

# Kognitive Aktivierung

Ralph Schumacher, Lorenz Stäheli

## Teil 4: Wie kann mit geistigen Werkzeugen die Übertragung des Gelernten auf neue Situationen unterstützt werden?

Um abstrakte Zusammenhänge zu veranschaulichen, haben Menschen im Laufe der Kulturgeschichte geistige Repräsentationswerkzeuge wie Diagramme, Formeln und Graphen entwickelt. In diesem Teil werden zwei Untersuchungen dazu vorgestellt, wie der Transfer von Wissen durch den Einsatz geistiger Werkzeuge unterstützt werden kann.

Um Wissen anhand abstrakter Kriterien repräsentieren zu können, muss man über Darstellungsformen verfügen, die theoretische Zusammenhänge veranschaulichen (Miller, 2000; Schneider et al., 2010; Stern et al., 2003). Zu diesen Darstellungsformen, die in der Lehr- und Lernforschung auch als geistige Werkzeuge (mental tools) bzw. als Repräsentationswerkzeuge bezeichnet werden, gehören beispielsweise Diagramme, Formeln, Graphen, Landkarten und schriftliche Symbole. Geistige Werkzeuge erleichtern das Verständnis theoretischer Zusammenhänge, indem sie die Aufmerksamkeit auf abstrakte Merkmale lenken. Wer zum Beispiel gelernt hat, quantitative Zusammenhänge mittels linearer Graphen darzustellen, dem wird es leichter fallen zu erkennen, dass sich bestimmte Zusammenhänge in der Biologie, der Chemie und der Physik mit der gleichen Funktion darstellen lassen, als jemandem, der im Umgang mit linearen Graphen nicht geübt ist.

Das Verfügen über solche Repräsentationswerkzeuge ist deshalb eine wesentliche Voraussetzung für die Konstruktion intelligenter Wissens, das nach abstrakten, theoriegeleiteten Kriterien geordnet ist. Zudem spielen geistige Werkzeuge beim Transfer von Wissen eine zentrale Rolle (Hardy et al., 2005; Mähler & Stern, 2006). Denn nur, wer erkannt hat, dass zwei Situationen in ihren abstrakten Merkmalen übereinstimmen, wird auch in der Lage sein, Gelerntes auf neue Situationen zu übertragen. Aus diesen Gründen spielt der Einsatz von Repräsentationswerkzeugen im Unterricht eine besonders wichtige Rolle.

Wie lässt sich der Gebrauch linearer Graphen bereits in der Primarschule vorbereiten? Das ist die leitende Fragestellung einer Untersuchung von Ilonca Hardy, Angela Jonen, Michael Schneider und Elsbeth Stern (Hardy et al., 2005), in der Drittklässler mit einem sehr anschaulichen Repräsentationswerkzeug: der Balkenwaage, darin unterstützt werden, ein abstrakteres Repräsentationswerkzeug, nämlich lineare Graphen, zu verstehen. Inhaltlich ist diese Studie in eine Unterrichtseinheit zum Thema „Schwimmen und Sinken“ eingebettet, in der die Schülerinnen und Schüler auf das physikalische Konzept der

Dichte vorbereitet werden. Um zu verstehen, dass das Schwimmen und Sinken von Vollkörpern durch zwei Faktoren: Gewicht und Volumen, bestimmt wird, experimentierten die Schülerinnen und Schüler in der Versuchsgruppe mit einer Balkenwaage. Sie ermittelten die unterschiedlichen Gewichte gleich großer Würfel verschiedener Materialien durch Wiegen und legten entsprechend den verschiedenen Gewichten unterschiedlich viele Legosteine auf die linke Seite der Balkenwaage.

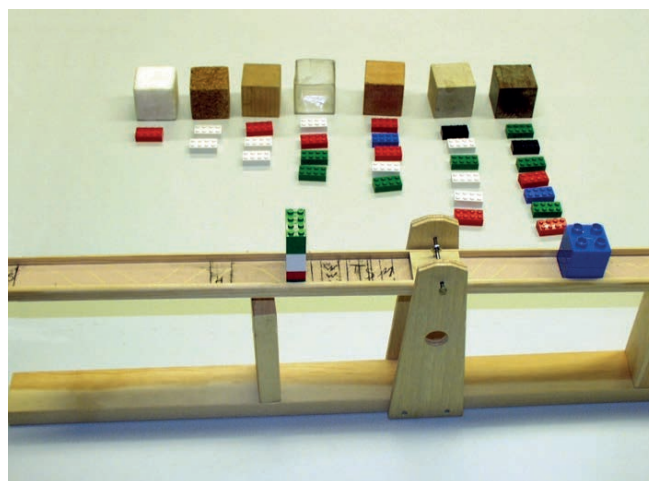
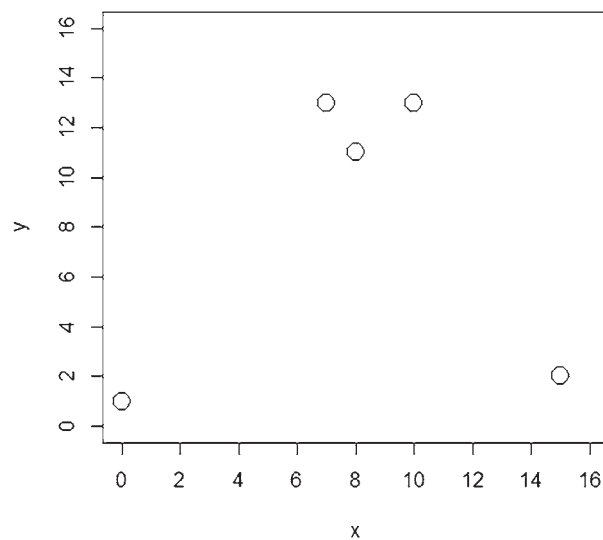


Abbildung 1: Auf der linken Seite der Balkenwaage werden die Lego-Steine so platziert, dass sie mit dem blauen Lego-Würfel auf der rechten Seite im Gleichgewicht sind. Die Anzahl der Lego-Steine auf der linken Seite entspricht dem Gewicht der verschiedenen Einheitswürfel, so dass es für jedes Material einen eigenen Platz auf der linken Seite der Balkenwaage gibt.

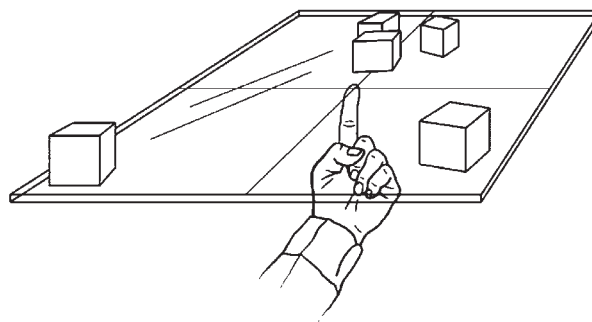
Die linke Seite repräsentierte also das Gewicht von Vollkörpern. (Aus Gründen der Einfachheit wurde im Unterricht noch nicht von Masse, sondern nur von Gewicht gesprochen.) Auf der rechten Seite der Balkenwaage lag ein großer Lego-Duplo-Stein, der das Volumen der Körper repräsentierte. Die Aufgabe der Kinder bestand darin, die Lego-Steine auf der linken Seite so zu platzieren, dass die Balkenwaage im Gleichgewicht war. Auf diese Weise hatten sie Gelegenheit, mit der Balkenwaage zu experimentieren und sie sich als Mittel zur Veranschaulichung einzuprägen, dass bei Körpern die beiden Faktoren „Gewicht“ und „Volumen“ verschieden sind. Die Aktivitäten der Kinder in der Vergleichsgruppe stimmten mit diesen Aktivitäten überein, ausser dass sie nicht mit der Balkenwaage experimentierten, sondern angeleitet wurden, sich selber Mittel zur Veranschaulichung der beiden Faktoren „Gewicht“ und „Volumen“ auszudenken.

## Der Schwerpunkt zur Veranschaulichung des arithmetischen Mittels

Sie haben bereits die Veranschaulichung des arithmetischen Mittels als Schwerpunkt kennengelernt. Nun wollen wir dieses Bild auf Streudiagramme übertragen:



Stellen Sie sich das Diagramm als Platte vor, auf der an jedem Punkt ein Gewicht liegt. Lässt sich diese Platte im Punkt (8, 8) balancieren, wie das folgende Bild zeigt?



Um die Frage zu beantworten, sollen Sie die folgenden Aufträge zu zweit bearbeiten. Sie benötigen eine quadratische Platte und fünf gleiche Gegenstände.

- Balancieren Sie die Platte mit einem Finger in einem Punkt, dem sogenannten Schwerpunkt der Platte. Markieren Sie den Schwerpunkt auf der Platte.
- Nun legen Sie zuerst zwei und dann vier der Gegenstände auf die Platte. Suchen Sie Anordnungen, so dass die Platte weiter im markierten Punkt balanciert werden kann. Was muss bei der Position der Gegenstände beachtet werden?
- Zeichnen Sie ein Koordinatensystem auf die Platte. Legen Sie alle fünf Gegenstände auf die Platte. Suchen Sie eine Anordnung, so dass die Platte im markierten Punkt balanciert werden kann. Es soll kein Gegenstand auf dem markierten Punkt liegen!
- Bestimmen Sie die Positionen der Gegenstände als  $x$ - und  $y$ -Koordinaten. Überprüfen Sie folgende Aussage mit Ihren Werten:

*Das arithmetische Mittel der  $x$ -Koordinaten der Gegenstände stimmt mit der  $x$ -Koordinate des Schwerpunkts überein.  
Das arithmetische Mittel der  $y$ -Koordinaten der Gegenstände stimmt mit der  $y$ -Koordinate des Schwerpunkts überein.*

- Beantworten Sie die eingangs gestellte Frage zum dargestellten Diagramm, indem Sie den Schwerpunkt der Punkte berechnen.
- Legen Sie die fünf Gegenstände in das gleiche Viertel der Platte. Suchen Sie durch Ausprobieren den Punkt, in welchem sich die Anordnung balancieren lässt. Lesen Sie die Koordinaten dieses Punktes ab und berechnen Sie den Schwerpunkt der Gegenstände.  
Warum stimmen diese beiden Punkte nicht mehr überein?

Um zu überprüfen, ob das Experimentieren mit der Balkenwaage die Drittklässler tatsächlich besser auf das Verständnis linearer Graphen vorbereitet hatte als die Aktivitäten in der Vergleichsgruppe, wurden beiden Gruppen anschließend Aufgaben mit linearen Graphen gestellt, bei denen sie beantworten mussten, ob bestimmte Materialien in Wasser schwimmen oder sinken.

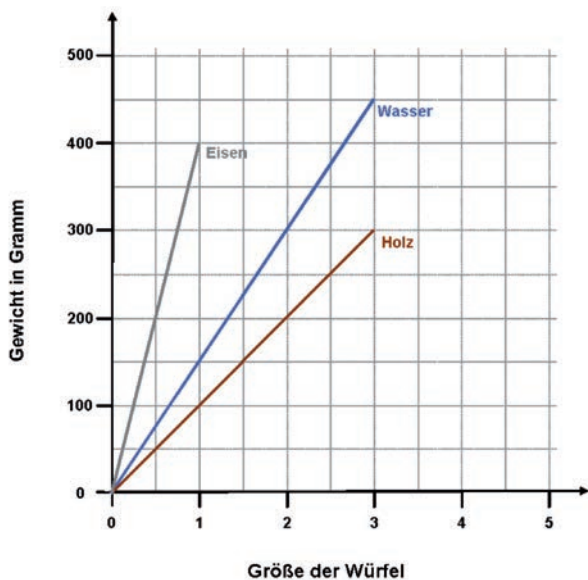


Abbildung 2: Beispielaufgabe: Wird das Material mit der Größe 2 und dem Gewicht 400 Gramm schwimmen oder sinken?

Es zeigte sich, dass bei diesen Aufgaben die Kinder in der Versuchsgruppe denen in der Vergleichsgruppe deutlich überlegen waren. Dies wird damit erklärt, dass sie sich aufgrund der vorbereitenden Aktivitäten mit der Balkenwaage die beiden Größen „Gewicht“ und „Volumen“ besser als unabhängige Faktoren vorstellen konnten und darum besser damit zurechtkamen, diese Größen auf der x- und y-Achse abzubilden. Will man also das Verständnis linearer Graphen bereits in der Primarschule vorbereiten, dann empfiehlt es sich, die Schülerinnen und Schüler in der dargestellten Weise mit einer Balkenwaage experimentieren zu lassen.

Der Aufbau intelligenten Wissens kann auch unterstützt werden, indem man die Lernenden lineare Graphen nicht nur betrachten, sondern aktiv konstruieren lässt. In einer experimentellen Studie mit 281 Berufsschülern und Studierenden wurde untersucht, wie sich das aktive Konstruieren linearer Graphen im Vergleich zum Betrachten auf den Wissenstransfer auswirkt (Stern, Aprea, Ebner, 2003). Diese Untersuchung wurde von der Hypothese geleitet, dass durch das Konstruieren die Aufmerksamkeit der Lernenden noch stärker auf die wesentlichen Merkmale von Graphen (Möglichkeiten und Einschränkungen der Darstellung) gerichtet wird und dass es daher leichter fällt, sie als geistige Werkzeuge auf neue Situationen zu übertragen. Es zeigte sich, dass die Versuchsgruppe, die in der Lernsituation lineare Graphen konstruieren musste, der Vergleichsgruppe, die in der Lernsituation lineare Graphen nur betrachten musste, in der Testsituation bei der Übertragung des Gelernten auf neue Situationen deutlich überlegen

war. Lineare Graphen können also, wenn sie auf diese Weise eingesetzt werden, ein wirkungsvolles Mittel sein, um den Wissenstransfer zu fördern.

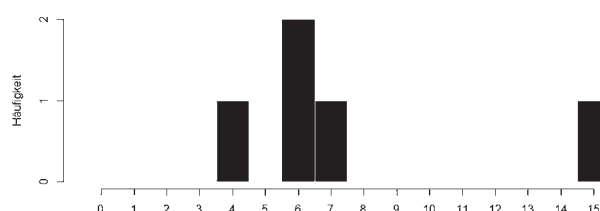
Aus dieser Studie lässt sich die Empfehlung ableiten, wichtige geistige Werkzeuge so einzuführen, dass sie von den Lernenden selber konstruiert werden. Sind sie auf diese Weise gut im Wissen verankert, dann sollte man immer wieder auf sie zurückkommen und sie nutzen, wenn es darum geht, neue Informationen an das Vorwissen anzuschließen.

Bei der Einführung geistiger Werkzeuge sollten folgende Punkte beachtet werden:

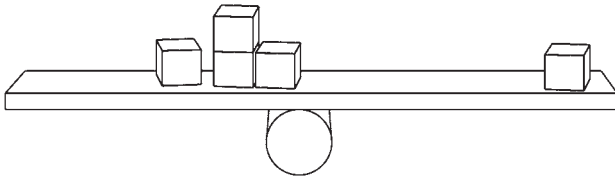
- ▶ Die geistigen Werkzeuge sollen es den Lernenden erleichtern, anspruchsvolle Lerninhalte auf neue Situationen zu übertragen. Zuerst sollte man daher erfassen, in welchen Bereichen Schwierigkeiten beim Wissenstransfer auftreten. Anschließend sollte man sich überlegen, welche geistigen Werkzeuge geeignet sein könnten, um die Transferprobleme zu beheben.
- ▶ Die Repräsentationswerkzeuge sollten so ausgewählt bzw. gestaltet werden, dass sie es den Lernenden erleichtern, anspruchsvolle Inhalte geistig zu repräsentieren. Dazu eignen sich einerseits anschauliche Repräsentationswerkzeuge wie die Balkenwaage, die Primarschulkinder darin unterstützt, sich zu vergegenwärtigen, dass für das Schwimmen und Sinken von Vollkörpern nicht nur das Gewicht, sondern auch das Volumen wichtig ist. Andererseits können abstrakte Repräsentationswerkzeuge wie lineare Graphen die Lernenden darin unterstützen, ihre Aufmerksamkeit auf die Gemeinsamkeiten zwischen Situationen zu richten, die sich oberflächlich betrachtet unterscheiden.
- ▶ Damit die Lernenden Gelegenheit haben, sich die Möglichkeiten und Einschränkungen verschiedener geistiger Werkzeuge zu vergegenwärtigen, sollten sie ausreichend angeleitet werden, beispielsweise lineare Graphen selber zu konstruieren.
- ▶ Auch das Übersetzen von Darstellungen verschiedener Repräsentationssysteme wie zum Beispiel von chemischen Strukturformeln in verschiedenen Systemen fördert die Kenntnis der Möglichkeiten und Einschränkungen unterschiedlicher Repräsentationssysteme (Padalkar & Hegarty, 2014).

### Repräsentationswerkzeug: Beispiel Statistik

In der Statistik werden vor allem Diagramme als geistige Repräsentationswerkzeuge benützt. Beim arithmetischen Mittel bietet sich die Veranschaulichung als Schwerpunkt an, wie das folgende Beispiel verdeutlichen soll. Das Diagramm stellt die fünf Ausprägungen 4, 6, 6, 7 und 15 dar:



Daraus ergibt sich folgendes Bild: Werden die einzelnen Ausprägungen als Gewichte auf einem schwerelosen Balken gedacht, dann liegt das arithmetische Mittel gerade beim gemeinsamen Schwerpunkt der Gewichte.

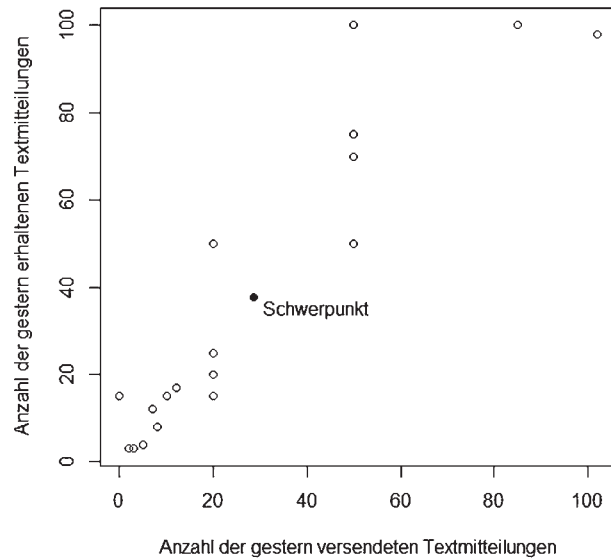
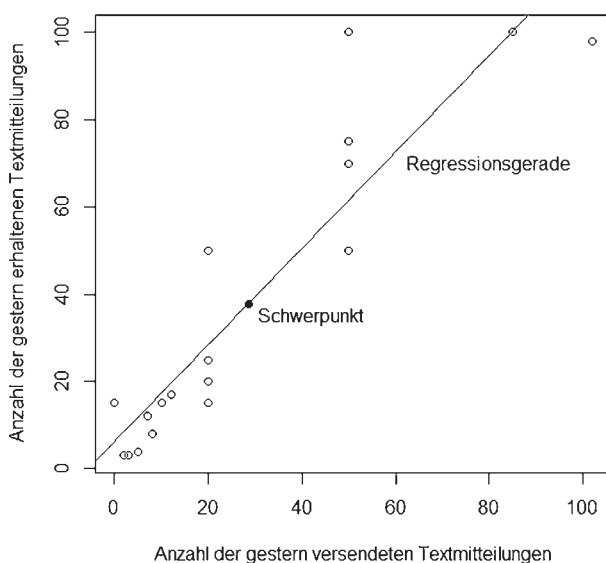


Diese Analogie ist ähnlich wie die vorher erwähnte Balkenwaage bei der Einführung der Dichte bei Grundschulern ein anschauliches Repräsentationswerkzeug für die Schülerinnen und Schüler. Damit das Repräsentationswerkzeug für das arithmetische Mittel an verschiedenen Stellen der Statistik wieder aufgegriffen werden kann, ist eine Übertragung auf Daten mit zwei Merkmalen sinnvoll. Mit den Aufträgen auf Seite 37 sollen die Schülerinnen und Schüler zu dieser Übertragung angeregt werden.

Natürlich können die Gegenstände nur dann in ihrem gemeinsamen Schwerpunkt balanciert werden, wenn das Gewicht der Platte nicht berücksichtigt werden muss. Mit dieser Einschränkung sollen sich die Schülerinnen und Schüler beim letzten Auftrag auseinandersetzen.

Mit dem Schwerpunkt lässt sich also die Lage der Punkte im Streudiagramm veranschaulichen, wie die folgende Abbildung zeigt. Dabei handelt es sich um eine nicht-repräsentative Umfrage unter achtzehn Jugendlichen über die Anzahl der am Vortag versendeten und erhaltenen Textmitteilungen.

Es ist nun naheliegend, dass zum Beispiel die passende Regressionsgerade durch diesen Schwerpunkt verläuft:



### Serie: Kognitive Aktivierung

- Teil 1: Vorwissen erfassen und bewerten
- Teil 2: Kognitiv aktivierende Unterrichtseinsteige
- Teil 3: Kontrastierungen
- Teil 4: Geistige Werkzeuge
- Teil 5: Selbsterklärungen

## Literatur

- › Hardy, I., Schneider, M., Jonen, A., Stern, E., & Möller, K. (2005). Fostering Diagrammatic Reasoning in Science Education. *Swiss Journal of Psychology*, 64 (3), 207–217.
- › Mähler, C., & Stern, E. (2006). Transfer. In D. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (pp. 782-793), Weinheim: Beltz.
- › Miller, K. (2000). Representational tools & conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21, 21-25.
- › Schneider, M., Rode, C., & Stern, E. (2010). Secondary school students' availability and activation of diagrammatic strategies for learning from texts. In L. Verschaffel, E. De Corte, T. De Jong & J. Elen (Eds.), *Use of external representations in reasoning and problem solving: Analysis and improvement* (pp. 112-130). London: Routledge.
- › Stern, E., Aprea, C. & Ebner, H. G. (2003). *Improving cross-content transfer in text processing by means of active graphical representation. Learning and Instruction*, 13(2), 191-203.