

Haben Sie sich schon einmal bewusst gemacht, wie viele Darstellungsformen Sie in Ihrem naturwissenschaftlichen, aber auch im sonstigen Unterricht eigentlich verwenden? Sie werden erstaunt sein, wie viele es sind. Sie werden außerdem erstaunt sein, wie viele Möglichkeiten sich daraus zur Visualisierung ergeben, und zwar nicht aus Zwang heraus, sondern auf der Hand liegend.

Josef Leisen

Institution: Studienseminar für Gymnasien in Koblenz (Rheinland-Pfalz)

Jahrgang: Klassen 5–10

Fach: Naturwissenschaften, Physik, alle Fächer

Stichworte: Visualisierung, Verbalisierung, Darstellungsform, Gegenstand, Bild, Sprache, Symbol

Visualisierung durch den Wechsel der Darstellungsformen

Der (naturwissenschaftliche) Unterricht ist voller Darstellungsformen

Durchforsten Sie einige Ihrer Unterrichtsstunden einfach einmal auf die verwendeten Darstellungsformen.

Die systematische Zusammenstellung in der *Abbildung 1* zeigt Ihnen zum einen die wichtigsten Darstellungsformen und zum anderen, dass diese auf verschiedenen Abstraktionsniveaus liegen.

- Die *gegenständliche Darstellung* ist konkret und handgreiflich. Gegenstände, Experimente und Handlungen sind häufig genutzte Formen der Darstellung im experimentellen Unterricht.
- Die *bildliche Darstellung* bedient sich der Bildsprache. Die Darstellung erfolgt in Fotos, Bildern, Filmleisten, Zeichnungen, Skizzen usw.
- In der *sprachlichen Darstellung* sind Texte eine bevorzugte Darstellungsform. Aber auch sprachlich und grafisch orientierte Darstellungen wie Mindmaps, Gliederungen und Begriffsnetze gehören dieser Ebene an, wenn sie viele sprachliche Anteile enthalten. Nicht nur der geschriebene Text, sondern auch das gesprochene Wort gehört auf diese Ebene.
- Die *symbolische Darstellung* nutzt abstrakte Symbolisierungsformen wie Strukturdiagramm, Flussdiagramm, Graph, Tabelle usw. Der Umgang mit der Symbolsprache verlangt vom Lerner ein beachtliches Abstraktionsvermögen. Die abstrakteste Darstellung eines Sachverhaltes findet auf der mathematischen Ebene statt.

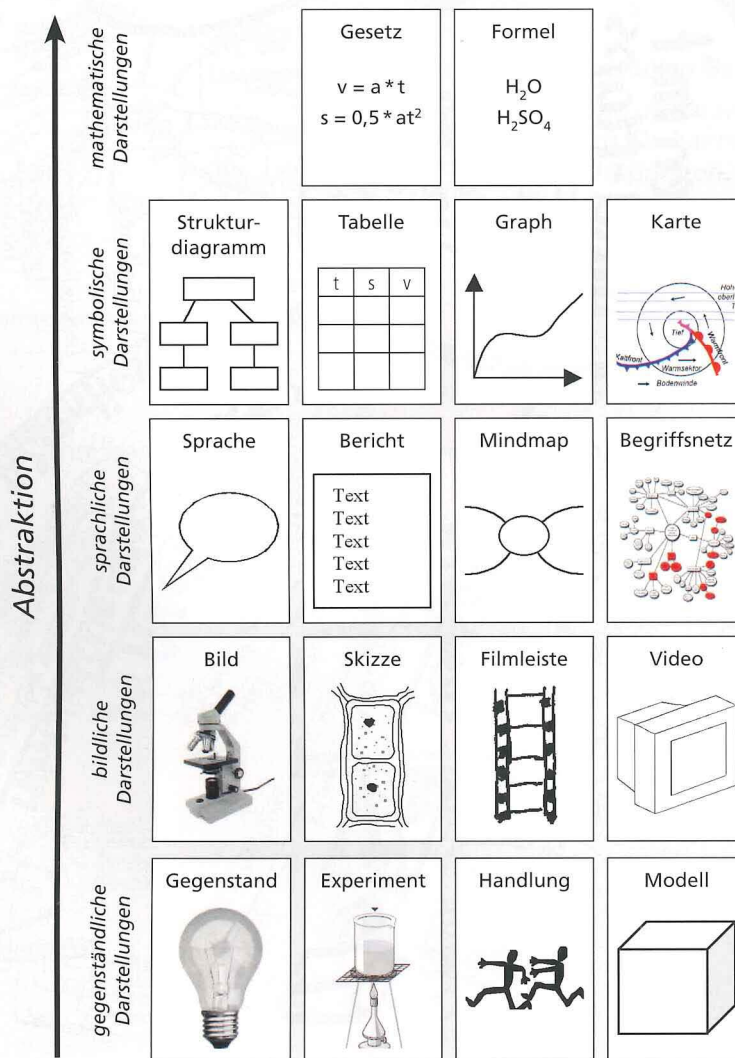


Abbildung 1: Systematik der Darstellungsformen

Abbildungen: Josef Leisen

Kann ich diese Darstellungsformen methodisch nutzen?

Zunächst muss betont werden, dass die Darstellungsformen zum

originären naturwissenschaftlichen Arbeiten gehören. So werden beispielsweise Experimente in einer Versuchsskizze dargestellt und in einem Text beschrieben. Die Ergebnisse werden in einer Tabelle notiert und anschließend grafisch dargestellt. Induktiv wird ein Gesetz abgeleitet und mathematisch formuliert. Anschließend wird das Ergebnis an Beispielen verbalisiert und die neuen Begriffe werden zum Abschluss in einem Begriffsnetz dargestellt. Dabei wird eine ganze Palette von Darstellungsformen genutzt.

Auf der einen Seite wird das Lernen dadurch erschwert, weil gerade die abstrakten Darstellungsformen den Lernern schwerfallen, für einen anspruchsvollen Unterricht aber unverzichtbar sind. Auf der anderen Seite erleichtern die verschiedenen Darstellungsformen das Verstehen, weil der Sachverhalt mehrfach und unterschiedlich angegangen wird. Der Wechsel der Darstellungsformen ist also ein Element naturwissenschaftlichen Arbeitens und gleichzeitig eine Quelle des Verstehens, die methodisch genutzt werden sollte.

Und welche Rolle spielt dabei die Visualisierung?

Als Visualisierung kann man jeden Wechsel in visuelle Darstellungsformen verstehen, also solche mit gegenständlichen, bildhaften und symbolischen Elementen. Danach ist das Symbolisieren ein Teil des Visualisierens, nämlich auf hoher abstrakter Ebene. Die Visualisierung soll das Verstehen abstrakter, komplexer und komplizierter Sachverhalte und Zusammenhänge erleichtern. Ein Sachverhalt wird nämlich leichter und besser verstanden, wenn er von verschiedenen Formen der Darstellung heraus angegangen wird. Die Visualisierung kann sowohl eine Erhöhung als auch eine Erniedrigung der Abstraktionsstufe zur Folge haben. Meistens jedoch handelt es sich bei der Visualisierung um einen Wechsel von der verbalen in eine visuelle Darstellungsform.

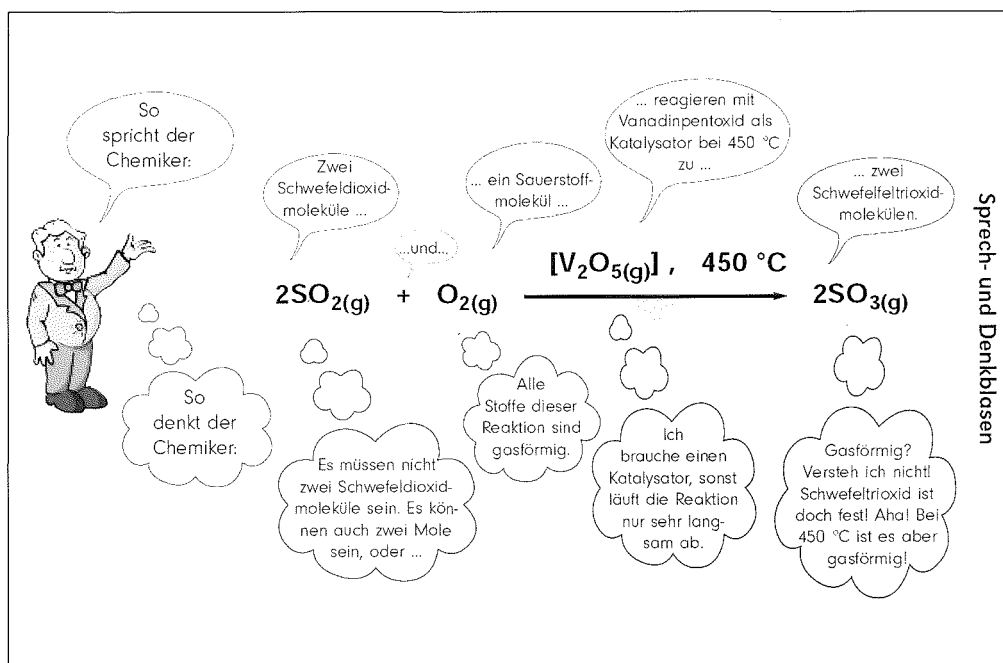


Abbildung 2: Verbalisierung einer symbolischen Darstellung

Und wie ist dabei das Verhältnis von Visualisierung und Verbalisierung?

In Sachtexten dienen visualisierende Elemente dazu, das Verständnis zu fördern. Verbal dargestellte Sachverhalte werden durch Fotos, Bilder, Skizzen, Diagramme, Tabellen, Graphen usw. erläutert, illustriert, ergänzt, wiederholt, belegt, kommentiert, hervorgehoben, mit Vorwissen assoziiert usw. Danach ist die Visualisierung eine ergänzende Beigabe, die das Verständnis fördert.

Wie viel Verbalisierung braucht umgekehrt die Visualisierung? Symbolische Darstellungen, beispielsweise eine chemische Reaktionsgleichung, werden im Unterricht begleitend verbalisiert, aber in den seltensten Fällen schriftlich notiert. Sprechblasen und Denkblasen sind ein ungeeignetes Instrument, flüchtige Verbalisierungen festzuhalten (siehe *Abbildung 2*).

Im Grunde fordern alle Visualisierungen zur Verbalisierung heraus. Der Weg der Visualisierung ist keine Einbahnstraße, er muss auch zurückführen. Wer im Unterricht visualisiert, muss auch verbalisieren – und umgekehrt. In dem nachfolgenden Beispiel aus dem Physikunterricht der Klassenstufe 8 oder 9 werden ver-

schiedene Formen der Visualisierung und das Verhältnis zur Verbalisierung dargestellt.

Ein Beispiel zum Visualisieren und Verbalisieren zeigt es

In einem Physikbuch (vgl. Literatur) wird das *Gesetz des Archimedes* folgendermaßen formuliert:

Das Gesetz des Archimedes
 Durch den Schweredruck erfährt jeder eingetauchte Körper eine nach oben wirkende Auftriebskraft. Sie verringert scheinbar die Gewichtskraft.
 Die Auftriebskraft hat den gleichen Betrag wie die Gewichtskraft der durch den Körper verdrängten Flüssigkeit.

Ohne Visualisierung, ohne Vergegenständlichung, ohne Verbalisierung auf einfacheren Sprachebenen ist dieses Gesetz für Schüler nicht verstehbar.

Visualisierung auf der gegenständlichen Ebene

Auf der gegenständlichen Ebene wird das historische Experiment von *Archimedes* mit Knete als Gold, einem Holzring als minderwertigem Metall, einer Balkenwaage und einer mit Wasser gefüllten Wanne nachempfunden.



Abbildungen 3a–3e: Das Auftriebsexperiment als Realexperiment nach Archimedes

Dies ist die überzeugendste und einfachste Form der Visualisierung (siehe *Abbildungen 3a–3e*).

Visualisierung auf der Bildebene

Das Realexperiment kann mittels einer Filmleiste dargestellt und verbalisiert werden (vgl. dazu die *Kopiervorlage* auf Seite 37).

Visualisierung auf der verbalen Ebene

Der auf der *Kopiervorlage* der Seite 38 dargestellte szenische Dialog verbalisiert das reale Experiment durch Einbindung in eine historische Erzählung. Die bislang beschriebenen Visualisierungen auf der Gegenstands- und Bildebene waren äußerlich sichtbar. Visualisierungen können aber auch innerlich als Vorstellungsbilder hervorgerufen werden, wie der Dialog an mehreren Beispielen zeigt, zum Beispiel: „*Ich stellte ich mir das Stück Seife immer wieder als Goldklumpen vor.*“ In dem Dialog wird eine Geschichte mit physikalischen Inhalten in Gedanken visualisiert.

Visualisierung auf der symbolischen Ebene

Auf der symbolischen Ebene können mittels des archimedischen Auftriebskörpers die Experimente zur Einführung der Auftriebskraft inklusive der symbolischen Kraftvektordarstellung durchgeführt werden. Hier werden die entsprechenden Kräfte symbolisch visualisiert. Auch diese Darstellung verlangt wieder nach einer Verbalisierung (siehe *Abbildung 4*).

Wie viel Visualisierung braucht der Schüler?

Zum Verstehen gibt es erfreulicherweise verschiedene Zugänge, die sich durch die verschiedenen Darstellungsformen eröffnen, und gerade das ist für den Unterricht eine methodische Chance. Die Antwort auf die Frage, wie viel Visualisierung der Schüler braucht, kann nur lauten: möglichst viel, denn sie eröffnet Lerngelegenheiten auf sehr verschiedenen Niveaus. Eine letzte Empfehlung: Nicht nur visualisieren, sondern auch den Weg zurückgehen.

LITERATUR

Leisen, J.: Wechsel der Darstellungsformen – Ein Unterrichtsprinzip für alle Fächer. In: Der Fremdsprachliche Unterricht Englisch, H. 78/2005, S. 9–11.
 Leisen, J. (Hrsg.): Methoden-Handbuch – Deutschsprachiger Fachunterricht (DFU). Bonn 1999 und 2003
 Hepp, R/ Krüger, A./Leisen, J. (Hrsg.): Methoden-Werkzeuge. Naturwissenschaften im Unterricht, H. 75-76/2003.
 Impulse Physik. Mittelstufe. Stuttgart 2002, S. 185.

Der Autor

Josef Leisen unterrichtete viele Jahre Physik und Mathematik an Schulen in Deutschland und im Ausland. Er ist Leiter des Studienseminars für Gymnasien in Koblenz und Honorarprofessor für Physikdidaktik an der Universität Mainz. Anschrift: Staatliches Studienseminar Gymnasien, Emil-Schüller-Straße 12, 56068 Koblenz E-Mail: leisen@studienseminar-koblenz.de

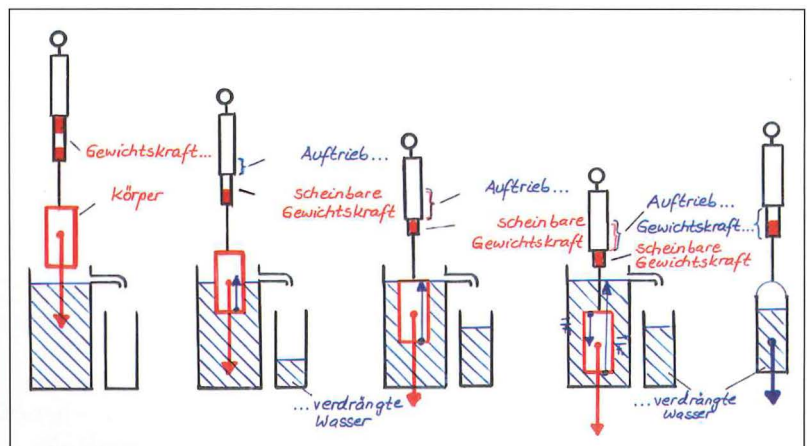
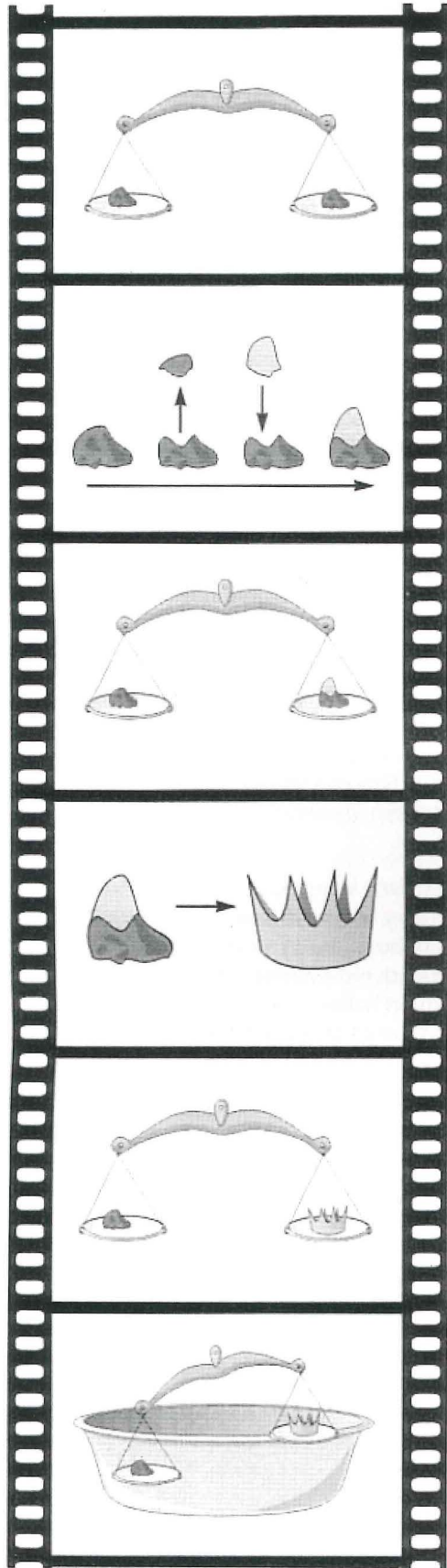


Abbildung 4: Bildfolge zum Experiment mit dem archimedischen Auftriebskörper mit den Kräften und Kraftvektoren

Das Auftriebsexperiment nach Archimedes

Filmleiste zur Beschreibung des Realexperiments



 Der König ...

Der Goldschmied ...

Die Mischung (Legierung) aus ...

Der Goldschmied ...

Die Krone ...

Quelle: Leisen, J.: Wechsel der Darstellungsformen – Ein Unterrichtsprinzip für alle Fächer. In: Der Fremdsprachliche Unterricht Englisch, H. 78/2005, S. 9–11.

Heureka! – Archimedes und die Badewanne

(Der folgende Dialog zwischen König Hieron II. von Syrakus und Archimedes ist erfunden.)

König Hieron: Mein lieber Archimedes. Nun herrsche ich schon seit fast 50 Jahren über unser schönes Sizilien. Erinnerst du dich noch an die Geschichte, als wir den Goldschmied erwischten?

5 **Archimedes:** Ja, ja, ich erinnere mich genau, als wäre es gestern gewesen. Ihr hattet Euch eine neue Krone anfertigen lassen. Wie üblich bekam der Goldschmied das Stück Gold und lieferte eine fertige Krone ab. Eine schöne Krone, das muss ich schon zugeben. Aber man ist misstrauisch. Es ist ja
10 bekannt, dass die Goldschmiede von dem Gold immer etwas stehlen und auf dem Schwarzmarkt verkaufen. Aber der war besonders schlau. Die Goldkrone wog ganz genau so viel, wie Sie ihm als Goldklumpen gaben. Das machte ihn sicher.

König Hieron: ... zu sicher, denn er hat nicht mit deiner List
15 gerechnet. Ich gab dir damals den Auftrag, den Kerl zu überführen. Du hast nachgedacht und nachgedacht, nichts fiel dir ein. Du warst sehr verärgert. Und dann plötzlich, in der Badewanne fiel es dir ein. Fast nackt kamst du zum Palast gelaufen und riefst: „Heureka, Heureka!“ Die ganze Stadt
20 lief zusammen, zu lustig. Ich denke so gern daran, mein lieber Archimedes. Wie kamst du bloß auf diese Idee? Du hast es ja auch in deinem Buch „Über schwimmende Körper“ beschrieben, aber ich höre es lieber von dir selbst.

Archimedes: Das war so: Während ich in der Badewanne saß,
25 stellte ich mir das Stück Seife immer wieder als Goldklumpen vor. Ich brach ein Stück davon ab. Ich dachte es mir als das, was der Goldschmied Ihnen stahl. Damit das Gewicht der Krone stimmte, musste er das abgebrochene Stück durch ein anderes Metall ersetzen.

30 **König Hieron:** ... ja, aber wieso sieht man das nicht?

Archimedes: Das ist leicht zu verstehen. Das Gold wird mit dem Metall eingeschmolzen, die beiden Metalle vermischen sich so, dass man das nicht sieht.

König Hieron: Und wie hast du ihm den Betrug nach-
35 gewiesen?

Archimedes: Ich habe mir den Goldklumpen durch das minderwertige Metall ersetzt vorgestellt. Aber Gold ist das schwerste Metall, das wir kennen, das heißt: Gold hat bei gleichem Gewicht ein kleineres Volumen als jedes andere Metall.
40 Also nimmt das Ersatzmetall ein größeres Volumen ein als das gestohlene Gold. Wenn ich nun beides unter Wasser tauche, dann ist das Ersatzmetall unter Wasser leichter als das Gold. Sie haben doch bestimmt schon mal beim Baden festgestellt, dass das Wasser beim Tragen hilft: Die Beine und Arme sind
45 unter Wasser leichter als in der Luft, die Seife und alles ist in Wasser leichter. Das Wasser hilft beim Tragen. Das nenne ich ‚Auftrieb‘. Je mehr Wasser von dem eingetauchten Gegenstand verdrängt wird, umso größer ist der Auftrieb, also die Hilfe des Wassers beim Tragen. Das ist ein Naturgesetz und
50 ich habe es in meinem Buch aufgeschrieben.

König Hieron: Ach so, ich verstehe. Das Ersatzmetall verdrängt mehr Wasser als der gestohlene Goldklumpen, weil Gold die größte Dichte hat.

Archimedes: Oh, Ihre Majestät beherrschen die Fachaus-
55 drücke: Dichte. Gut, gut!

König Hieron: Ja, wenn man ständig mit dir zu tun hat, dann lernt man doch eine Menge. Aber lass mich verstehen, wie der Kerl erwischt wurde. Weil das Ersatzmetall mehr Wasser verdrängt als Gold, hat das Ersatzmetall einen größeren
60 Auftrieb. Deshalb hat das Ersatzmetall unter Wasser ein kleineres Gewicht als der gestohlene Goldklumpen. Dann müsste also beides, an eine Balkenwaage gehalten, in der Luft gleich schwer sein. Wenn es aber beides in die Badewanne eingetaucht wird, müsste sich die Waagschale mit
65 der Krone heben. Genau das haben wir dann gemacht. Du erinnerst dich?

Archimedes: Sehr gut! Ihre Majestät hatten ihn in den Festsaal gebeten. Dort hatten Sie eine große Badewanne mit Wasser aufstellen lassen. Auf der rechten Waagschale lag ein
70 Goldklumpen. Er war genau so schwer wie der, den Sie ihm damals gaben. Der Goldschmied kam herein. Sie fragten ihn, ob er alles Gold in der Krone verarbeitet hätte. Er sagte: „Ja, Eure Majestät, wie könnte ich Sie betrügen! Ich schwöre es bei Zeus.“ Dann nahmst du die Krone vom Kopf, legtest Sie
75 auf die linke Waagschale und sie kam ins Gleichgewicht. „Seht Ihr, Eure Majestät, der Beweis. Ich habe keine Schuld“, rief der Goldschmied.

König Hieron: Und dann kamst du, senkstest die Waage langsam in das Wasser, und sie kam aus dem Gleichgewicht.
80 Das Gesicht des Goldschmieds werde ich nie vergessen. Er hatte es physikalisch nicht verstanden, aber er verstand, dass wir ihn überführt hatten. Er kannte deine List, deinen genialen Verstand. Lange ist es her. Schöne Zeiten!

Wir haben schwere Zeiten vor uns. Mich wird man vergessen,
85 aber von dir wird man auch noch in 2000 Jahren reden, von dem großen Archimedes von Syrakus.

Lexikon:

Archimedes (287–212 v. Chr.):

griechischer Mathematiker, Denker, Erfinder

Hieron II (275–215 v. Chr.):

König von Sizilien in der Hauptstadt Syrakus

Heureka: griechisch für: „Ich hab es gefunden!“

Auftrieb: der scheinbare Gewichtsverlust in einer Flüssigkeit

Dichte: Dichte = Masse/Volumen

Zeus: griechischer Gott

Dialog zwischen Archimedes und König Hieron, nach *Leisen, J.:* Wechsel der Darstellungsformen – Ein Unterrichtsprinzip für alle Fächer. In: *Der Fremdsprachliche Unterricht Englisch*, H. 78/2005, S. 9–11.