensor wird bei Spielen oder zur Orientierung des Bildschirms eingesetzt, der Touchscreen ist ein kapazitiver Sensor, das Mikrophon üblicherweise ebenfalls (Elektret-Mikrophon). Darüber hinaus gibt es Beschleunigungssensoren, oft sogar Sensoren für Magnetfeld und Luftdruck. Ein Problem dieses Kontexts stellt allerdings die unterrichtliche Umsetzung dar. Die aufgeführten Sensoren beschränken sich auf kapazitive Sensoren und Halbleiter und sind damit gerade diejenigen, die sich nicht ohne weiteres auf bereits im Physikunterricht behandelte Fachkonzepte zurückführen lassen. Zudem können die aufgeführten Sensoren aufgrund der miniaturisierten Bauweise nicht im Original gezeigt werden.

Andere Kontexte wie Medizintechnik und Fitnesstracker haben im Prinzip die gleiche Einschränkung. Das Thema „Smart Home – Sensoren im Haus“ könnte das Spektrum besser abdecken, die meisten Haushalte sind aber wohl noch nicht so ausgerüstet. „Sensoren in der Schule“ könnte hier eine Alternative darstellen, sofern diese vorhanden sind.

Der hier vorgestellte Kontext „Sensoren am und im Auto“ bietet Sensoren zu allen oben genannten Fachkonzepten in verschiedenen Anwendungen, so dass sowohl in der Breite als auch in der Tiefe differenziert werden kann. Gerade die resistiven und induktiven Sensoren lassen sich gut zum Einstieg nutzen und leicht in Funktionsmodellen darstellen.

Weiteres Material zur Sensorik im Physikunterricht, das sich auch im Rahmen des hier dargestellten Unterrichtsgangs als Variation oder Ergänzung verwenden lässt oder andere Unterrichtsgänge ermöglicht, findet sich z. B. an folgenden Stellen:

Auf den Seiten der Ludwig-Maximilians-Universität München unter <http://www.didaktik.physik.lmu.de/materialien/sensorik/index.html>

Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule Themenheft „Sensorik“, PdN 7/61 Oktober 2012

Naturwissenschaften im Unterricht Physik Themenheft „Sensoren“, NiU Ph 91 1/2006

2.2 Vorschlag für einen Unterrichtsgang

Ausgehend von der Erkundung des Unterrichtsgegenstands wird zunächst im Klassenverband das Grundprinzip der Sensorik an einem Beispiel verdeutlicht. Anschließend werden in Einzel- oder Gruppenarbeit andere Beispiele mit geeignet elementarisierten Materialien und Modellen erarbeitet. Zum Abschluss werden von den Schülerinnen und Schülern weitere Sensoren aus anderen Kontexten recherchiert und mit Hilfe des erworbenen Wissens auf das Grundprinzip reduziert dargestellt.

TF 11	Sequenz	Schwerpunkt	Tätigkeiten/Lernprodukte
UG: Sensoren am und im Auto	S1: Sensoren am und im Auto	Eröffnen des Kontexts und Bewusstmachung der vielfach vorhandenen Sensoren mit ihren Aufgaben, Grundprinzip der Sensorik (1 Unterrichtsstunde)	 Einstiegsaufgabe und Diskussion zur Eröffnung des Kontexts - Film oder Artikel zu selbstfahrenden Autos oder der Zukunft des Autos - Material zu einem Steuerungssystem am Auto, z. B. Einparkhilfe - Leitfrage: „Was wird benötigt, um etwas automatisch zu steuern?“  Darstellen des Grundprinzips der Sensorik: Umwandlung einer Messgröße in ein elektrisches Signal zur weiteren Verarbeitung  Sammlung und Übersicht von vorhandenen Sensoren am Auto
	S2: Bearbeiten eines Sensors im Klassenverband	Grundprinzip eines Sensors auf bekannte Fachkonzepte zurückführen (2 Unterrichtsstunden)	⤴ Der einfachste Sensor: Bau und Dokumentation des Kontaktschalters am Beispiel des Gurtschlosses ⤴ Der Drucksensor im Autositz: Dokumentation der Funktionsweise des resistiven Drucksensors im Autositz und Bau eines Funktionsmodells in zwei Varianten
	S3: Bearbeiten weiterer Sensortypen im Auto (Gruppe)	Experimentieren zu oder mit einem Sensor und Bearbeiten von Aufgaben zum Funktionsprinzip (3-4 Unterrichtsstunden)	Aufgaben und Experimente zu ⌚ Lichtsensor (LDR, Halbleiter, Konzept Aufbau der Materie) ⌚ Temperatursensor (NTC, Halbleiter, Konzept Aufbau der Materie) ⌚ Drehzahlmesser (induktiv, Konzept Wechselwirkung) ⌚ ABS (induktiv, Konzept Wechselwirkung) ⌚ Elektret-Mikrophon (kapazitiv, Konzept Wechselwirkung) ⌚ Abstandssensor: Piezoelement (kapazitiv, Konzept Wechselwirkung) (Auswahl)
	S4: Dekontextualisierung: Sensoren überall	Recherchieren und Präsentieren zur Funktion und Anwendung verschiedener anderer Sensoren unter Einbringen des erarbeiteten Wissens (2-4 Unterrichtsstunden)	👤 Sammeln weiterer Anwendungen von Sensoren außerhalb des Kontexts „Auto“ 👤 Recherche: Sammeln und Beschreiben von Sensoren, die nach einem der behandelten Prinzipien arbeiten 👤 Darstellung eines behandelten Sensors als „Steckbrief“ und Präsentation (Gruppenpuzzle, Posterausstellung, Referate) 👤 Evtl. Diskussion zur Sinnhaftigkeit bzw. Nutzen und Risiken beliebiger Datenerhebung

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 1 „Sensoren am und im Auto“

Schwerpunkt:

- Eröffnen des Kontexts
- Bewusstmachung der vielfach vorhandenen Sensoren mit ihren Aufgaben
- Grundprinzip der Sensorik verdeutlichen

Aktivitäten und Lernprodukte:

	Einstiegsaufgabe und Diskussion zur Eröffnung des Kontexts
	- Film oder Artikel zu selbstfahrenden Autos oder der Zukunft des Autos
	- Material zu einem Steuerungssystem am Auto, z. B. Einparkhilfe
	- Leitfrage: „Was wird benötigt, um etwas automatisch zu steuern?“
	Darstellen des Grundprinzips der Sensorik: Umwandlung einer Messgröße in ein elektrisches Signal zur weiteren Verarbeitung
	Sammlung und Übersicht von vorhandenen Sensoren am Auto

Die **Eröffnung des Kontexts** kann anhand von geeignetem Material gestaltet werden. Dabei kann z. B. von aktuell existierendem Material ausgegangen werden (Zeitungsartikel oder Filmbeitrag), in dem das selbstfahrende Auto beschrieben wird.

Ein zum Thema passender Film findet sich z. B. unter https://www.youtube.com/watch?v=RY1WHUfT_zk.

Alternativ kann auch ein einzelnes Assistenzsystem oder Steuerungssystem in den Blick genommen werden, z. B. die Einparkhilfe.

Ein geeigneter Film findet sich z. B. unter https://www.youtube.com/watch?v=vDO_il47aVo,

ein Artikel unter <http://www.sueddeutsche.de/auto/neue-einparkhilfen-im-auto-mut-zur-luecke-1.1901212>.

Der Wikipedia-Artikel kann hier ebenfalls eine Grundlage für einen vereinfachten Lesetext unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Einparkhilfe> liefern.

Anschließend kann unter der Leitfrage „Was wird benötigt, um etwas automatisch zu steuern?“ bzw. „Welche Bauelemente benötigt eine Einparkhilfe?“ herausgestellt werden, dass immer ein Sensor nötig ist, der Information aus der Umwelt (Abstand, Temperatur, Geschwindigkeit etc.) in ein verarbeitbares Signal übersetzt, um damit beispielsweise eine Schaltung zu steuern (etwa zum Auslösen akustischer Signale, zur Temperaturanpassung oder zum Abbremsen). Dazu ist es sinnvoll, weitere Beispiele zu sammeln und auf diesen Zusammenhang hin zu betrachten.

Es handelt sich hier um das **Grundprinzip der Sensorik** (sowie der damit zusammenhängenden Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik), das sich als Tafelbild darstellen lässt:

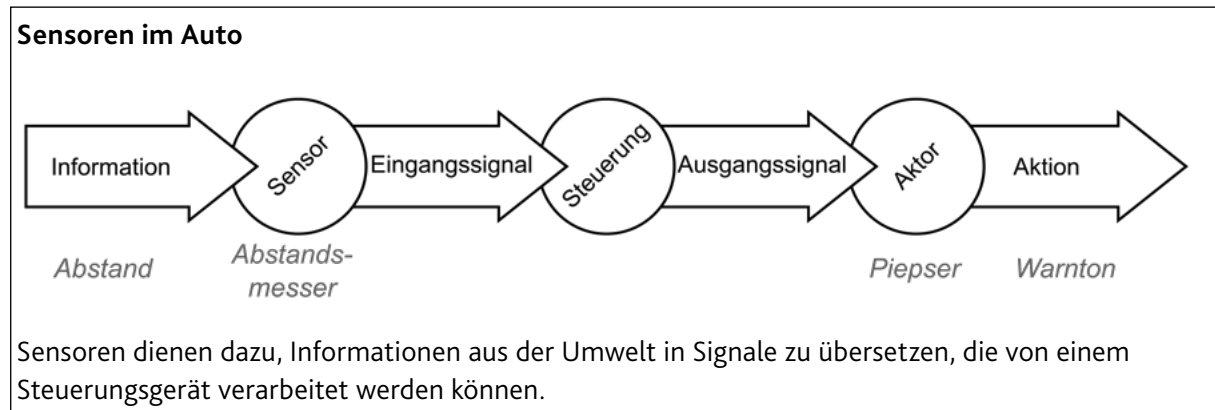


Abb. 7: Tafelbild zu Sensoren im Auto

Eine mögliche Aufgabe kann nun darin bestehen, weitere Sensoren im Auto (oder auch in anderen Zusammenhängen) auf die gleiche Art zu beschreiben. Differenzierend können hier einzelne Beispiele vorgegeben oder sogar in Textform beschrieben werden, so dass die Aufgabe darin besteht einen Wechsel der Darstellungsform vom Text zum Diagramm vorzunehmen.

Aktoren sind (in Umkehrung zu den Sensoren) Wandler, die elektrische Werte in mechanische Bewegungen oder andere Größen wandeln (z. B. in akustische Signale).

Abschließend ist es sinnvoll, die gesammelten **Sensoren am Auto in einer Übersicht** darzustellen bzw. eine Abbildung zu präsentieren, die Sensoren am Auto zeigt. Eine Bildersuche im Internet zu „Sensoren am Auto“ liefert schnell viele Ergebnisse. Es ist dabei zwar sicherlich erhellend, wenn klargemacht wird, wie viele Sensoren sich in einem Auto befinden, allerdings sollte man an dieser Stelle nicht versuchen, alle Sensoren im Einzelnen zu beschreiben, sondern darauf verweisen, dass im Folgenden einzelne davon in den Blick genommen werden. Wesentliche, von den Lernenden bislang noch nicht genannte Sensoren (vor allem die für den späteren Unterricht vorgesehenen), sollten allerdings aufgezeigt werden, vor allem, da einige Sensoren möglicherweise nicht offensichtlich sind (z. B. ABS).

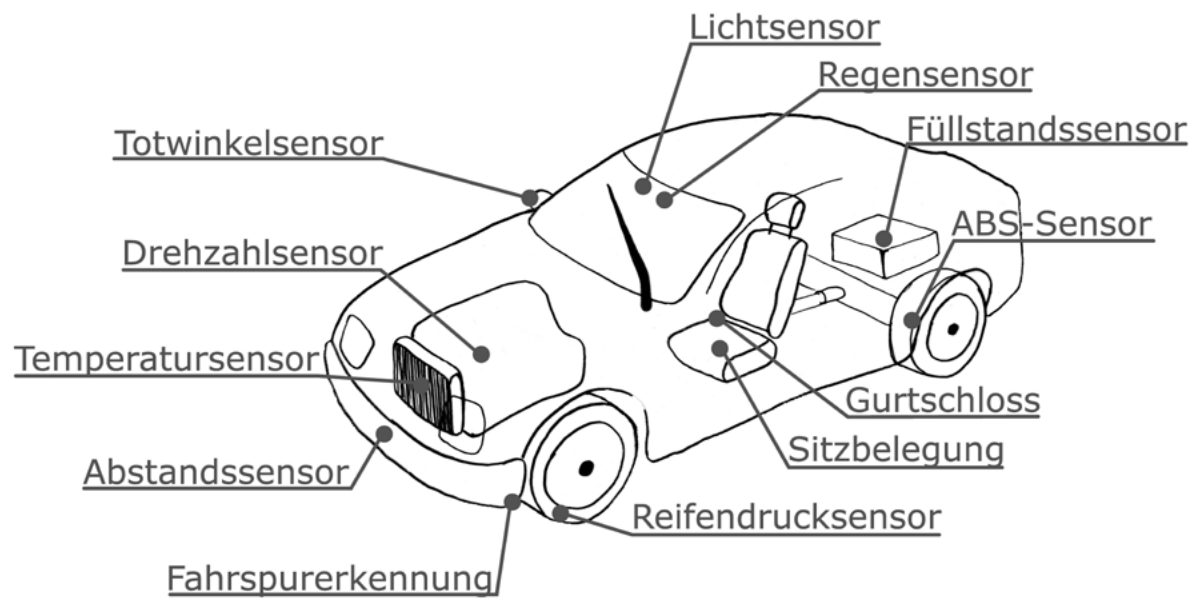


Abb. 8: Sensoren am Auto

LE: Sammlung von Sensoren am Auto und Herausarbeiten des Grundprinzips der Sensorik	
Kompetenz Schülerinnen und Schüler modellieren das Prinzip der Sensorik durch Beschreibung von Beispielen.	Konzeptbezogenes Fachwissen Sensoren wandeln Informationen aus der Umwelt in elektrische Werte zur weiteren Verarbeitung um.
Lernprodukt - Darstellung des Grundprinzips der Sensorik an mehreren Beispielen - Übersicht über Sensoren am Auto	Differenzierung - Einstiegsmaterial auf verschiedenem Niveau - Vorgabe von Sensoren zur Darstellung im Diagramm, mögliche Entlastung durch Beschreibung in Textform
Materialien und Literatur Einstiegsmaterialien: https://www.youtube.com/watch?v=RY1WHUfT_zk (Film zur Zukunft des Automobils) https://www.youtube.com/watch?v=vDO_il47aVo (Film zur Einparkhilfe) http://www.sueddeutsche.de/auto/neue-einparkhilfen-im-auto-mut-zur-luecke-1.1901212 (Artikel zur Einparkhilfe) https://de.wikipedia.org/wiki/Einparkhilfe Bilder zu Sensoren am Auto: http://www.kfztech.de/kfztechnik/elo/sensoren/sensoren_uebersicht.jpg http://news-prettl.com/wp-content/uploads/2016/03/Auto-DE.png http://www.engineersonline.nl/wosimages/nieuws_16185_17864_item_original.jpg https://images.gutefrage.net/media/fragen-antworten/bilder/31437308/0_original.jpg?v=1322645105000	

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 2 „Bearbeiten eines Sensors im Klassenverband“

Schwerpunkt:

- Grundprinzip eines Sensors auf bekannte Fachkonzepte zurückführen

Aktivitäten und Lernprodukte:

- ⤴ Der einfachste Sensor: Bau und Dokumentation des Kontaktschalters am Beispiel des Gurtschlosses
- ⤴ Der Drucksensor im Autositz: Dokumentation der Funktionsweise des resistiven Drucksensors im Autositz und Bau eines Funktionsmodells in zwei Varianten

Im Folgenden wird zunächst an einem Beispiel gemeinsam das Funktionsprinzip eines Sensors auf ein bekanntes physikalisches Prinzip zurückgeführt, bevor weitere Sensoren gruppenweise mit dem gleichen Ziel bearbeitet werden.

Zum Einstieg in das Grundprinzip der Informationsverarbeitung eignet sich der **Sensor im Gurtschloss**, der mit einer entsprechenden Anzeige im Armaturenbrett verbunden ist.

Sinnvoll ist hier wie im Folgenden die Verwendung der eingeführten Darstellung in Diagrammform, von der aus das Funktionsprinzip näher betrachtet werden kann:

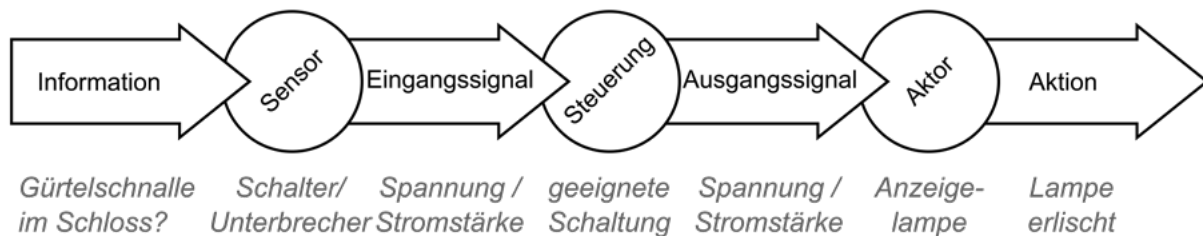


Abb. 9: Grundprinzip der Informationsverarbeitung – Gurtschlosssensor

Aus dieser Darstellung kann man sich die Schaltung prinzipiell klarmachen: Im einfachsten Fall besteht der Stromkreis aus der Anzeigelampe und einem Unterbrecher-Schalter im Gurtschloss, so dass eine Lampe erst dann erlischt, wenn der Gurt angelegt wird. Denkbar sind andere Modellierungen wie ein Schalter, der einen zur Lampe parallelen Zweig schließt oder umgekehrt eine Lampe zum Leuchten bringt, die anzeigt, dass der Gurt angelegt ist. Von der prinzipiellen Schaltung ausgehend sollte an dieser Stelle deutlich gemacht werden, dass in der realen Schaltung statt der Lampe ein Eingang der Bordelektronik das Signal bekommt etwas zu tun oder zu lassen (z. B. die Lampe verzögert zu schalten oder ein akustisches Signal dazu zu schalten). In leistungsstarken Kursen und bei ausreichender Unterrichtszeit kann zwar ein Exkurs in Elektronik und Transistorschaltungen gemacht werden, was der Realität aber auch nicht viel näher kommt, da üblicherweise ab einem bestimmten Punkt der Signalkette Digitaltechnik statt analoger Elektronik eingesetzt wird.

Bei allen folgenden Sensoren ist es sinnvoll, die dahinterliegende Elektronik von dem Sensor gedanklich abzukoppeln. Das ist insbesondere deswegen ratsam, da in den Vorstellungen vieler Schüler diese Unterscheidung zunächst nicht gemacht wird und der Sensor bereits mit einem komplexen „Computer“ gleichgesetzt wird statt mit einem Bauteil, dessen Funktion mit einfacher Physik verstanden werden kann.

Der Gurtsensor als Schalter mit genau zwei Zuständen (an/aus) ist der Ausgangspunkt für die Beschreibung weiterer Sensoren mit üblicherweise mehreren diskreten oder auch kontinuierlich veränderlichen Zuständen.

Ein Beispiel für einen Sensor mit veränderlichen Messwerten ist der Drucksensor, wie er in vielen Autositzen verbaut ist, um die Sitzbelegung zu ermitteln. Dazu gibt es Sensoren mit verschiedenen Prinzipien:

- Drucksensoren, bei denen mit zunehmendem Druck der Widerstand abnimmt, da die Zahl der elektrischen Verbindungen zunimmt (Abb. 10),
- Drucksensoren, bei denen ein stromdurchflossener elektrischer Leiter gedehnt wird und somit der Widerstand zunimmt (Prinzip Dehnungsmessstreifen),
- Piezo-Drucksensoren, bei denen der Druck auf das Sensormaterial eine Ladungsverschiebung verursacht, die als Spannungsveränderung abgegriffen werden kann.

Genauere Beschreibungen finden sich in Kapitel 1.5 dieser Handreichung.

Für den Unterricht können an dieser Stelle die beiden erstgenannten Prinzipien aufgegriffen werden, da in beiden Fällen eine Rückführung auf bereits aus dem Unterricht bekannte Zusammenhänge erfolgen kann. Dazu kann man Modellexperimente vorführen oder durchführen lassen, wie sie in Kapitel 1.5 und in HR_PH_TF11_UG_S2_Drucksensor bzw. HR_PH_TF11_UG_S2_DMS beschrieben sind. Die dort beschriebenen Modellexperimente und Aktivitäten lassen sich bei ausreichender Zeit als Schüleraktivität, ansonsten als Demonstration einsetzen.

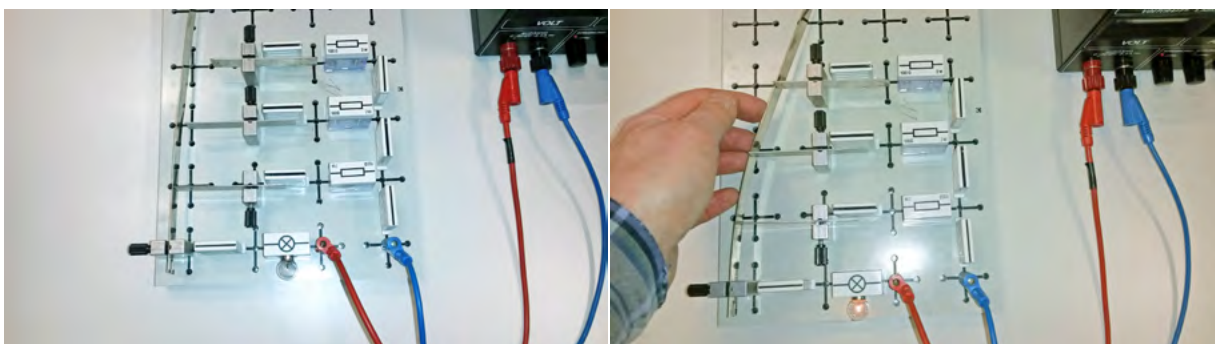


Abb. 10: Funktionsprinzip Drucksensor

Das Prinzip lässt sich an einer Schaltskizze verdeutlichen:

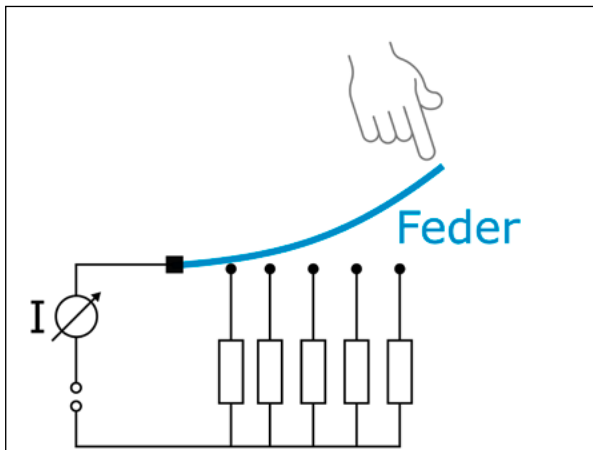


Abb. 11: Funktionsprinzip Drucksensor – Schaltskizze

Der hier beschriebene Sensor ist einfach zu verstehen und kann auf das Prinzip „höherer Druck → mehr elektrische Verbindungen“ heruntergebrochen werden, was ihn für eine Differenzierung auf einfaches Niveau geeignet macht. Die Schaltung ist außerdem mit einfachsten Mitteln (Holzbrettchen, Reißzwecken, Kohleschichtwiderstände, Batterie, Schnellhefterdeckleiste) zu realisieren und bietet sich daher auch für den Nachbau im Unterricht an.

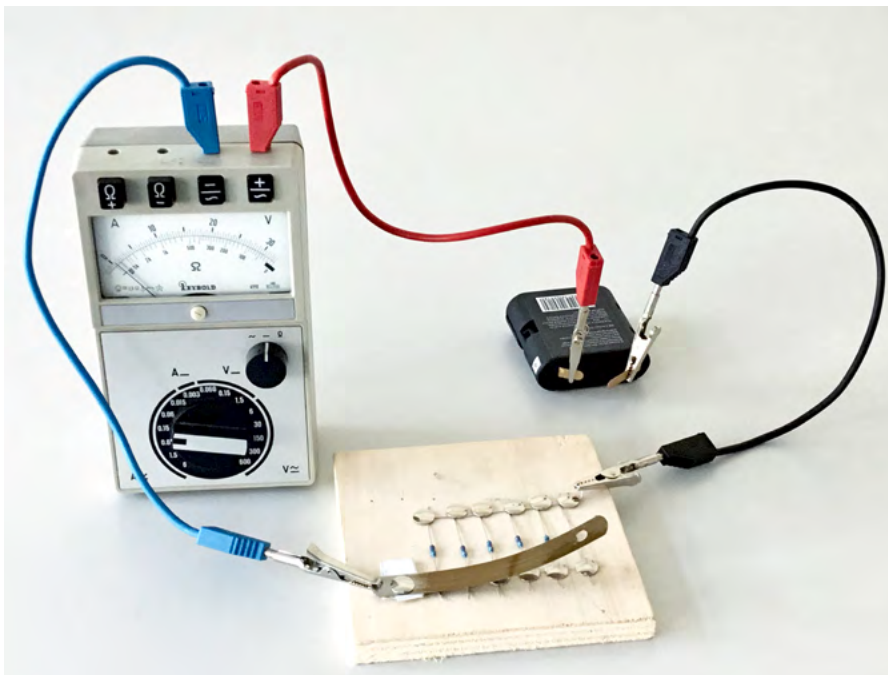


Abb. 12: Funktionsmodell Drucksensor

Gleichermaßen bietet sich die Möglichkeit einer Mathematisierung. Der Ersatzwiderstand mehrerer parallel geschalteter Widerstände kann an dieser Stelle als Wiederholung oder Ergänzung zu Themenfeld 9 behandelt werden.

Die zweite Bauart greift ebenfalls auf vorherigen Unterrichtsstoff zurück, nämlich auf den in Themenfeld 9 behandelten Zusammenhang

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

für den Widerstand eines elektrischen Leiters.

Im Regelfall wird in Themenfeld 9 an dieser Stelle wohl mit (Konstantan-)Drähten unterschiedlichen Durchmessers gearbeitet und entsprechende Abhängigkeiten untersucht. Daher ist auch ein Demonstrationsversuch, bei dem solche Drähte mechanischen Belastungen ausgesetzt werden, grundsätzlich denkbar. Im Prinzip handelt es sich hier dann auch um einen Dehnungsmesstreifen (DMS).

Die Untersuchung von Widerstandsänderungen bei Drähten ist jedoch nicht unproblematisch: Der Einfluss der Dehnung auf den Widerstand eines Drahtes ist relativ klein. Um die Änderung des Widerstands zu zeigen, ist daher im Regelfall eine Wheatstone-Brückenschaltung notwendig. Erst unter sehr großer Last – kurz vor der Zerreißgrenze – und bei hohen Stromstärken ist ohne komplexere Schaltung ein Effekt zu beobachten, wobei die Änderung des Widerstands dann auch auf die Erhitzung des Drahts zurückzuführen ist.

Eine andere Möglichkeit bietet ein in Salzwasser getränkter Hosengummi. Dieser hat von sich aus einen hohen elektrischen Widerstand, der sich durch Dehnung nochmals ausreichend stark vergrößert, um den Effekt direkt mit einem Multimeter zeigen zu können. Das Prinzip entspricht vollends der Dehnung von anderen elektrischen Leitern und veranschaulicht die Funktionsweise eines DMS verlässlich.



Abb. 13: Demonstrationsexperiment Dehnungsmesstreifen

Ein Dehnungsmessstreifen bzw. ein im Autositz eingebautes leitendes Drahtgeflecht aus elastischem Material reagiert in gleicher Weise; die dort sehr geringen Änderungen des Widerstands werden durch eine verstärkende Elektronik ausgelesen.

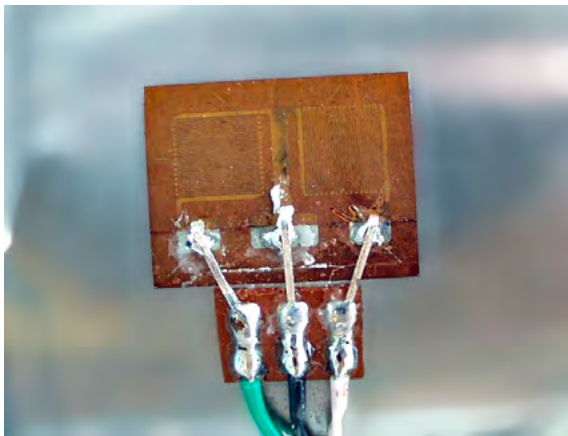


Abb. 14: Dehnungsmessstreifen

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tensometr_foliowy.jpg, Public Domain)

Weitergehende Informationen zu Dehnungsmessstreifen finden sich in den Online-Materialien (HR_PH_TF11_UG_S2_DMS_Lehrerinfo).

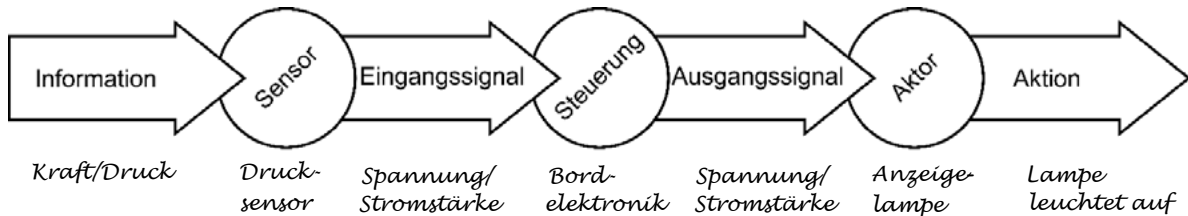
Mit Hilfe der dargestellten Modellexperimente kann verdeutlicht werden, wie Sensoren Größen im Stromkreis beeinflussen, was für die Signalverarbeitung und Steuerung weiterer Bauelemente verwendet werden kann (Ansteuerung eines Aktors, einer Anzeige, einer Elektronik).

Im dargestellten Unterrichtsgang ist an dieser Stelle die Demonstration der Experimente durch den Lehrer (oder einzelne Schülerinnen und Schüler, evtl. auch als Referat) vorgesehen, um für alle Schülerinnen und Schüler die gemeinsame Basis für die selbstständige Bearbeitung weiterer Sensoren zu schaffen.

Die Sicherung erfolgt in Form der oben eingeführten Diagramme, mittels Schaltskizzen und erläuternder Texte, die das zu Grunde liegende physikalische Prinzip nennen. Dazu kann ein „Steckbrief“ als Basis dienen, der auch im weiteren Verlauf vergleichbare Darstellungen der in Gruppen bearbeiteten Sensoren ermöglicht. (HR_PH_TF11_UG_S2_Sensorsteckbrief_blanko bzw. HR_PH_TF11_UG_S2_Sensorsteckbrief_Drucksensor)

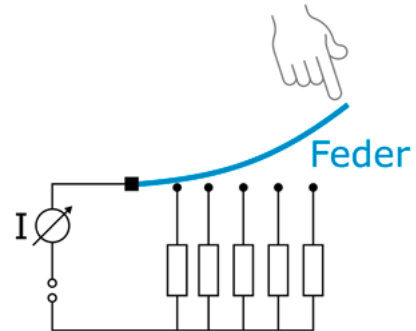
Sensortyp: Drucksensor**Anwendungen:**

Im Autositz zum Messen der Belegung, Messung von Kräften beim Zusammendrücken bei Werkzeug, ...

Signalwandlung als Diagramm:**Physikalisches Prinzip:**

Es gibt hier mehrere mögliche Bauarten, z. B.

- 1. Je stärker auf eine Fläche gedrückt wird (je größer die Kraft ist), desto mehr elektrische Verbindungen entstehen, dadurch fließt ein immer größerer elektrischer Strom.*
- 2. Je stärker ein elektrischer Leiter gedreht wird z. B. weil jemand auf dem Sitz sitzt, in dem der Leiter eingewoben ist), desto größer wird der elektrische Widerstand, da die Länge l des Leiters zunimmt und gleichzeitig der Querschnitt A abnimmt.*



Nach

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

bedeutet das, dass R zunimmt. Somit nimmt der Strom I durch den Leiter ab.

Vorteile/Nachteile

Bauart 1 kann die Stromstärke I nur stufenweise ändern, während Bauart 2 kontinuierliche Werte misst. Bei Bauart 2 muss aber zum Messen die ganz Zeit ein elektrischer Strom fließen, was energetisch ungünstig ist.

Weiteres:

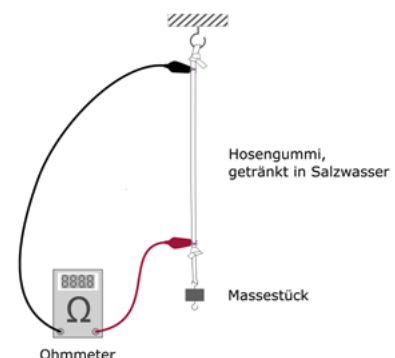


Abb. 15: Sensorsteckbrief Drucksensor

LE: Bearbeiten eines Sensors im Klassenverband	
Kompetenz Schülerinnen und Schüler nutzen das Wissen über zu Grunde liegende Wechselwirkungen, um Prinzipien bei der Signalaufnahme/-übertragung/-ausgabe zu beschreiben. ... führen Experimente mit Sensoren durch und werten sie aus. ... erschließen an einem geeigneten Beispiel die physikalischen Hintergründe.	Konzeptbezogenes Fachwissen Sensoren wandeln Informationen aus der Umwelt in elektrische Werte zur weiteren Verarbeitung um. Ströme können durch Widerstände in ihrer Stärke beeinflusst werden.
Lernprodukt - Dokumentation der Modellexperimente zum Drucksensor - Steckbrief „Drucksensor“	Differenzierung - Darstellung in verschiedener Tiefe (Von An/Aus bis zu formelhafter Darstellung) - Ein oder zwei Beispiele als Demonstration oder als Schülerexperiment
Materialien und Literatur Informationen zu Drucksensoren, Dehnungsmessstreifen und weiteren resistiven Sensoren: https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/sensorik/widerst/sen_widerstaende.pdf HR_PH_TF11_UG_S2_Drucksensor HR_PH_TF11_UG_S2_DMS HR_PH_TF11_UG_S2_DMS_Lehrerinfo HR_PH_TF11_UG_S2_Steckbrief_Drucksensor HR_PH_TF11_UG_S2_Sensorsteckbrief_blanko	

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 3 „Bearbeiten weiterer Sensortypen am Auto in Gruppen“

Schwerpunkte:

- Experimentieren zu oder mit einem Sensor
- Bearbeiten von Aufgaben zum Funktionsprinzip

Aktivitäten und Lernprodukte:

Gruppenweise Aufgaben und Experimente zu (Auswahl)

- ⌘ Lichtsensor (LDR, Halbleiter, Konzept Aufbau der Materie)
- ⌘ Temperatursensor (NTC, Halbleiter, Konzept Aufbau der Materie)
- ⌘ Drehzahlmesser (induktiv, Konzept Wechselwirkung)
- ⌘ ABS (induktiv, Konzept Wechselwirkung)
- ⌘ Elektret-Mikrofon (kapazitiv, Konzept Wechselwirkung)
- ⌘ Abstandssensor: Piezoelement (kapazitiv, Konzept Wechselwirkung)

Jede Gruppe bearbeitet einen Sensortyp, wobei zur Auswahl drei Funktionsweisen (Halbleitersensoren, induktive Sensoren und kapazitive Sensoren) stehen. Bei jeder Funktionsweise gibt es zwei Beispiele, wobei das zweitgenannte etwas komplexer/schwieriger ist, sodass eine Differenzierung möglich ist. Eine Neigungsdifferenzierung (Auswahl durch die Schülergruppen selbst mit evtl. Beratung durch die Lehrkraft) ist ebenso möglich wie andere Formen der differenzierenden Aufteilung. Jeweils sind Experimente zu oder mit dem Sensortyp ausgehend von einem Arbeitsblatt zu bearbeiten und abschließend ein Steckbrief anzufertigen (HR_PH_TF11_UG_S2_Sensorsteckbrief_blanko).

Die Präsentation der Ergebnisse kann als Vortrag oder als „Messe“ erfolgen, wo einzelne Gruppenmitglieder abwechselnd an einem Plakat (Steckbrief in groß) und weiteren Exponaten (z. B. reale Bauteile, Demonstrationsaufbauten oder weitere Materialien und Bilder) stehen und der Rest der Klasse herumgeht und sich informiert. Auch Erklärvideos bieten eine Möglichkeit der Präsentation.

Für die einzelnen Gruppen ist es sinnvoll, wenn die Lehrkraft als Coach für Fragen zur Verfügung steht bzw. den Arbeitsprozess der Gruppen überwacht und gezielt Fragen und Impulse als Hilfen einbringt.

Eine zeitliche Differenzierung besteht darin, dass zusätzliche Informationen recherchiert und im Ergebnis dargestellt werden können.

Im Einzelnen hier die Sensoren:

1. Halbleitersensoren: Lichtsensor LDR und Temperatursensor NTC

Lichtsensoren finden sich im Auto ebenso wie Temperatursensoren an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zwecken. Lichtsensoren finden sich bei der Steuerung der Anzeigehelligkeit der Instrumente ebenso wie bei einer Lichtautomatik. Temperatursensoren werden nicht nur für die Messung der Außentemperatur und zur Heizungssteuerung, sondern auch zur Überwachung der Temperatur des Kühlwassers und anderer Bauelemente verwendet.

Die beiden Sensoren eint der physikalische Hintergrund, dass beides häufig Halbleitersensoren sind. Auch ohne tieferen Einstieg in die Elektronik und den Aufbau von Halbleitern lässt sich das Funktionsprinzip auf Folgendes herunterbrechen: In Leitern sind ständig freie Ladungsträger vorhanden, in Nichtleitern dagegen nicht. In Halbleitern kann, je nach Material auf dem Träger Licht (oder Strahlung) oder Entropie, Energie zugeführt werden, wodurch zusätzliche Ladungsträger freigesetzt werden. Die dadurch steigende Stromstärke ist ein Maß für die Lichtintensität bzw. die Temperatur. Diese einfache Elementarisierung kann differenzierend beliebig vertieft werden. Dabei ist auf eine saubere Beschreibung des Energietransports und Nutzung des bis hierhin erarbeiteten Energiekonzepts zu achten.

Für die Gruppen dienen neben dem Blanko-Steckbrief (HR_PH_TF11_UG_S2_Sensorsteckbrief_blanko) die Information zu Halbleitern (HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_Info) und die entsprechenden Arbeitsblätter zu Lichtsensoren bzw. Temperatursensoren als Arbeitsgrundlage.

Die Bearbeitung des Lichtsensors (HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_LDR) beinhaltet den Aufbau von Schaltungen, bei denen durch eine Beleuchtungsänderung ein Bauteil ein- bzw. ausgeschaltet wird. Eine Vertiefung kann durch fakultative Erweiterung bis hin zu einer Transistorschaltung stattfinden.

Hinweis: Starke, lang anhaltende Beleuchtung eines LDR kann zu hohen Stromstärken und infolgedessen zu Beschädigung der Bauteile führen.

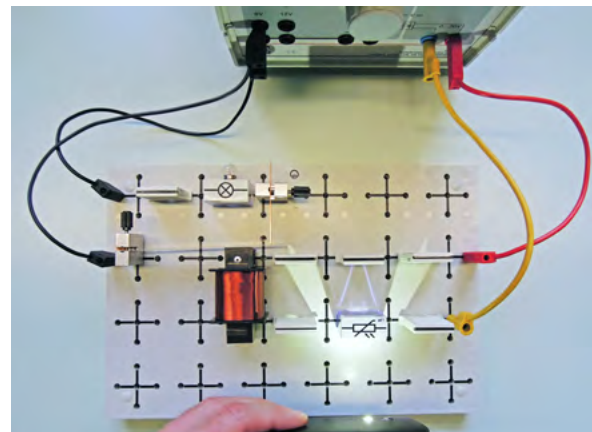
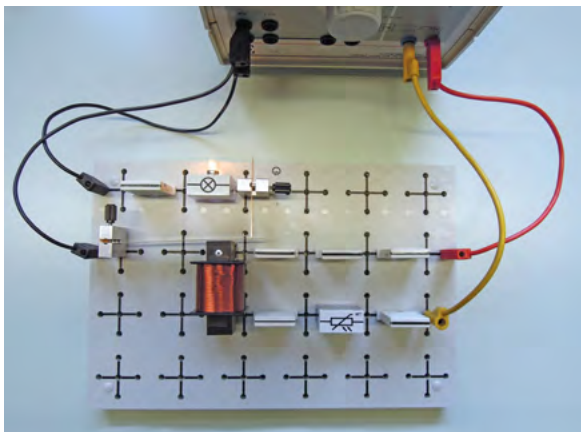


Abb. 16: Lichtsensor LDR

Die Bearbeitung des Temperaturfühlers ist etwas komplexer, da hier Messwerte aufgenommen und als Diagramm ausgewertet werden. Die Aufgabe (HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_NTC_AB) geht von einer Fragestellung zum Thermometer aus, die dazugehörigen Experimente können je nach Ausstattung oder gewünschter Durchführung mit oder ohne computergestützte Messwerterfassung durchgeführt werden (HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_NTC_Exp). Geeignete NTC sind günstig lose im Elektronikhandel erhältlich, einige bei Lehrmittelfirmen erhältliche NTC als Steckbrettelement mit angebrachtem leitenden Metallstab haben sich hier als nicht sonderlich geeignet gezeigt. Es gibt sie aber auch wie in Abbildung 17 zu sehen mit an einem Kabel ausgelagertem Fühler.

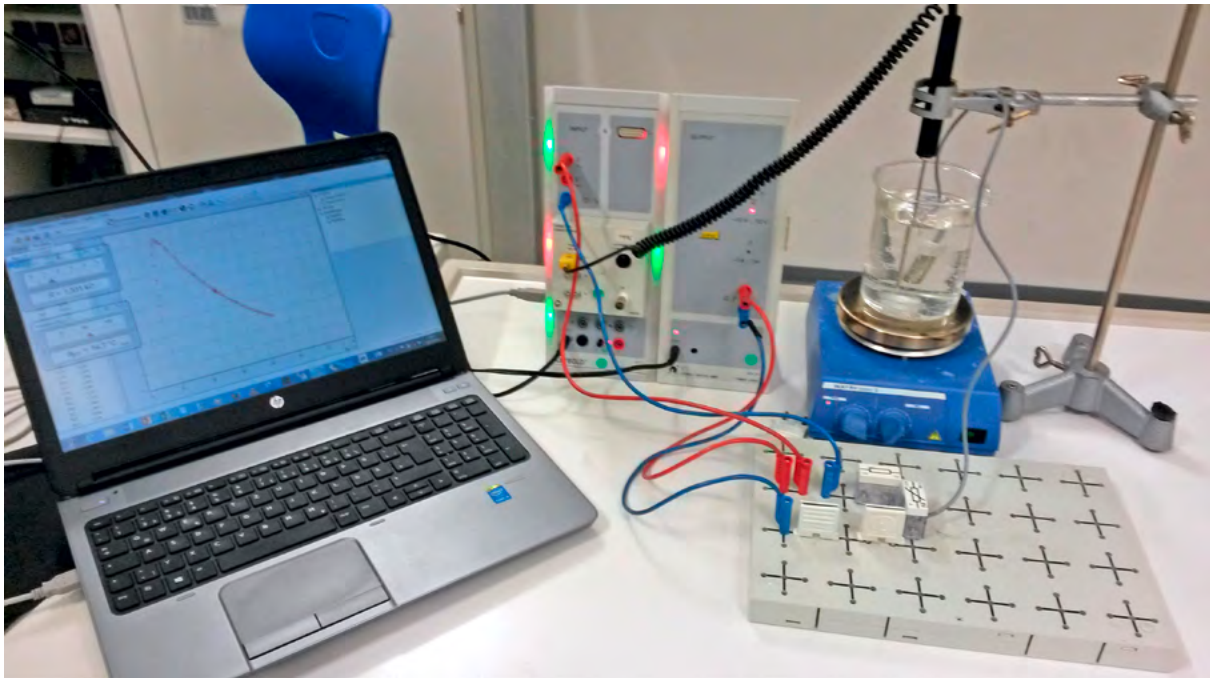


Abb. 17: Temperatursensor NTC

2. Induktive Sensoren: Drehzahlmesser, ABS-Sensor

Drehzahl- und ABS-Sensoren an Fahrzeugen sind oft induktiv ausgelegt. Dabei wird im Feld eines Magneten eine Spule angebracht. Ändert sich das Magnetfeld jetzt durch Einbringen eines Metalls, wird in der Spule eine Spannung induziert, die ausgelesen werden kann. Gerade hier wird das Verständnis für den Induktionsvorgang vertieft, da das entscheidende Induktionskriterium eben nicht die Bewegung von Magnet gegen Spule, sondern die Veränderung des Magnetfelds ist, das die Spule durchdringt. Dass das Einbringen von Eisen ins Magnetfeld dieses verändert, lässt sich in einem Experiment mit Schulmaterialien gut zeigen:

Ein Magnet wird auf einen Satz Kompassnadeln gelegt. Beim Heranführen eines Eisenstücks an einen Pol verändert sich das Magnetfeld, was an der veränderten Ausrichtung der Nadeln erkennbar wird.

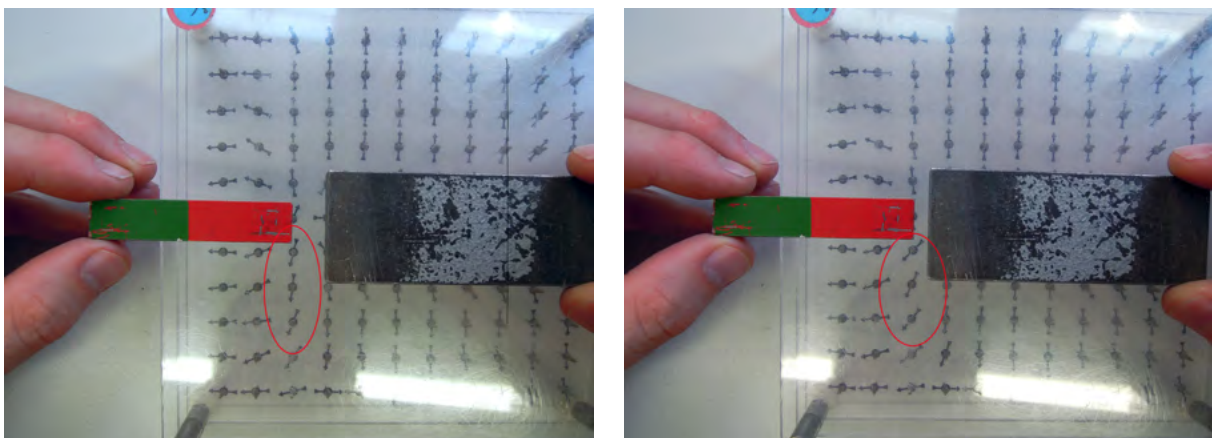


Abb. 18: Induktiver Sensor – Feldänderung

Ebenso lässt sich in einem einfachen Aufbau der damit verbundene Induktionseffekt demonstrieren:



Abb. 19: Induktiver Sensor – Aufbau

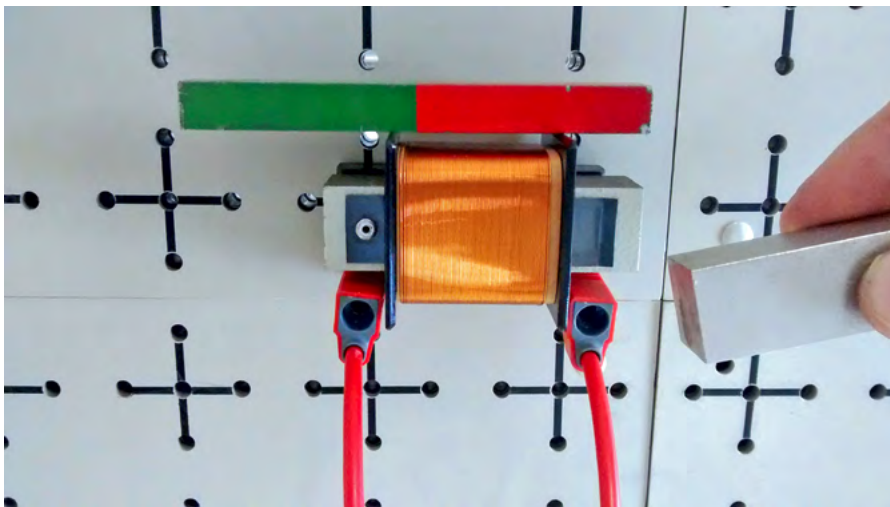


Abb. 20: Induktiver Sensor – Aufbau Detailaufnahme

Beide hier genannten Sensoren beruhen auf dem gleichen Prinzip und die Schülergruppen machen daher die gleichen grundsätzlichen Experimente zur Erarbeitung des Funktionsprinzips.

Die Gruppen sollten vor Beginn der eigentlichen Gruppenarbeit die Grundlagen der Induktion wiederholen. Dazu kann auf die entsprechenden Hefteinträge aus Themenfeld 6 oder Buchseiten hingewiesen werden. Die Bearbeitung der beiden Sensoren unterscheidet sich im Wesentlichen dadurch, dass beim ABS-Sensor die Funktion über ein reines Messen der Drehzahl hinausgeht, was diesen etwas komplexer macht.

Im einfachsten Fall werden die Arbeitsblätter HR_PH_TF11_UG_S3_Induktiv_Drehzahl und HR_PH_TF11_UG_S3_Induktiv_ABS verwendet, die neben den grundsätzlichen Experimenten einige Informationen und Rechercheaufgaben enthalten, so dass der Sensorsteckbrief sinnvoll erstellt werden kann. Darüber hinaus gibt es auch die Möglichkeit für komplexere Experimente bis hin zum Aufbau einer Drehzahlmessung an einem Fahrradreifen mit Auslesen über Oszilloskop bzw. computergestützter Messwerterfassung.

Es lassen sich auch weitere Aufgaben stellen, wie sie z. B. auf der Seite <http://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/ausblick/antiblockiersystem>

zu finden sind. Recherchen zur Drehzahlmessung und zum ABS-Sensor bei Leifiphysik und Wikipedia ergänzen die Experimente zur prinzipiellen Funktionsweise und zeigen das reale technische Aussehen.

3. Kapazitive Sensoren: Elektret-Mikrophon, Abstandssensor

Im Auto sind als Sensoren in Einparkhilfen und Abstandswarnern oft Ultraschallsensoren verbaut, die einen Piezo-Sensor beinhalten. Mikrophone (etwa bei der Sprachsteuerung des Navis, des Smartphones oder des Bordcomputers) funktionieren oft nach dem gleichen kapazitiven Prinzip. Kapazitive Sensoren verursachen eine Veränderung von Strom oder Spannung durch Ladungsverschiebungen. Diese können z. B. durch mechanische Einwirkung auf den Sensor verursacht sein. Das lässt sich sehr einfach in einem Experiment darstellen.

Dazu wird Ladung (mittels Fell und Plastikstab) auf eine Platte eines Demo-Plattenkondensators aufgebracht, dessen zweite Platte geerdet ist. Ein angeschlossenes Elektroskop schlägt beim Auseinanderschieben der Platten stärker aus, da dieses (aufgrund der verringerten Kapazität) eine Veränderung des Potentials zur Folge hat. Erkannt werden soll hier von den Lernenden der Zusammenhang „Verändern des Plattenabstands → veränderte Spannung“.

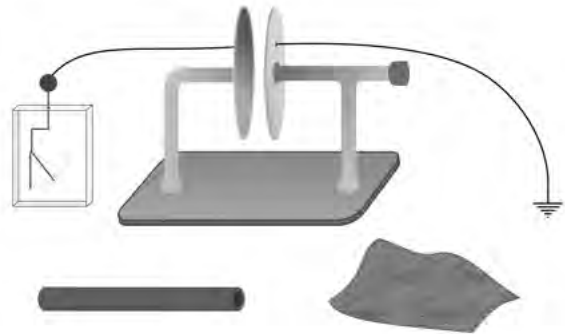
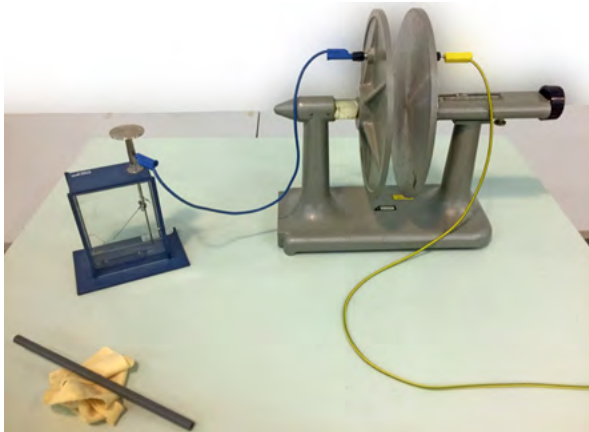


Abb. 21: Kapazitiver Sensor – Demonstrationsexperiment

Dieses Experiment ist Bestandteil der Aufgaben im Zusammenhang mit beiden kapazitiven Sensoren (Mikrophon und Piezo-Sensor). In beiden Fällen werden die grundsätzlichen Aufbauten und Prinzipien mittels Materialien erarbeitet. Für den Fall, dass kein Internet zur Verfügung steht, können die Texte ausgedruckt zur Verfügung gestellt werden.

In dieser Unterrichtssequenz lässt sich sowohl durch die Auswahl der Themen durch die Lernenden (Neigungsdifferenzierung) als auch durch die Bereitstellung verschieden komplexer Materialien differenzieren.

Auf die abschließende Präsentation der Sensorsteckbriefe kann eine Gegenüberstellung der bei der Signalwandlung beteiligten Wechselwirkungen erfolgen. In jedem Fall wird durch eine Wechselwirkung eine Veränderung von Spannung bzw. Stromstärke bewirkt.

- Fotosensor, Halbleiter: Die Absorption von Energie (Licht) bewirkt eine Freisetzung von zusätzlichen Ladungsträgern, dadurch steigt die Stromstärke.
- Temperatursensor, Halbleiter: Die Absorption von Energie (Wärme) bewirkt eine Freisetzung von zusätzlichen Ladungsträgern, dadurch steigt die Stromstärke.
- Induktiver Sensor, Spule: Die Änderung des Magnetfelds innerhalb der Spule induziert eine Spannung.
- Kapazitiver Sensor, Kondensator: Durch die Änderung der Geometrie einer Ladungsverteilung ändert sich auch das elektrische Feld und damit die Spannung.

Ergänzend kann darauf eingegangen werden, dass für die gleichen Zwecke auch andere Bauarten von Sensoren denkbar und auch im Einsatz sind (so etwa kapazitive statt resistive Drucksensoren, Fotozellen/CCD statt LDR, induktive bzw. dynamische Mikrophone statt kapazitive ...).

Ebenso ist eine Erweiterung in Hinblick auf die tatsächliche Verwendung von Sensoren in Schaltungen denkbar.

Das führt in den Bereich der elektronischen Schaltungen. Steht genügend Zeit zur Verfügung, können etwa mit Schülerübungskästen einfache Verstärkerschaltungen aufgebaut werden. Als Basis dienen Bretter oder Reihen von Lüsterklemmen, in die Sensoren eingebaut werden können. LEDs dienen als Signalanzeiger. In einigen Schulbüchern finden sich Anleitungen für solche Schaltungen.

LE: Bearbeiten weiterer Sensortypen im Auto in Gruppen	
Kompetenz Schülerinnen und Schüler nutzen das Wissen über zu Grunde liegende Wechselwirkungen, um Prinzipien bei der Signalaufnahme/-übertragung/-ausgabe zu beschreiben. ... führen Experimente mit Sensoren durch und werten sie aus. ... erschließen an einem geeigneten Beispiel die physikalischen Hintergründe.	Konzeptbezogenes Fachwissen Sensoren wandeln Informationen aus der Umwelt in elektrische Werte zur weiteren Verarbeitung um. Ströme können durch Widerstände in ihrer Stärke beeinflusst werden. Die Absorption von Energie kann Ladungsträger freisetzen (Halbleitersensoren). Die Wechselwirkung zwischen elektrischem bzw. magnetischem Feld und Ladungsträgern kann einen elektrischen Strom zur Folge haben (induktive, kapazitive Sensoren).
Lernprodukt - Steckbriefe zu verschiedenen Sensoren (evtl. zusätzlich weitere Präsentationsformen)	Differenzierung - Neigungsdifferenzierung durch Auswahl aus verschiedenen, unterschiedlich anspruchsvollen Sensortypen - Verschiedene Recherchematerialien - Zusatzaufgaben
Materialien und Literatur HR_PH_TF11_UG_S2_Sensorsteckbrief_blanko HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_LDR_AB (Lichtsensor AB mit Experiment) HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_NTC_AB (Temperatursensor) HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_NTC_Exp (Temperatursensor Experiment) HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_NTC_Exp_CMWE (Temperatursensor Experiment mit computer-gestützter Messwerterfassung) HR_PH_TF11_UG_S3_Halbleiter_Info (Informationsblatt zu Halbleitern) https://de.wikipedia.org/wiki/Fotowiderstand (Wikipedia Fotowiderstand, LDR) https://de.wikipedia.org/wiki/Hei%C3%9Fleiter (Wikipedia Heißleiter, NTC) HR_PH_TF11_UG_S3_Induktiv_ABS (ABS-Sensor AB mit Experiment und Recherche) HR_PH_TF11_UG_S3_Induktiv_Drehzahl (Drehzahlsensor AB mit Experiment und Recherche) https://de.wikipedia.org/wiki/Antiblockiersystem http://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/ausblick/antiblockiersystem https://de.wikipedia.org/wiki/Induktionsgeber HR_PH_TF11_UG_S3_Kapazitiv_Mikrophon_AB (Kondensator-/Elektret-Mikrophon AB mit Recherche) HR_PH_TF11_UG_S3_Kapazitiv_Piezo_AB (Abstandswarner/Piezoelement AB mit Recherche)	

HR_PH_TF11_UG_S3_Kapazitiv_Exp_Plattenkondensator (Schüler-Modellexperiment zu Mikrofon und Piezoelement)

HR_PH_TF11_UG_S3_Kapazitiv_Piezo_Info_RS (Informationsblatt zum Piezoeffekt)

HR_PH_TF11_UG_S3_Kapazitiv_Piezo_Info_Gym (Informationsblatt zum Piezoeffekt, etwas umfangreicher)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Elektretmikrofon>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Mikrofon#Kondensatormikrofon>

<http://www.neumann.com/homestudio/de/worin-unterscheiden-sich-elektret-kondensatormikrofon-von-true-condenser-mikrofonen>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Mikrofon>

https://de.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrischer_Sensor

<https://de.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrizit%C3%A4t#Sensorik>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Einparkhilfe>

<https://www.leifiphysik.de/akustik/schallgeschwindigkeit/ausblick/ultraschall-sensoren>

HR_PH_TF11_UG_S3_Drucksensor_Modell_Bauanleitung (einfacher Aufbau eines Drucksensormodells)

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 4 „Sensoren überall“ (Dekontextualisierung)

Schwerpunkte:

- Recherchieren und Präsentieren zur Funktion und Anwendung verschiedener anderer Sensoren unter Einbringen des erarbeiteten Wissens

Aktivitäten und Lernprodukte:

- ☹ Sammeln weiterer Anwendungen von Sensoren außerhalb des Kontexts „Auto“
- ☹ Recherche: Sammeln und Beschreiben von Sensoren, die nach einem der behandelten Prinzipien arbeiten
- ☹ Darstellung eines behandelten Sensors als „Steckbrief“ und Präsentation (Gruppenpuzzle, Posterausstellung, Referate)
- ☹ Evtl. Diskussion zur Sinnhaftigkeit bzw. Nutzen und Risiken beliebiger Datenerhebung

Zur Übertragung des am Kontext „Auto“ erworbenen Wissens auf andere Bereiche bietet es sich bei ausreichender Zeit an, eine weitere Phase anzuschließen. Hier können zunächst Sensoren in verschiedensten Geräten und zu verschiedensten Zwecken gesammelt werden. Es ist davon auszugehen, dass die Lernenden im Lauf der Unterrichtseinheit eine Sensibilität dafür entwickelt haben, wo überall Sensoren eine Rolle in alltäglicher Technik spielen.

LITERATURVERZEICHNIS

Geiger, Thomas (2014). Mut zur Lücke – Neue Einparkhilfen im Auto.

<http://www.sueddeutsche.de/auto/neue-einparkhilfen-im-auto-mut-zur-luecke-1.1901212>

Webpräsenz der Ludwig-Maximilians-Universität München.

<http://www.didaktik.physik.lmu.de/materialien/sensorik/index.html>

Themenheft „Sensorik“. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule. PdN 7/61, Oktober 2012.

Themenheft „Sensoren“. Naturwissenschaften im Unterricht Physik. NiU Ph 91, 1/2006.

AUTORINNEN UND AUTOREN

Norbert Ames

Staatliches Eifel-Gymnasium, Neuerburg

Birgit Becher

Realschule plus Kirchheimbolanden, Kirchheimbolanden

Esther Braun

Integrierte Gesamtschule Nieder-Olm, Nieder-Olm

Martin Buchhold

Kurfürst-Balduin-Gymnasium, Münstermaifeld

Andrea Bürgin

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Silvia Casado-Schneider

Realschule plus Mainz-Lerchenberg, Mainz

Katharina Franke

Gymnasium Nackenheim, Nackenheim

Wolfgang Heuper

Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Koblenz

Benjamin Hinkeldey

Gymnasium Mainz-Oberstadt, Mainz

Tobias Jung

Gymnasium Nieder-Olm, Nieder-Olm

Cordula Mauch

Peter-Joerres-Gymnasium, Ahrweiler

Markus Monnerjahn

Gutenberg-Gymnasium, Mainz

Christa Müller

Integrierte Gesamtschule Ludwigshafen-Gartenstadt, Ludwigshafen

Monika Nikolaus

Sickingen-Gymnasium, Landstuhl

Beate Tölle

Bischöfliches Angela-Merici-Gymnasium, Trier

Dr. Anke Winkler-Virnau

Emanuel-Felke-Gymnasium, Bad Sobernheim

Melanie Wolff

Frauenlob-Gymnasium, Mainz

Sofern in der Bildunterschrift nicht anders deklariert, liegen die Urheberrechte beim Pädagogischen Landesinstitut Rheinland-Pfalz oder bei den mitwirkenden Autorinnen und Autoren selbst.

BITTE UM EVALUATION

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

wir freuen uns sehr, dass Sie uns dabei helfen, unsere Reihe der PL-Informationen – Handreichungen für Lehrkräfte zu evaluieren. Sie geben uns damit wertvolle Hinweise für die weitere qualitätsorientierte Weiterentwicklung.

Die Befragung wird anonym durchgeführt. Bis Sie die digitale Befragung abschließen, können Sie im Fragebogen vor- und zurückblättern. Die Beantwortung der Fragen wird voraussichtlich zwischen 5 und 10 Minuten dauern.

Vielen Dank für Ihre Mitwirkung!

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrag

Claudia Nittl
Öffentlichkeitsarbeit und Mediendesign, Stabsstelle Steuerung
Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Link zur Onlinebefragung:
<https://evaluation.bildung-rp.de/befragung.aspx?Code=bjwm>

Beziehungsweise:
<https://evaluation.bildung-rp.de/> aufrufen und den Zugangscode eingeben: bjwm





Rheinland-Pfalz
PÄDAGOGISCHES
LANDESINSTITUT

Pädagogisches Landesinstitut
Butenschönstr. 2
67346 Speyer

pl@pl.rlp.de
www.pl.rlp.de