

# Fachdidaktik Physik: 1.2.1. Konzepte I: Bedeutungen, Interessen, Anwendungen, Kontexte, Exemplarisches Lehren

Hans-Otto Carmesin

Gymnasium Athenaeum Stade, Studienseminar Stade

Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

16. März 2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Funktionen bedeutsamer Themen</b>	<b>2</b>
<b>3 Interessenstudien</b>	<b>3</b>
<b>4 Entdeckung physikalischer Inhalte am Kontext</b>	<b>5</b>
4.1 Mathematischer Modellierungsprozess . . . . .	6
4.2 Physikalische Entdeckung am Kontext . . . . .	7
4.3 Exemplarisches Lehren . . . . .	13
4.4 Lernen am sinnstiftenden Kontext . . . . .	13
<b>5 Literaturempfehlungen</b>	<b>13</b>
<b>6 Aufgaben</b>	<b>13</b>
<b>7 Zusammenfassung</b>	<b>14</b>

## 1 Einleitung

Wir konzipieren grundsätzlich ein für die SuS *bedeutsames* Unterrichtsthema. Wichtig sind nach Klafki die Gegenwartsbedeutung, die Zukunftsbedeutung und die exemplarische Bedeutung (s. Gudjons (1997)). Das ist oftmals eine Voraussetzung dafür, dass unser Unterrichtsthema den *Schülerinteressen* entspricht (s. Muckenfuß (1995)). Wir unterrichten grundsätzlich interessante Themen, denn auch die Neurowissenschaft zeigt, dass andere Inhalte kaum gelernt werden (s. Spitzer (2000)).

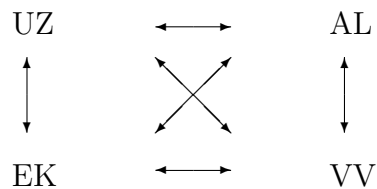
---

Bedeutsame und interessante Themen und Lernmaterialien können wir oftmals finden, indem wir passende *Anwendungen* und *Kontexte* auswählen und zu ausgereiften Unterrichtskonzepten weiterentwickeln <sup>1</sup>.

## 2 Funktionen bedeutsamer Themen

Bedeutsame Themen tragen den Unterricht an vielen zentralen Stellen. Wenn die Schülerinnen und Schüler den Sinn und Zweck des Unterrichts einsehen, ist eine hohe Lernwirksamkeit zu erwarten; so wurde hier eine Effektstärke von  $d = 1,37$  ermittelt (s. [Marzano \(1998\)](#)).

Das konkretisiere ich im Rahmen eines Diagramms aus der *lehrtheoretischen Didaktik* nach dem *Hamburger Modell* (s. [Gudjons \(1997\)](#)). Demnach sind die vier wesentlichen Momente des didaktischen Planens die Ausgangslage AL der SuS sowie der Lehrenden, die Unterrichtsziele UZ, die Erfolgskontrolle EK sowie die Vermittlungsvariablen VV:



Die Schülerinteressen, die Lernvoraussetzungen und die Bedeutsamkeit von Kontexten für die SuS sind wesentliche Merkmale der Ausgangslage. Bedeutsame Themen sind meist auch interessant. Die wichtigen Unterrichtsziele sind uns durch die Curricula und durch die Bedeutsamkeit für die SuS gegeben. Die SuS erleben eine besonders überzeugende Erfolgskontrolle, wenn sie ein bedeutsames Thema bewältigt haben. Wir nutzen als Vermittlungsvariable neben den Methoden bedeutsame Themen, Anwendungen und Kontexte.

---

<sup>1</sup>Dabei müssen wir selbstverständlich auch die übrigen wesentlichen Merkmale für erfolgreichen Unterricht beachten.

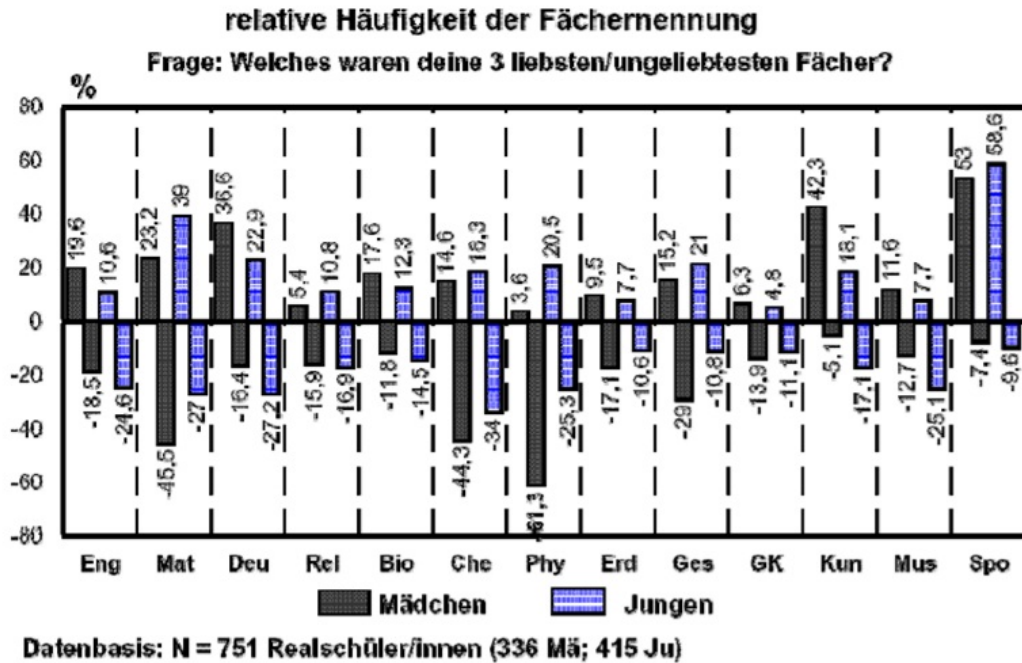


Abbildung 1: Fächervergleich

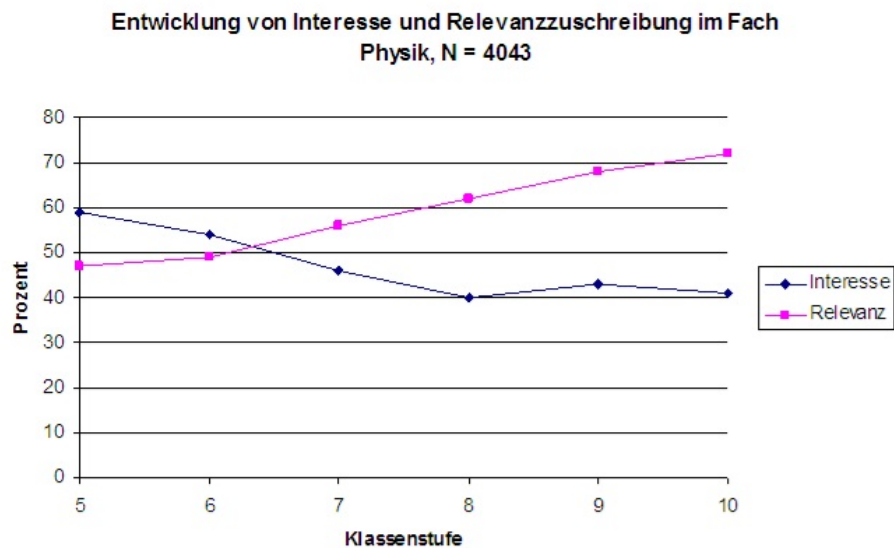


Abbildung 2: Interesse und Relevanz

### 3 Interessenstudien

Physik gehört zu den weniger beliebten Unterrichtsfächern (s. Abb. 1) (s. Muckenfuß (1995)). Um das zu ändern, wollen es wir zunächst einmal genauer untersuchen. Der Unbeliebtheit

entspricht ein mit der Klassenstufe sinkendes Interesse (s. Abb. 2). Das ist auch für die Lernwirksamkeit ungünstig, denn das Vernetzen mit Interessen und Vorwissen führt zu einer sehr hohen Lernwirksamkeit mit einer Effektstärke<sup>2</sup> von  $d = 1,48$  (s. Hattie (2009)).

Allerdings halten die SuS Physik für relevant (s. Abb. 2) (s. Muckenfuß (1995)). Die Neurowissenschaft bestätigt, dass relevante und bedeutsame Dinge leicht gelernt werden (s. Spitzer (2006)). Das ist schon jetzt günstig, aber noch keine Lösung für das Problem der geringen Beliebtheit. Dennoch begründet das unsere erste Merkregel:

WIR BEHADELN IM UNTERRICHT THEMEN, DIE FÜR UNSERE SuS BEDEUTSAM SIND.

Weitere Untersuchungen zeigen, dass die SuS auch bei zunehmender Klassenstufe bestimmte physikalische Themen interessant finden (s. Abb. 3) (s. Duit (1997)).

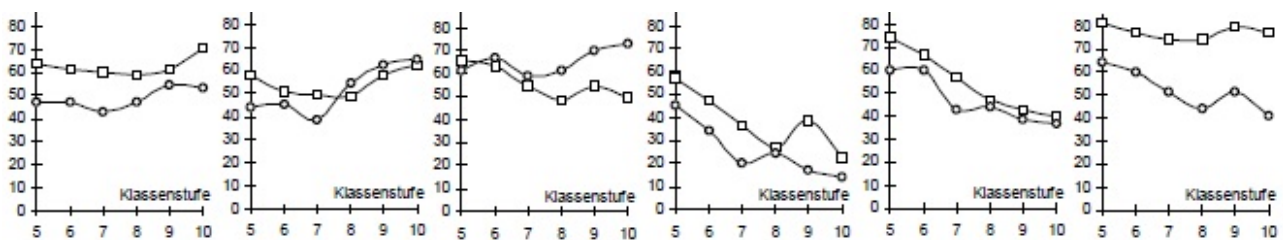


Abbildung 3: Interesse an physikhaltigen Kontexten: Hochachse: Prozentsatz. Waagerechte Achse: Klassenstufe. Kreis: Mädchen. Quadrat: Jungen. Kontexte von Links: 1) Elektrizitätsgewinnung mit geringer Umweltbelastung. 2) Kraftwerke mit geringer Umweltbelastung. 3) Medizinische Nutzung radioaktiver Stoffe. 4) Bestimmung der Teilchengröße mit einem Ölfleck. 5) Bau optischer Geräte. 6) Mikroelektronik.

Zusätzliche Untersuchungen zeigen, dass das Interesse der SuS weniger von einem physikalischen Themengebiet abhängt, sondern vielmehr von dem physikhaltigen Beispiel, in dem das Thema präsentiert wird (s. Duit (1997)). Besonders interessant sind Beispiele, die sich mit Alltagsanwendungen, dem menschlichen Körper, gesellschaftlicher Relevanz oder erstaunlichen Phänomenen befassen. Solche physikhaltigen Beispiele, an denen die SuS physikalische Gesetzmäßigkeiten oder Kompetenzen erlernen können, nennen wir *Kontexte*. Wir halten unsere zweite Merkregel fest:

WIR NUTZEN IM UNTERRICHT KONTEXTE, DIE DEN SCHÜLERINTERESSEN ENTSPRECHEN.

In neueren Untersuchungen an 1247 Jugendlichen wurde genau analysiert, welche Kontexte die SuS besonders interessieren (s. Elster (2008)). Eine Clusteranalyse ergab drei Interessentypen:

<sup>2</sup>In umfangreichen Metanalysen wurden für ganze Lehrverfahren Effektstärken bis zu 0,61 festgestellt. Für einzelne unterrichtliche Maßnahmen wurden Effektstärken bis 1,48 ermittelt. Effektstärken unter 0,4 gelten als pädagogisch wenig bedeutsam (s. die entsprechende Fachsitzung oder Hattie (2009)).

1. Typ I: Überdurchschnittlich interessiert an allen physikalischen Inhalten, unabhängig vom Kontext. Mädchen:Jungen = 1:1
2. Typ II: Interessiert an den Kontexten Technologie, "Young Body", Gesundheit, Welt-  
raum. Mädchen:Jungen = 2:8
3. Typ III: Interessiert an den Kontexten "Young Body", Gesundheit und Fitness, Welt-  
raum, Gesellschaftsbezug, Mystik. Mädchen:Jungen = 8:2

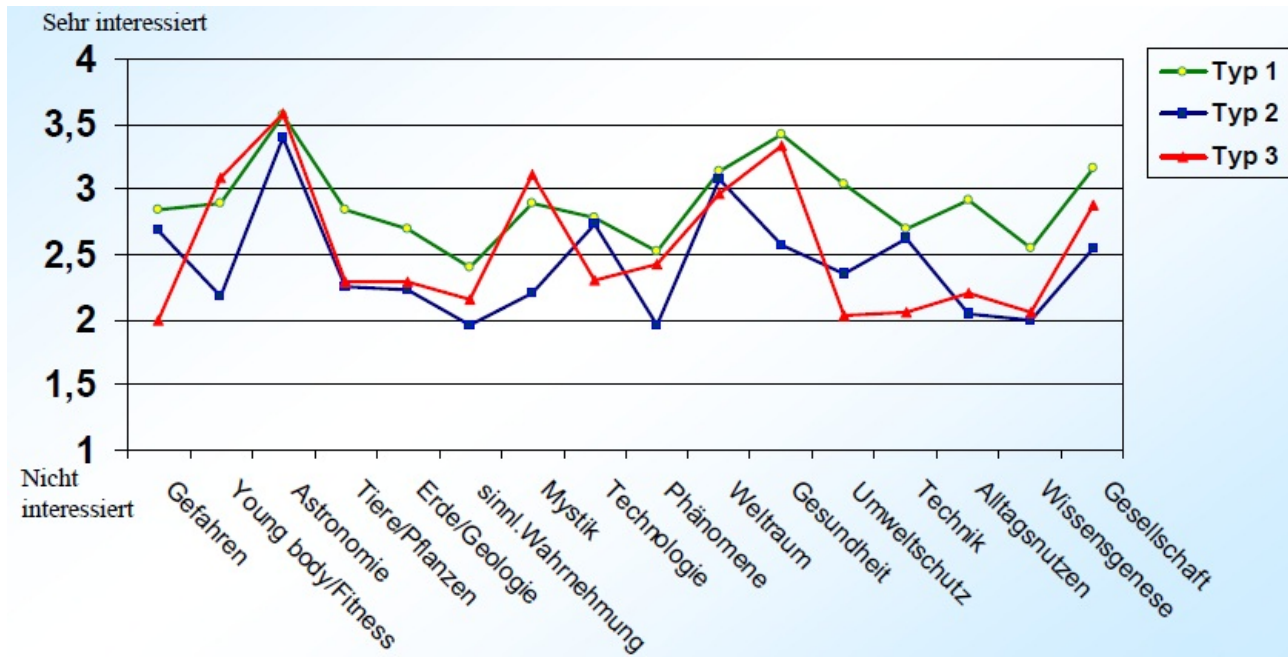


Abbildung 4: Interesse an physikhaltigen Kontexten. N = 1247.

Berücksichtigen wir zudem weitere Interessenstudien (s. Müller (2007)), so können wir unsere dritte Merkregel festhalten:

KONTEXTE INTERESSIEREN DIE SuS WIE FOLGT: PHYSIK & TECHNIK 20%, GESELLSCHAFTSBEZUG 45%, NATUR & MENSCH 75%, MEDIZIN & ASTRONOMIE ETWA 100%.

## 4 Entdeckung physikalischer Inhalte am Kontext

Anhand eines physikhaltigen Kontexts können die SuS selbstständig physikalische Zusammenhänge entwickeln oder entdecken. Das kann auch besonders lernwirksam sein, wenn die SuS dabei bekannte Strukturen erkennen können (s. Marzano (1998)). Für das Entdecken am

Kontext stelle ich ein einfaches leicht praktikables Schema vor. Dazu gehe ich von zwei Grundlagen aus: Einen Ausgangspunkt bildet der "prinzipielle Aufbau einer Kontext-orientierten Unterrichtseinheit" nach Muckenfuß (s. Muckenfuß (1995) und Abb. 5). Den zweiten Startpunkt bietet der mathematische Modellierungsprozess (s. Blum (2005)). Dieser ist bereits für Einzelstunden gedacht und bietet daher den Vorteil der höheren Modularisierung.

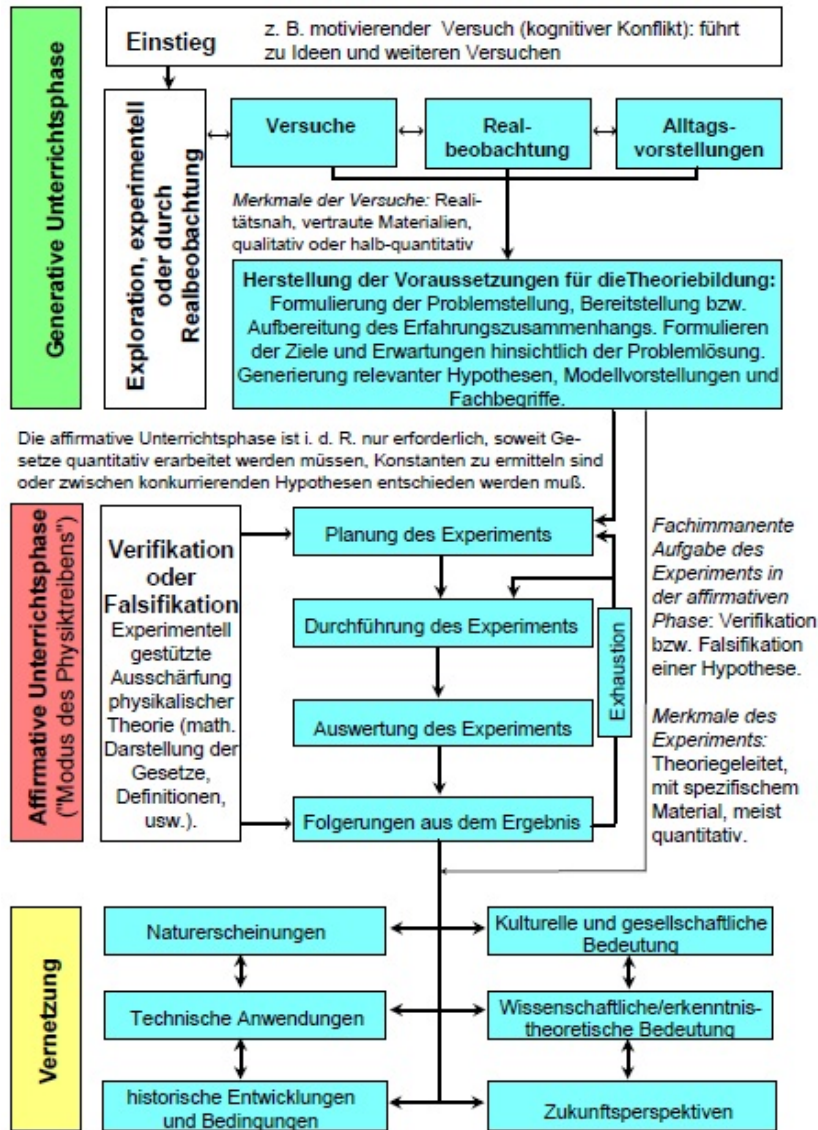


Abbildung 5: Prinzipieller Aufbau einer Kontext-orientierten Unterrichtseinheit.

#### 4.1 Mathematischer Modellierungsprozess

Das mathematische Modellieren erkläre ich anhand eines Beispiels (s. Blum (2005)): *Herr Stein wohnt in Trier, 20 km von der Grenze zu Luxemburg entfernt. Er fährt mit seinem VW Golf zum Tanken nach Luxemburg, wo sich direkt hinter der Grenze eine Tankstelle befindet. Dort kostet der Liter Benzin nur 1,2 Euro, im Gegensatz zu 1,6 Euro in Trier. Lohnt sich diese*

*Fahrt für Herrn Stein? Begründe deine Antwort.* Das Vorgehen wird als Diagramm dargestellt (s. Abb. 6). Die SuS durchlaufen die relativ selbsterklärenden Schritte 1 bis 7. Dabei wird noch die Zusatzinformation gegeben, dass der Tank 50 l fasst und dass der Wagen 8 l auf 100 km verbraucht.

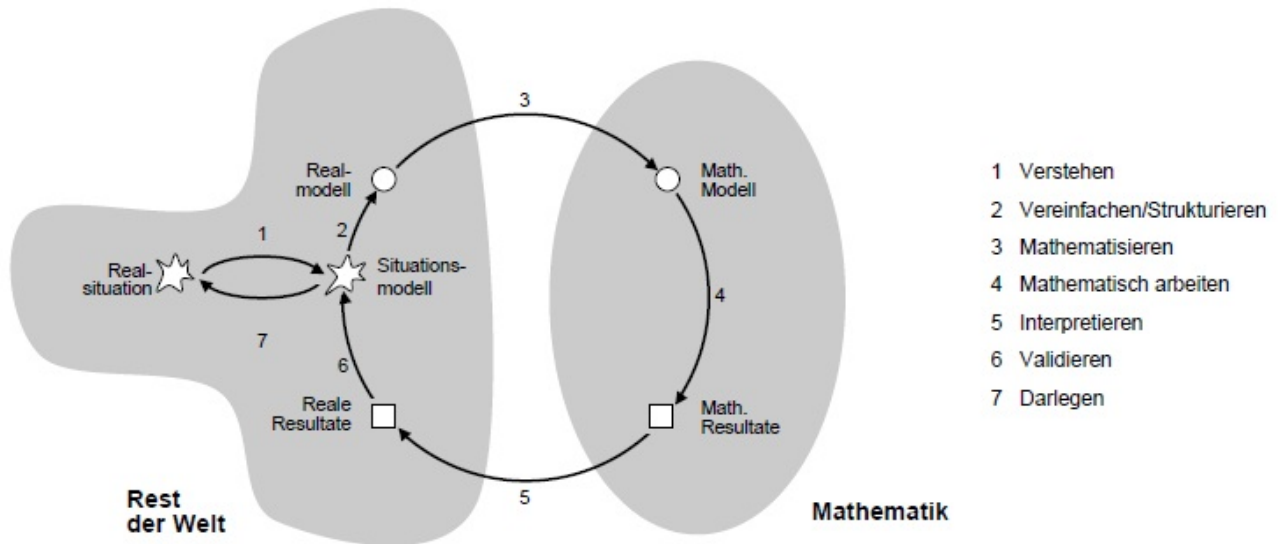


Abbildung 6: Mathematischer Modellbildungsprozess

## 4.2 Physikalische Entdeckung am Kontext

Der von Muckenfuss vorgeschlagene Prozess hat mit dem von Blum vorgeschlagenen Modellierungsprozess das Folgende gemeinsam: Die SuS gehen bewusst von einer Realsituation oder einem Kontext aus, entwickeln fachliche Elemente, bearbeiten diese zielführend und übertragen das Ergebnis in die Realsituation. Diese Schritte stellen den prinzipiellen Aufbau einer Kontext-orientierten Unterrichtsstunde dar (s. Abb. 7).

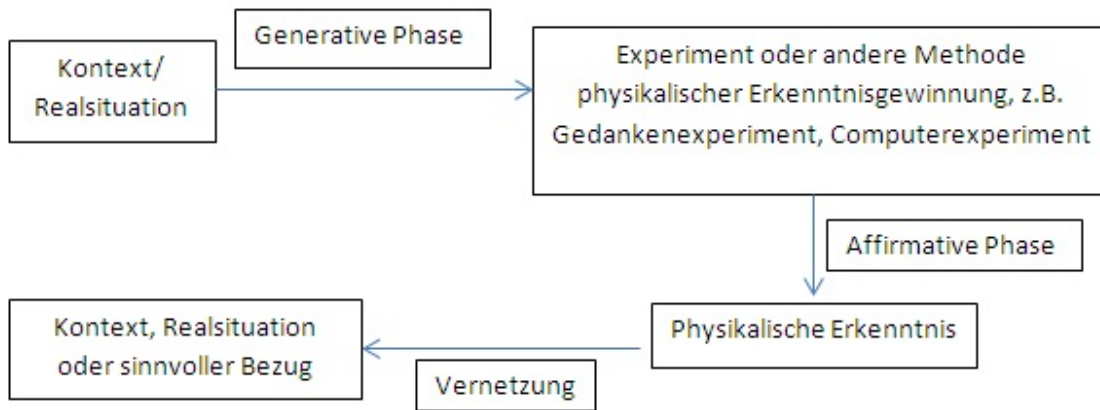


Abbildung 7: Prinzipieller Aufbau einer Kontext-orientierten Unterrichtsstunde.

Die beiden Kurzentwürfe zeigen ein Beispiel für zwei aufeinanderfolgende Kontext-orientierte Unterrichtsstunden.

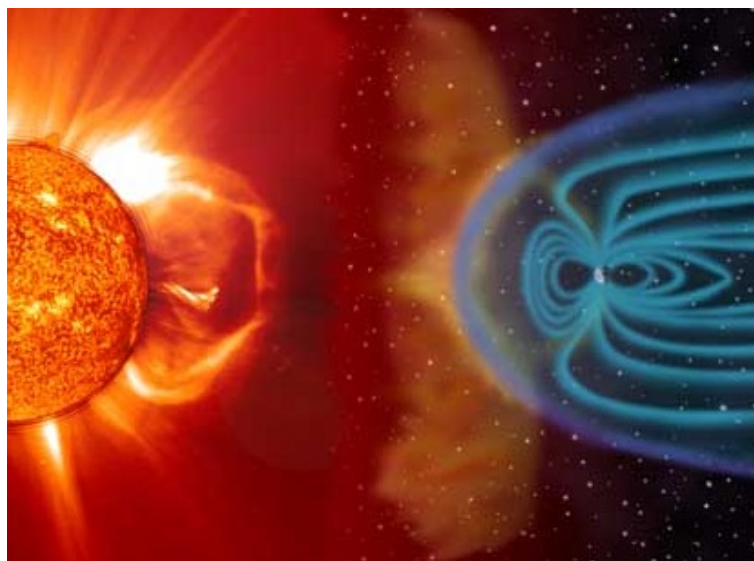
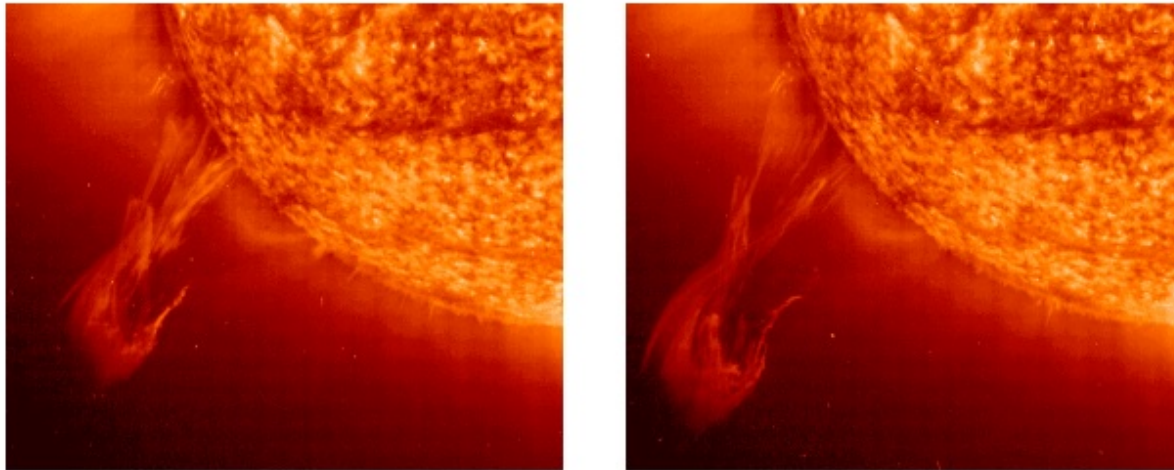


Abbildung 8: Einstiegsfolie zur Stunde mit dem Kontext Sonnenwind.





Eine zylindrische Plasmawolke besteht hauptsächlich aus Protonen. Die Wolke hat den Radius 5000 km, die Länge 40000 km sowie die Masse  $10^{16}$  kg und rast mit der Geschwindigkeit 200 km/s auf die Erde zu. Dabei ist die Zylinderachse parallel zur Geschwindigkeit. Bestimmen Sie die Kraft, welche diese Wolke auf einer Strecke von 50 000 km gerade anhalten kann.

Abbildung 9: Vorbereitende Hausaufgabe zur Stunde mit dem Kontext Sonnenwind.

**Kurzentwurf für eine Physikstunde****Thema der Unterrichtssequenz: Magnetisches Feld**

... Untersuchung der Tragkraft eines stromdurchflossenen Leiters im Magnetfeld

**Bestimmung der Kraft auf eine im Magnetfeld bewegte Ladung am Beisp. Sonnenwind****Didaktik:** KUZ: Die SuS berechnen die magnetische Kraft auf eine bewegte Ladung, um die Problemlösekompetenz beim Transfer zu schulen.

- Bedeutsamkeit für SuS: Lebenswichtiger Schutz durch Erdmagnetfeld
- Zieltransparenz für SuS: Berechnung der Kraft und Vergleich mit HA
- Didaktische Reduktion: Homogenes Feld, zylindrische Wolke
- Akzentuierung: Analogie: Schnelle zylindrische Ladungswolke - Strom im Leiter ermöglicht Anwendung von  $F=B \cdot I \cdot L$

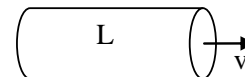
Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu	AFB
LV: Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, $F = I \cdot L \cdot B$	Berechnen	1
LV: Elementarladung, Protonenmasse	Anwenden	1
LV: Bremskraft auf Plasmawolke	Berechnen	2
DS: Analogie s.o.	Entwickeln	3
DS: Kraft auf Wolke	Berechnen	2

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Problemlösend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Hinführung:</u> Besprechung HA	SV, HA-Folie	SV
8	<u>Problemstellung:</u> Sonnenwind mit Erdmagnetfeld	OHP, Leitfrage entwickeln.	LSG
16	<u>Analyse:</u> Ideen, s.u.	Analogie entwickeln	MuG
35	<u>Lösung:</u> F	Berechnen, binnendiff. Herleitung	GA
40	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV, Reflexion, Rückkopplung	OHP
45	<u>Festigung:</u> S. 235 Nr. 2-3	HA/EA, Reserve	EA

**Geplanter TA**

Übt das Erdmagnetfeld eine wesentliche abschirmende Kraft auf die Sonnenwindwolke aus?

Ideen:  $B = 50 \mu\text{T}$ ;  $F > 4 \text{ kN}$ ?  $F = I \cdot L \cdot B$ ;  $m_{\text{proton}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ Der bewegten Wolke entspricht eine Ladung und eine Stromstärke  $I$  der Protonen, sowie eine Länge  $L$ .Ergebnisse:

- Das Erdmagnetfeld übt auf diese Sonnenwindwolke eine Kraft von 10 GN aus. Das genügt für eine wesentliche Abschirmung.
- Ein Magnetfeld mit einer Flussdichte  $B$  übt auf eine Ladung  $q$  mit einer Geschwindigkeit  $v$  senkrecht zu  $B$  die Kraft  $F = q \cdot v \cdot B$  aus.

Bezeichnung: Diese Kraft heißt Lorentz-Kraft.Geplante SchülerfolieProtonenzahl  $N = m_{\text{Wolke}} / m_{\text{proton}} = 10 \text{ kg} / 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 6 \cdot 10^{27}$  $Q = N \cdot e = 10^9 \text{ C}$ Zeit für die Strecke  $L$ :  $v = L/t \rightarrow t = L/v = 40000 \text{ km} / (200 \text{ km/s}) = 200 \text{ s}$  $I = Q/t = 10^9 \text{ C} / 200 \text{ s} = 1000 \text{ MC} / 200 \text{ s} = 50 \text{ MA}$  $F = I \cdot L \cdot B = 5 \text{ MA} \cdot 40000 \text{ km} \cdot 50 \mu\text{T} = 10^{10} \text{ N} = 10 \text{ GN}$ Binnendifferenzierte Zusatzlösung:  $F = B \cdot L \cdot I = B \cdot L \cdot Q/t = B \cdot (L \cdot 1/t) \cdot Q = B \cdot v \cdot Q$ Lösung zur vorbereitenden HA:  $s = 0,5 \cdot a \cdot t^2 = 0,5 \cdot a \cdot (v/a)^2 = 0,5 \cdot v^2/a$  $\rightarrow a = 0,5 \cdot v^2/s \rightarrow F = m \cdot a = 0,5 \cdot m \cdot v^2/s = 0,5 \cdot 10 \text{ kg} \cdot (200 \text{ 000 m/s})^2/s = 4 \text{ kN}$



Abbildung 10: Einstiegsfolie zur Stunde mit dem Kontext Polarlicht.



Kreisbahn im Fadenstrahlrohr



Schraubenbahn im Fadenstrahlrohr

Abbildung 11: Versuche zur prinzipiellen Nachbildung von Polarlichtern.

**Kurzentwurf für eine Physikstunde**

**Thema der Unterrichtseinheit: Magnetisches Feld und B**

... Untersuchung der Tragkraft eines stromdurchflossenen Leiters im Magnetfeld  
 Bestimmung der Kraft auf eine im Magnetfeld bewegte Ladung am Beispiel Sonnenwind

**Erklärung der Teilchenbewegung bei Polarlichtern**

**Didaktik:** KUZ: Die SuS erklären die Teilchenbewegung bei Polarlichtern durch Kreis- und Schraubenbahnen und bilden dies Modellversuch nach, um ihre Modellbildungskompetenz zu schulen.

- Bedeutsamkeit für SuS: Geringer Schutz durch polnahes Erdmagnetfeld
- Zieltransparenz für SuS: Erklärung durch Lorentzkraft
- Didaktische Reduktion: Homogenes stationäres Feld, ein Elektron
- Akzentuierung: Bahn eines Elektrons im homogenen Magnetfeld

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Lorentzkraft	Erläutern, zeichnen, berechnen
LV: Magnetfeld der Erde	Beschreiben, skizzieren
TZ: Sonnenwind	Erläutern
TZ: Kreisförmige Flugbahn	Erläutern, zeichnen, begründen, experimentell darstellen
TZ: Schraubenförmige Flugbahn	Erläutern, zeichnen, begründen, experimentell darstellen

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Problemlösend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
8	<u>Hinführung:</u> Polarlichter	Einstiegsfolie	LSG
14	<u>Problemstellung:</u>	Leitfrage entwickeln.	LSG
30	<u>Analyse:</u> Ideen		
50	<u>Lösung:</u> DE, Begründung	Themen- & binnendifferenziert	GA
65	<u>Sicherung:</u> s.u.	SV, Reflexion	OHP
90	<u>Festigung:</u> Berechnung der Bahnradien; B=50 μT; v=200 km/s	Proton, Elektron	PA, SV

Geplanter TA, teils auf Schülerfolie

Wie entstehen Polarlichter?

Ideen:

Sonnenwind, e, p, Magnetfeld der Erde, Ablenkung, Lorentzkraft, Kreisbahn, Schraubenbahn

Ergebnis 1:

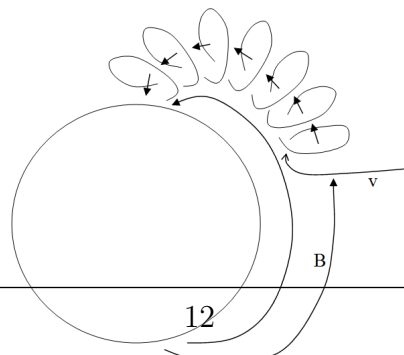
Fliegt ein Elektron in ein homogenes Magnetfeld mit  $v \perp B$ , so beschreibt es eine Kreisbahn.

Begründungen 1:

1. Modellversuch mit Skizze und Beobachtung der Kreisbahn
2. Erklärung der Kreisbahn:
  - Wegen  $F \perp v$  ist  $|v|$  konstant.
  - Also ist F konstant.
  - Daher ist die Bahnkrümmung konstant.
  - Somit entsteht eine Kreisbahn.

Ergebnis 2: Hat die Geschwindigkeit auch eine Komponente parallel zur Feldlinie, so führt das zu einer Schraubenbahn um die Feldlinie. Daher gelangen die elektrisch geladenen Teilchen des Sonnenwindes zu den Polen der Erde. Dort treffen sie auf die Atmosphäre. Dabei entsteht Licht.

Begründungen 2: analog zu Begründungen 1



---

### 4.3 Exemplarisches Lehren

Das Lernen am Kontext wird seit langem für den Physikunterricht vorgeschlagen. Ein wichtiger Physikpädagoge ist in diesem Zusammenhang Martin Wagenschein (s. [Wagenschein \(1968\)](#)). Er hebt das Lernen ausgehend von einem Beispiel hervor. Zwar bietet Wagenschein eine ganze Theorie des Physikunterrichts, doch das Grundprinzip wird durch [Abb. 7](#) veranschaulicht.

### 4.4 Lernen am sinnstiftenden Kontext

Das Lernen am Kontext wurde für den Physikunterricht weiterentwickelt zum Lernen in ganzen Unterrichtseinheiten. Ein wichtiger Physikpädagoge ist in diesem Zusammenhang Heinz Muckenfuß (s. [Muckenfuß \(1995\)](#)). Zwar bietet Muckenfuß eine ganze Theorie des Physikunterrichts, doch das Grundprinzip wird durch [Abb. 7](#) veranschaulicht.

## 5 Literaturempfehlungen

Sie können passende Kontexte mit Hilfe der Literatur finden. Einige Beispiele finden Sie in den gängigen Physiklehrbüchern und fachdidaktischen Zeitschriften sowie in der oben verwendeten Literatur. Zum Thema Medizin gibt es im Schulbuchsektor den Themenband "Medizin+Physik" (s. [Müller u. a. \(1998\)](#)), hinzu kommen Fachbücher zur Physiologie (s. [Schmidt u. Thews \(1995\)](#)) oder Biophysik (s. [Hoppe u. a. \(1982\)](#)) und Aufsätze (s. [Carmesin \(2001a, 2004a, 2010, 2014a,b,c\)](#); [Müller \(2007\)](#)). Zur Astronomie empfehle ich die Schulbücher "Astronomie plus" (s. [Backhaus u. Lindner \(2005\)](#)) und "Himmelsmechanik und Raumfahrt" (s. [Uffrecht u. Poppe \(2002\)](#)), die Sachbücher "Der neue Kosmos" (s. [Unsöld u. Baschek \(1999\)](#)) und "Fundamental Astronomy" (s. [Karttunen u. a. \(1996\)](#)) sowie Aufsätze (s. [Carmesin \(2002a,b, 2003, 2004b, 2006\)](#)). Zur Umweltphysik empfehle ich das Schulbuch "Umwelt - Physik" des Klett-Verlages, Fachbücher wie beispielsweise "Physik der Solarzellen" (s. [Würfel \(2000\)](#)) oder Aufsätze (s. [Carmesin \(2001b, 2009\)](#); [Carmesin u. a. \(2012\)](#)). Zur Technik gibt es umfangreiche Schulbuchliteratur, besonders für die berufsbildenden Schulen.

## 6 Aufgaben

1. Analysieren Sie die dargestellten Stunden bezüglich des prinzipiellen Aufbaus einer am Kontext orientierten Unterrichtsstunde.
2. Analysieren Sie die dargestellten Stunden bezüglich der verwendeten Methoden der Erkenntnisgewinnung.
3. Stellen Sie Beispiele von am Kontext orientierten Stunden aus Ihrem Unterricht dar.
4. Erläutern Sie anhand der dargestellten Stunden die Modularisierung in Einzelstunden.
5. Erläutern Sie anhand der dargestellten Stunden die Akzentuierung von schnell lösbaren Problemen am umfassenden Kontext.

---

## 7 Zusammenfassung

Die SuS interessieren sich in allen Klassenstufen für viele physikhaltige Kontexte. Nutzen Sie diese altersgerecht für Ihren Physikunterricht! Dann ist Ihr Physikunterricht bei den SuS beliebt. Beachten Sie dabei den prinzipiellen Aufbau einer Kontext-orientierten Unterrichtsstunde! Dann erreichen Ihre SuS am Kontext die curricularen Lernziele.

Eine gelungene Kontext-orientierte Physikstunde bringt den SuS in aktiver Weise interessante Einsichten und ist insofern besser als jedes Sachbuch, jede Vorlesung und jede Wissenschaftssendung.

Eine gelungene Kontext-orientierte Physikstunde gibt den SuS die Möglichkeit etwas Wesentliches knobelnd zu entdecken und ist insofern besser als jedes Sudoku, jedes Kreuzworträtsel und jede Quizsendung.

Eine gelungene Kontext-orientierte Physikstunde vernetzt für die SuS bedeutsame Kontexte aktivierend mit den zugehörigen physikalischen Gesetzmäßigkeiten, Methoden sowie Sichtweisen und ist insofern besser als jede Theorie, jedes Praxishandbuch und jede populärwissenschaftliche Sendung.

Ich wünsche Ihnen, dass Sie mit Ihren SuS an vielen lebenswichtigen und interessanten Kontexten zahlreiche physikalische Zusammenhänge entdecken.

## Literatur

[Backhaus u. Lindner 2005] BACKHAUS, Udo ; LINDNER, Klaus: *Astronomie plus*. Bd. 2. Berlin : Cornelsen, 2005

[Blum 2005] BLUM, Werner: Modellieren im Unterricht mit der Tanken-Aufgabe. In: *mathematik lehren* 128 (2005), S. 18–21

[Carmesin 2001a] CARMESIN, Hans-Otto: Einführung des Energiebegriffs mit Hilfe menschlicher Sinnesorgane. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik*. Berlin : DPG, 2001

[Carmesin 2001b] CARMESIN, Hans-Otto: Einführung des Treibhauseffekts durch einen anschaulichen Prozess. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik*. Berlin : DPG, 2001

[Carmesin 2002a] CARMESIN, Hans-Otto: Himmelsmechanik im Unterricht. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik ISBN 3-936427-11-9*. Berlin : DPG, 2002

[Carmesin 2002b] CARMESIN, Hans-Otto: Urknallmechanik im Unterricht. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik ISBN 3-936427-11-9*. Berlin : DPG, 2002

[Carmesin 2003] CARMESIN, Hans-Otto: Einführung der Wellenlehre mit Hilfe eines Kontrabasses. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik*. Berlin : DPG, 2003

- 
- [Carmesin 2004a] CARMESIN, Hans-Otto: Messung von Beschleunigungen mit einer Bogenwasserwaage im Physikunterricht einer 11. Klasse. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; OBERLÄNDER, Arne (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik, ISBN 3-86541-066-9*. Berlin : DPG, 2004
- [Carmesin 2004b] CARMESIN, Hans-Otto: Sternmodelle. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; OBERLÄNDER, Arne (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik, ISBN 3-86541-066-9*. Berlin : Deutsche Physikalische Gesellschaft, 2004
- [Carmesin 2006] CARMESIN, Hans-Otto: Entdeckungen im Physikunterricht durch Beobachtungen des Himmels. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; OBERLÄNDER, Arne (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik, ISBN 978-386541-190-7*. Berlin : Deutsche Physikalische Gesellschaft, 2006
- [Carmesin 2009] CARMESIN, Hans-Otto: Projekttag Energie in Klasse 7: Von Fotovoltaik bis Biodiesel. In: NORDMEIER, Volker (Hrsg.) ; GRÖTZEBAUCH, Helmuth (Hrsg.) ; Deutsche Physikalische Gesellschaft, ISBN: 978-3-86541-371-0 (Veranst.): *Tagungs-CD Fachdidaktik Physik*. Berlin, 2009
- [Carmesin 2010] CARMESIN, Hans-Otto: Entdeckung von Dipolfeldern mithilfe des EKGs in der 11. Klassenstufe des Gymnasiums. In: *PhyDid B Internetzeitschrift* ISSN 2191-379X (2010), S. 1–5
- [Carmesin 2014a] CARMESIN, Hans-Otto: Trägheitskraft - eine spannende Brücke zwischen lebensweltlichen Sinneseindrücken und der Newton'schen Mechanik. In: *MNU* 67/3 (2014), S. 176–181
- [Carmesin 2014b] CARMESIN, Hans-Otto: Trägheitskraft - eine spannende Brücke zwischen lebensweltlichen Sinneseindrücken und der Newton'schen Mechanik - ein Unterrichtsversuch I. In: *MNU* 67/5 (2014), S. 282–288
- [Carmesin 2014c] CARMESIN, Hans-Otto: Trägheitskraft - eine spannende Brücke zwischen lebensweltlichen Sinneseindrücken und der Newton'schen Mechanik - ein Unterrichtsversuch II. In: *MNU* 67/8 (2014), S. 478–485
- [Carmesin u. a. 2012] CARMESIN, Hans-Otto ; MARTENS, Klaus ; RÖSLER, Karl: Fotovoltaik im Unterricht - Dreifacher Wirkungsgrad - eine Revolution in der Solartechnik? In: *MNU* 65/6 (2012), S. 340–348
- [Duit 1997] DUIT, Reinders: Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht - Anspruch und Realität. In: *PLUS LUCIS* 1 (1997), S. 3–13
- [Elster 2008] ELSTER, Doris: *Was interessiert Jugendliche an den Naturwissenschaften?* Download 2008. [www.univie.ac.at/pluslucis/FBW0/FBW2008/Material/FBW\\_2008\\_Elster.pdf](http://www.univie.ac.at/pluslucis/FBW0/FBW2008/Material/FBW_2008_Elster.pdf). Version: 2008
- [Gudjons 1997] GUDJONS, Herbert: *Pädagogisches Grundwissen*. 5. Bad Heilbrunn : Klinkhardt Verlag, 1997

- 
- [Hattie 2009] HATTIE, John: *Visible Learning*. London : Taylor and Francis Ltd, 2009
- [Hoppe u. a. 1982] HOPPE, Walter ; LOHMANN, Wolfgang ; MARKL, Hubert ; ZIEGLER, Hubert: *Biophysik*. 2. Berlin : Springer, 1982
- [Karttunen u. a. 1996] KARTTUNEN, Hannu ; KRÖGER, Pekka ; OJA, Heikki ; POUTANEN, Markku ; DONNER, Karl: *Fundamental Astronomy*. 3. Berlin : Springer, 1996
- [Marzano 1998] MARZANO, Robert J.: *A Theory-Based Meta-Analysis of Research on Instruction*. Aurora, Colorado : Mid-continent Educational Laboratory, 1998 [www.mcrel.org](http://www.mcrel.org)
- [Müller 2007] MÜLLER, Rainer: *Physik in interessanten Kontexten*. Kiel : Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften (Piko-Handreichung), 2007
- [Müller u. a. 1998] MÜLLER, Wieland ; BITTMANN, Frank ; WINTER, Rolf: *Impulse Physik 2 - Medizin+Physik*. Stuttgart : Klett, 1998
- [Muckenfuß 1995] MUCKENFUSS, Heinz: *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin : Cornelsen, 1995
- [Schmidt u. Thews 1995] SCHMIDT, Robert ; THEWS, Gerhard: *Physiologie des Menschen*. 26. Berlin : Springer, 1995
- [Spitzer 2000] SPITZER, Manfred: *Geist im Netz*. Heidelberg : Spektrum, 2000
- [Spitzer 2006] SPITZER, Manfred: *Lernen*. Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag, 2006
- [Uffrecht u. Poppe 2002] UFFRECHT, Ulrich ; POPPE, Torsten: *Himmelsmechanik und Raumfahrt*. Stuttgart : Klett, 2002
- [Unsöld u. Baschek 1999] UNSÖLD, Albrecht ; BASCHEK, Bodo: *Der neue Kosmos*. 6. Berlin : Springer, 1999
- [Wagenschein 1968] WAGENSCHIN, Martin: *Verstehen lehren*. Weinheim : Beltz Verlag, 1968
- [Würfel 2000] WÜRFEL, Peter: *Physik der Solarzellen*. Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag, 2000