

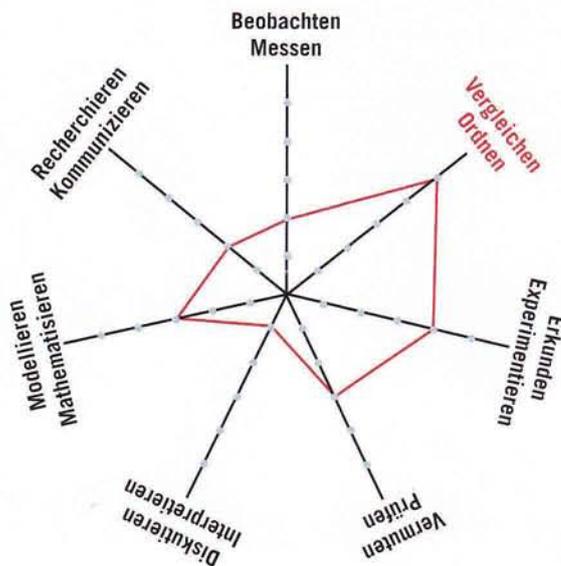


Lutz Stäudel

## Der gelbe Sack

Vergleichen und Klassifizieren anhand abstrakter Eigenschaften

In der Chemie hat das Vergleichen und Ordnen in der Regel nur wenig mit dem Aussehen oder der Funktion einer Sache zu tun. Im Mittelpunkt stehen Eigenschaften, die weitgehend unabhängig von Verwendungszwecken stehen und z. T. „unsichtbar“ bzw. nur im Labor demonstrierbar sind. Das Sortieren von Kunststoffen aus dem Gelben Sack ermöglicht eine Annäherung an den Eigenschaftsbegriff im Kontext eines technischen Alltagsproblems.



### Materialien für praktische Arbeiten

- ▶ Pro 4-er Gruppe ein Experimentierblech mit Schutzbrillen, Tiegelzange, Reagenzglas, Brenner, Becherglas, Pipette, Schnappdeckelglas mit Aceton, Kochsalz, Reagenzglasständer, Kunststoffproben
- ▶ Verpackungen aus:
  - PET: Spülmittelflaschen und Colaflaschen
  - PE: Plastiktüten, Beutel, Luftpolsterfolie
  - PVC: Sichtfenster von Kartonagen, Verpackungen für Kleinteile
  - PP: Joghurt-, Margarinebecher
  - PS: Sahne-, Schmand-, Yoghurtbecher

### Zum Kopieren

- ▶ MATERIAL 1, S. 44 stellt das Prinzip der Recyclingsymbole auf Kunststoffverpackungen vor. Die Schüler sollen herausfinden, welche Stoffe sich hinter den Kennziffern und -buchstaben verbergen.
- ▶ MATERIAL 2, S. 45 erzählt die Geschichte einer unbekanntem Verpackung in einer Abfallsortieranlage. Dazu wird eine Prüfvorschrift entwickelt, mit der das Rätsel um das Verpackungsmaterial gelöst wird.

Die Unmöglichkeit, den in der Chemie verwendeten Eigenschaftsbegriff durch einmalige Vermittlung zu verdeutlichen, liegt auf der Hand. Wie beim Teilchenbegriff oder bei den Vorstellungen von Energie oder Wechselwirkungen bedarf es vielmehr vielfältiger Anwendungssituationen, in denen Stoffeigenschaften eine besondere Rolle spielen, sowie steter expliziter Hinweise und Verdeutlichungen nach dem Motto „Dieses Reaktionsverhalten des Stoffes X ist eine seiner Eigenschaften unter den betreffenden Bedingungen“.

Um Schülern das Thema „Stoffe und Stoffeigenschaften“ nahe zu bringen, wird für den Unterricht meist eine der drei folgenden Strategien empfohlen:

- die Verknüpfung von Stoffeigenschaften mit Trennverfahren (vgl. Bögler 2003, Liesering/Stäudel 1987),
- die Bewusstmachung des Eigenschaftsbegriffs und die anschließende Abgrenzung zwischen alltäglicher und fachbezogener Verwendung (Theune/Stamme 2000),
- die Identifizierung von Stoffen über ihre Eigenschaften, oft als Vergleich von fünf oder mehr „weißen Stoffen“ (Neider 2003).

Ein weitere Möglichkeit stellt die Prüfung unbekannter Materialien dar, wie sie etwa beim Sortieren eines Gelben Sacks anfallen.

### Eigenschaften von Kunststoffen herausfinden

Nach einer Einführung (z. B. mittels eines Videos zu Kunststoffabfällen und Kunststoffrecycling) teilen sich die Schüler in 4-er Gruppen auf. Sie erhalten **Material 1** mit dem Arbeitsauftrag, die Recyclingsymbole von Kunststoffverpackungen zu untersuchen und herauszufinden, welche Stoffe sich hinter den Kennziffern und Buchstaben verbergen.

Je nach Ausstattung suchen die Schüler nach Informationen im Schulbuch, im Chemielexikon oder im Internet (z. B. unter [www.abfall-info.de](http://www.abfall-info.de)), ggf. auch offline in einer Datenbank oder Mediothek. In der Regel werden Daten zum thermischen Verhalten, zum Verhalten in der Flamme sowie zur Dichte herausgeschrieben, oft aber auch weitere Angaben zum mechanischen und chemischen Verhalten.

Bei der anschließenden Vergewisserung im Plenum über die gewonnenen Informationen kann der in der Chemie benutzte Eigenschaftsbegriff

kurz thematisiert werden. Dabei kann u. a. noch einmal deutlich gemacht werden, dass die Farbe eines Verpackungsmaterials sowie dessen Form nicht zu den Stoff-Eigenschaften im chemischen Sinn zählen, weil man – wie den Schülern bekannt ist – Kunststoffe praktisch in jede Form bringen und beliebig durch zugesetzte Pigmente einfärben kann.

Zur Fortsetzung der Gruppenarbeit werden der einleitende Text von **Material 2** sowie die sich anschließende erste Aufgabe gemeinsam besprochen, damit der Auftrag für die Gruppenarbeit klar ist.

Insbesondere kann den Schülern dabei verdeutlicht werden, dass sie in der Tat einfache Prüfverfahren finden sollen, die auch schnell und ohne große Vorkenntnisse durchführbar sind.

Im Ergebnis zeigt sich, dass von den Schülern praktisch alle zuvor zusammen getragenen Stoffeigenschaften für eine Prüfung vorgeschlagen werden:

- Verhalten beim Erhitzen/  
thermische Verformbarkeit;
- Verhalten beim Verbrennen;
- Dichte/spezifisches Gewicht;
- Elastizität;
- Lösungsverhalten mit verschiedenen Lösungsmitteln.

Bei der Diskussion der Vorschläge finden die Schüler schnell heraus, dass das Verhalten beim Erhitzen nur bedingt zur Unterscheidung verschiedener Proben geeignet ist, da es meist keinen einheitlichen „Schmelzpunkt“ bei Kunststoffen gibt, sondern – je nach Vernetzungsgrad – mehr oder weniger gut definierte Erweichungsintervalle, oft begleitet von Zersetzung. Vorgeschlagen wird dennoch häufig, eine Probe in den Heißluftstrom eines Föns oder einer Heißluftpistole zu halten oder eine Probe eine Minute in kochendes Wasser einzutauchen und danach die Verformbarkeit zu testen.

Das Prüfkriterium „Dichte“ lässt sich dagegen leicht umsetzen: Nach gelegentlichen Umwegen (Wiegen einer Probe, Volumenbestimmung durch Eintauchen in einen wassergefüllten Standzylinder und daraus Berechnung der Dichte) schlagen die Schüler z. B. vor, jeweils ein kleines Stück des zu testenden Materials in ein Glas mit Wasser zu geben. Wenn es untergeht, ist seine Dichte größer als 1, und es handelt sich vermutlich um PS, PET oder PVC, wenn es schwimmt, ist es ein anderer Kunststoff, z. B. PE oder PP.

**Tabelle: Eigenschaften von Kunststoffen**

|   | Polyethylen PE<br>(ND und HD)    | Polyvinylchlorid<br>PVC | Polystyrol<br>PS     | Polyethylen-<br>terephthalat<br>PET | Polypropylen<br>PP                     |
|---|----------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|--|
| <b>Dichtetest<br/>mit Wasser</b>  | schwimmt                         | sinkt zu Boden          | sinkt zu Boden       | sinkt zu Boden                      | schwimmt                               |
| <b>(Dichte)</b>   | < 0,96                           | 1,38                    | 1,05                 | 1,38                                | 0,91                                   |
| <b>Brennprobe</b>   | brennt und<br>schmilzt dabei     | nicht zulässig          | stark rußend         | schmilzt,<br>Flamme<br>erlischt     | brennt stark<br>rußend und<br>schmilzt |
| <b>Thermische<br/>Verformbarkeit</b>  | erweicht ober-<br>halb 80–100 °C | schmilzt<br>ab 80 °C    | erweicht<br>ab 90 °C | stabil<br>bis 255 °C                | stabil<br>bis ca. 160 °C               |
| <b>Verhalten<br/>gegenüber<br/>Lösungsmitteln<br/>(Auffropfen von Aceton)</b> | –                                | –                       | +                    | –                                   | –                                      |

– keine Reaktion;    + Reaktion

## Beispiele für fertige Prüfvorschriften

Nimm die Probe und tauche sie in ein Glas mit Wasser.

- ▶ **Wenn die Probe schwimmt, dann ist es PE oder PP.**

Trockne die Probe ab.  
Halte die Probe vorsichtig in die Flamme des Bunsenbrenners.

- ▶ **Wenn sie stark rußt, ist es PP.**
- ▶ **Wenn es nicht oder nur wenig rußt, ist es PE.**

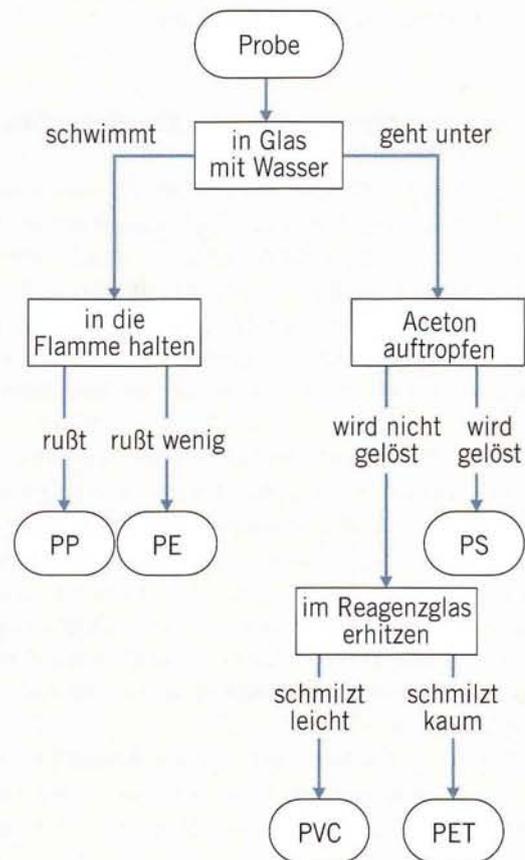
- ▶ **Wenn die Probe untergeht, dann ist es PS, PET oder PVC.**

Trockne die Probe ab.  
Lege die Probe auf eine feste Unterlage und tropfe mit der Pipette einen Tropfen Aceton darauf.

- ▶ **Wenn sich der Kunststoff löst, ist es PS.**
- ▶ **Wenn er sich nicht löst, dann spüle den Tropfen Aceton ab.**

Stecke die Probe in ein Reagenzglas und halte das Glas in die heiße Brennerflamme.

- ▶ **Wenn die Probe schnell schmilzt, ist es PVC.**
- ▶ **Wenn die Probe nur schwer schmilzt, ist es PET.**



**TIPP:** Manche Gruppen schlagen an dieser Stelle vor, Flüssigkeiten mit unterschiedlicher Dichte zu verwenden. Allerdings fehlen ihnen in dieser Altersstufe dazu die Kenntnisse geeigneter Stoffe. Man kann diesen Vorschlag jedoch weiter mit dem Rat unterstützen, unterschiedlich konzentrierte Kochsalzlösungen herzustellen. Das Ergebnis wird an verschiedenen Stellen beschrieben: In einer gesättigten NaCl-Lösung (1,18) schwimmen PS und PE auf der Oberfläche und PVC und PET sinken zu Boden.

Abgewandelt könnte man dieses Experimente auch durch zwei Dichte-Prüfstationen nutzen: Zum einen prüft man mit reinem Wasser Dichten  $> 1$  oder  $< 1$ , zum anderen verwendet man eine Kochsalzlösung (10 g NaCl auf 100 ml Wasser), um zwischen PET (1,38) und PVC (1,38–1,45) einerseits und PS (1,05) zu unterscheiden.

Durch eine Brennprobe kann man insbesondere PS und PP von anderen Kunststoffen unterscheiden, da beide mit stark rußender Flamme brennen. Das Verbrennen von PVC ist im Schülerversuch wegen der Bildung von Dioxinspuren nicht zulässig; unter dem Abzug ist eine Demonstration möglich. Allerdings scheidet das Verfahren aus Sicherheitsgründen für den angegebenen Zweck der „schnellen Prüfung“ aus.

Von den im Verpackungsbereich eingesetzten Kunststoffen löst sich (unter Normalbedingungen) lediglich PS in verschiedenen Lösungsmitteln. Aus Sicherheitsgründen kann man jedoch nur einen Test mit sehr geringen Lösungsmittelmengen zulassen. Dies wird von den Schülern nur selten vorgeschlagen, kann aber während dieser Plenumsphase von der Lehrkraft ergänzt werden: Bringt man einen Tropfen Aceton auf eine PS-Probe, so kann man sofort einen Lösungseffekt beobachten.

### Zur eindeutigen Bestimmung braucht man mehr als eine Eigenschaft

Die von den Gruppen vorgeschlagenen Prüfvorschriften bestehen zu diesem Zeitpunkt meist nur aus einem einzigen Schritt. Beim Zusammentragen an der Tafel (vgl. **Tabelle** S. 34) wird deutlich, dass zur eindeutigen Bestimmung der Probe mehr als nur eine Eigenschaft herangezogen werden muss. Mit dieser Erkenntnis gibt man den Arbeitsauftrag ein zweites Mal in die Gruppen.

Dabei werden den Schülern die Sicherheits Einschränkungen mitgeteilt, z. B. dass eine Probe, die aus PVC besteht, nicht angezündet werden darf.

Nach Fertigstellung präsentieren die Gruppen ihre Prüfvorschrift der Lehrkraft. Gruppen, die bereits mit Blockdiagrammen oder Entscheidungsbäumen gearbeitet haben, stellen ihre Prüfvorschrift u. U. grafisch dar (vgl. **Kasten** S. 34).

Hat eine Gruppe eine durchführbare Prüfvorschrift entwickelt, nimmt sie anschließend vom Lehrertisch ein Experimentiertablett mit zum Platz, auf dem Proben von jeder Kunststoffsorte, eine unbekannte Probe sowie das notwendige Experimentiermaterial und Schutzbrillen zusammengestellt sind.

Bei großer praktischer Erfahrung der Schüler lässt man alle bekannten Proben sowie die unbekannte arbeitsgleich nach der Prüfvorschrift bestimmen, bei weniger geübten Gruppen führt jede Gruppe nur die Untersuchung einer Kunststoffprobe durch und lässt die Versuchsanordnung samt Durchführungsanleitung dann als Station für die nächsten Gruppen stehen.

Die Auswertung erfolgt durch kleine Tabellen, die für jede Kunststoffprobe angelegt werden und auf denen die Prüfergebnisse eingetragen werden.

### Literatur

- Bögler, K. u. a.: Durcharbeiten. Vom Schulbuchversuch zum selbst geplanten Modellversuch. In: Unterricht Chemie 76/77, 2003, S. 30–32
- Liesering, S./Stäudel, L.: Hausmüll – Stofftrennungen am praktischen Beispiel. Marburg 1987
- Theune, B./Stamme, M.: Riechen, Schauen, Tasten. Lernzirkel Stoffeigenschaften. In: Unterricht Chemie 58/59, 2000, S. 10–14
- Neider, L.: Anfängen – aber wie? Chemieanfangsunterricht in Klasse 11. In: Unterricht Chemie 76/77, 2003, S. 35–36
- Domininghaus, H.: Kunststoffe. Ravensburg 1974

## Kunststoffe im Gelben Sack

Kunststoffabfälle aus dem Gelben Sack werden zu den Sammel- und Sortierstellen gebracht. Dort werden die Verpackungsmaterialien nach Art der verwendeten Kunststoffe sortiert. Das geschieht in den allermeisten Fällen per Hand. Ein Sortierer kennt nach kurzer Zeit das Aussehen der meisten großen Verpackungsartikel und weiß, aus welchem Kunststoff sie bestehen.

Wenn er sich einmal unsicher ist, kann er auf dem Verpackungsteil selbst nachsehen und nach der gesetzlich vorgeschriebenen Kennzeichnung suchen. Meist findet er ein Recyclingsymbol in Form dreier dreieckförmig verlaufender Pfeile mit einer Zahl in der Mitte, oft ergänzt durch zwei oder drei Buchstaben.

| Kennziffer | Kennbuchstaben | Name | Eigenschaft 1 | Eigenschaft 2 |
|------------|----------------|------|---------------|---------------|
| 01         | PET            |      |               |               |
| 02         | PE             |      |               |               |
| 03         | PVC            |      |               |               |
| 05         | PP             |      |               |               |
| 06         | PS             |      |               |               |



### AUFGABEN

- ▶ Finde heraus, welche Stoffe sich hinter den Kennziffern und -buchstaben der Recyclingsymbole verbergen.
- ▶ Schau im Schulbuch bzw. im Internet nach, welche Eigenschaften diese Stoffe haben und wodurch sie sich voneinander unterscheiden.
- ▶ Trage die gefundenen Informationen in die Tabelle ein.

## Aus welchem Kunststoff besteht die Verpackung?

In einer Sortieranlage des Dualen System Deutschlands (DSD) ist plötzlich eine unbekannte Verpackung in größerer Menge aufgetaucht. Sie trägt keine Kennzeichnung, aber es gibt so viele Exemplare davon, dass man sie nicht einfach verbrennen kann. Also muss durch eine Materialprüfung geklärt werden, aus welchem Kunststoff die neue Verpackung besteht.



### AUFGABE A

- ▶ Entwickelt in eurer Gruppe eine möglichst einfache Prüfvorschrift, mit der schnell und eindeutig geklärt werden kann, welcher der 5 Hauptkunststoffgruppen die neue Verpackung angehört.

**Hilfe:** Benutzt dazu die Informationen, die ihr über die Recherche zu den Kunststoffkennzeichnungen herausgefunden habt.

- ▶ Falls ihr mit einer einzelnen Prüfvorschrift zu keinem eindeutigen Ergebnis kommen könnt, dann stellt mehrere Prüfverfahren zusammen. Wenn mehrere Tests nacheinander durchzuführen sind, dann gebt an, in welcher Reihenfolge sie sinnvollerweise ausgeführt werden sollen.

---



---



---



---



---

### AUFGABE B

- ▶ Überprüft bekannte Proben der einzelnen Kunststoffe mit dem von euch entwickelten Verfahren.
- ▶ Testet zuletzt den ausgeteilten „unbekannten“ Kunststoff und ordnet ihn einer der Kunststoffgruppen zu.

## **IMPRESSUM**

Reinders Duit/Harald Gropengießer/Lutz Stäudel

### **Naturwissenschaftliches Arbeiten**

Unterricht und Material 5-10

2. Auflage 2007

© Erhard Friedrich Verlag GmbH,  
30926 Seelze-Velber

### **Redaktion**

Dr. Stefanie Krawczyk  
Anne Meyhöfer

### **Realisation**

Beate Franck-Gabay/André Klemm,  
Friedrich Medien-Gestaltung

### **Verlag**

Erhard Friedrich Verlag GmbH  
Im Brande 17, 30926 Seelze-Velber

### **Druck**

Jütte-Messedruck Leipzig GmbH, Printed in Germany

### **Vertrieb**

Friedrich Leserservice  
Postfach 10 01 50, D-30917 Seelze  
Telefon 0511/40 00 4-0  
Telefax 0511/40 00 4-219  
leserservice@friedrich-verlag.de

**Bestell-Nr. 92366**

Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten.  
Die als Material bezeichneten Unterrichtsmittel dürfen bis zur  
Klassen- bzw. Kursstärke vervielfältigt werden.

**Besuchen Sie uns im Internet unter [www.friedrichonline.de](http://www.friedrichonline.de)**

# Inhalt

REINDERS DUIT, HARALD GROPEGIEBER, LUTZ STÄUDEL

## Naturwissenschaftliches Arbeiten

Eine Einführung

4

LUTZ STÄUDEL

## Die Spinnennetz-Methode

Analyse naturwissenschaftlicher Arbeitsformen im Unterricht

9

## 1. BEOBACHTEN UND MESSEN \_\_\_\_\_ 10

JÖRG ZABEL

### Was tut das Tier?

Beobachten und Deuten lernen anhand von Verhaltensprotokollen

Biologie ab Klasse 7

12

ELKE PETER

### Der Öfläschchen-Versuch

Beobachtungen formulieren und kritisch bewerten

Chemie ab Klasse 8

18

GERMAN HACKER

### 1 Milka – eine vorläufige Einheit der Kraft

Zum Messen in den Naturwissenschaften

Physik ab Klasse 8

24

## 2. VERGLEICHEN UND ORDNEN \_\_\_\_\_ 30

LUTZ STÄUDEL

### Der Gelbe Sack

Vergleichen und Klassifizieren anhand abstrakter Eigenschaften

Chemie ab Klasse 8

32

MARCUS HAMMANN

### Tiere ordnen

Ein Methodentraining zum kriteriengeleiteten Vergleichen

Biologie Klasse 5

38

GUNNAR FRIEGE

### Stromkreise „sortieren“

Vergleichen, Kategorien entwickeln und Ordnen im Physikunterricht

Physik ab Klasse 9

47

## 3. ERKUNDEN UND EXPERIMENTIEREN \_\_\_\_\_ 52

MARTIN STAMME, LUTZ STÄUDEL

### Die Zustandsformen des Wassers

Erfahrungen rekonstruieren durch Experimentieren

Chemie ab Klasse 6

54

ROLF HEROLD, SIEGFRIED BUREK, STEPHAN SPÄTH

### Heimversuche

Gelegenheiten für eigenständiges Experimentieren

Physik ab Klasse 8

60

ELKE PETER

### Was brauchen Kressesamen zum Keimen?

Experimente als Schiedsrichter

Biologie ab Klasse 5

64

## 4. VERMUTEN UND PRÜFEN \_\_\_\_\_ 70

TANJA RIEMEIER

### Alpenveilchen in der Tinte

Vorhersagen prüfen durch Versuche

Biologie ab Klasse 7

72

HARALD GROPEGIEBER, DIRK KRÜGER

**Hautatmung beim Menschen**

Einem kleinen Versuch naturwissenschaftlichen Geist einhauchen

Biologie ab Klasse 7

78

GUNNAR FRIEGE, KLAUS MIE

**Elektrische Black-Boxen**

Hypothesen bilden und prüfen

Physik ab Klasse 9

82

**5. DISKUTIEREN UND INTERPRETIEREN**

88

LUTZ STÄUDEL

**Gasentwicklung von Brausetabletten**

Versuchsergebnisse deuten und eine Lösungshypothese entwickeln

Chemie/Biologie  
ab Klasse 9

90

SANDRA FRIEDRICH, WOLFGANG RUPPERT

**Leben aus der Uruppe**

Einen Zeitungsartikel aus naturwissenschaftlicher Perspektive lesen

Chemie/Biologie  
ab Klasse 8

97

MICHAEL KOMOREK, REINDERS DUIT, HELGA STADLER

**Ein chaotisches System erklären**

Von Beobachtungen und Vermutungen zum  
Argumentieren und Interpretieren

Physik ab Klasse 9

100

**6. MODELLIEREN UND MATHEMATISIEREN**

104

JÖRG ZABEL

**Wie funktioniert die Bauchatmung?**

Funktionsmodelle veranschaulichen Prozesse

Biologie ab Klasse 7

106

DOMINIK LEIB

**Die Wanne ist voll, juchhuhu ...**

Von der Analyse eines Funktionsgraphen zur Interpretation

Alle Fächer  
ab Klasse 8

113

LUTZ STÄUDEL

**Wie lässt sich der Grundumsatz des menschlichen Körpers messen?**

Modellierung eines (dynamischen) Systems mit Hilfe  
einer Reaktionsgleichung

Chemie/Biologie  
ab Klasse 9

116

SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, ANTJE LEISNER

**Lernen über Teilchenmodelle**

Das Denken in Modellen fördern

Physik ab Klasse 8

122

**7. RECHERCHIEREN UND KOMMUNIZIEREN**

128

JORGE GROB

**Lichtintensität und Pupillenweite**

Wie entsteht aus Messdaten eine aussagefähige Grafik?

Biologie ab Klasse 9

130

SINUS NATURWISSENSCHAFTEN HESSEN

**Lautes Denken**

Beim Sprechen die Gedanken klären

Chemie ab Klasse 7

138

AUSBlick

LUTZ STÄUDEL

**Unterrichtsentwicklung in der Fachgruppe**

Praktische Hinweise für die Fachgruppen-Diskussion

142