

# Stets nur einen Faktor verändern!

Bremst ein grosser oder ein kleiner Fallschirm besser? Mit dem Prinzip der Variablenkontrolle können Schülerinnen und Schüler die Lösung herleiten. Im Rahmen zweier Studien sind Forschende der ETH Zürich dem Zusammenhang zwischen dem Verständnis der Variablenkontrolle und dem Wissensaufbau einerseits sowie dem Unterricht mit guten Lerngelegenheiten andererseits auf den Grund gegangen.

Wie muss ein Experiment aussehen, um festzustellen, ob ein grosser Fallschirm besser bremst oder ein kleiner? Damit das Experiment aussagefähig ist, muss man darauf achten, dass beim Vergleich der Fallschirme nur ihre Grösse verändert wird. Das Material, die Form, das Gewicht der Fallschirmspringer und auch die Absprunghöhe müssen unverändert bleiben. Lässt man zwei Fallschirme, die sich nur in ihrer Grösse unterscheiden, aus gleicher Höhe starten, und landet der grössere Fallschirm später auf dem Boden als der kleine, dann lässt sich belegen, dass grosse Fallschirme besser bremsen als kleine.

## Wer das Prinzip versteht, hat Vorteile

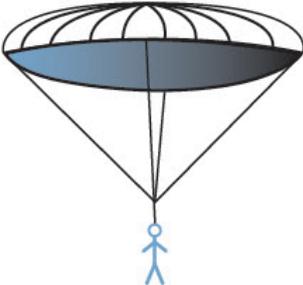
Um Experimente beurteilen und gestalten zu können, muss man das Prinzip der Variablenkontrolle verstehen. Gemäss

besagtem Prinzip darf in Experimenten nur derjenige Faktor verändert werden, der Gegenstand der Untersuchung ist. Bei diesem Verständnis handelt es sich um eine bereichsübergreifende Kompetenz, deren Entwicklung in der Primarschulzeit beginnt – und häufig im Erwachsenenalter noch nicht abgeschlossen ist. Es wird vermutet, dass sich der Aufbau von naturwissenschaftlichem Wissen und das Verständnis der Variablenkontrolle gegenseitig beeinflussen. Denn zum einen ist es plausibel anzunehmen, dass ein gutes Verständnis der Variablenkontrolle den Aufbau von neuem Wissen erleichtert, indem es den Schülerinnen und Schülern hilft, die Ergebnisse von Experimenten zu beurteilen. Zum anderen könnte Unterricht mit gut strukturierten Experimenten Lerngelegenheiten bieten, um durch Abstraktion das Verständnis der Variablenkontrolle

zu erwerben. Zwei Studien untersuchen diese Zusammenhänge und wurden für die Schweizer MINT-Studie umgesetzt, die Elsbeth Stern und Ralph Schumacher an der ETH Zürich leiten.

## Vorteile für das Lernen?

Eine grosse Bedeutung für das Lernen besitzt das Vorwissen. Schülerinnen und Schüler kommen mit unterschiedlichen Kenntnissen in den Unterricht und profitieren entsprechend in verschiedenem Umfang von den Lernangeboten. Wenn es darum geht, Unterschiede in den Lerngewinnen zu erklären, spielt deshalb das Vorwissen eine zentrale Rolle. In den naturwissenschaftlichen Fächern könnte aber auch ein weiterer Faktor, nämlich das Verständnis der Variablenkontrolle, für das Lernen von Bedeutung sein. Denn für den Aufbau naturwissenschaftlicher Konzepte

Fallschirm 1	Fallschirm 2	Fallschirm 3	Fallschirm 4
			
kleiner, eckiger Fallschirm, schwere Puppe	grosser, runder Fallschirm, leichte Puppe	kleiner, runder Fallschirm, schwere Puppe	kleiner, runder Fallschirm, leichte Puppe
Bleibt 5 Sekunden in der Luft	Bleibt 15 Sekunden in der Luft	Bleibt 5 Sekunden in der Luft	Bleibt 10 Sekunden in der Luft

Welche dieser Fallschirme müssen miteinander verglichen werden, um herauszufinden, ob ein grosser oder kleiner Fallschirm besser bremst?

Illustration: © MINTLernzentrum, ETH Zürich

ist es entscheidend, aus Experimenten die richtigen Schlussfolgerungen zu ziehen.

### **Verständnis der Variablenkontrolle wichtiger als Vorwissen**

Um herauszufinden, welchen Einfluss das spezifische Inhaltswissen sowie das Verständnis der Variablenkontrolle auf das Lernen haben, ist eine Studie mit 1809 Schülerinnen und Schüler der ersten bis sechsten Primarklasse durchgeführt worden. Die Lernenden erhielten Unterricht im Umfang von ungefähr 15 Lektionen mit optimierten Materialien zum Thema «Schwimmen und Sinken». Dabei haben sie durch forschendes Lernen mit vielen gut strukturierten Experimenten untersucht, welche Materialien im Wasser schwimmen und welche sinken oder wovon die Verdrängung und der Auftrieb von Körpern abhängen. Weiter analysierten sie, wie man mit dem Archimedischen Prinzip erklären kann, warum ein schweres Stück Stahl hingegen nicht.

Vor dem Beginn des Unterrichts fanden Vortests zum Inhaltswissen hinsichtlich Schwimmen und Sinken sowie zum Verständnis der Variablenkontrolle statt. Dabei mussten die Kinder Fragen zur Bewertung sowie zur Gestaltung von Experimenten beantworten. Nach Abschluss der Unterrichtsserie absolvierten sie einen Nachtest zum gewählten Thema.

Obwohl das Vorwissen im Allgemeinen ein sehr zuverlässiges Konstrukt ist, um Unterschiede in den Lerngewinnen vorherzusagen, zeigte sich in dieser Studie, dass dieses beim forschenden Lernen zu Schwimmen und Sinken vom Verständnis der Variablenkontrolle deutlich übertroffen wurde. Unterschiede im Verständnis der Variablenkontrolle konnten Unterschiede in den Lerngewinnen also noch besser vorherzusagen als Unterschiede im Vorwissen. Das Verständnis der Variablenkontrolle hat den Schülerinnen und Schülern demnach stärker als ihr Vorwissen geholfen, um vom forschenden Lernen zu profitieren.

### **Hilft ein optimierter Unterricht?**

In mehreren experimentellen Studien konnte bereits gezeigt werden, dass sich das Verständnis der Variablenkontrolle

durch den Unterricht zum Aufbau korrekter und inkorrekt er Experimente direkt trainieren lässt. Aber lässt sich dieses Verständnis auch beiläufig durch inhaltsbezogenen naturwissenschaftlichen Unterricht fördern, beispielsweise dann, wenn beim forschenden Lernen Schulklassen zwar viel auf korrekte Weise experimentieren, aber das Prinzip der Variablenkontrolle selber nicht direkt thematisieren? Um diese Frage zu beantworten, hat die ETH Zürich eine weitere Studie durchgeführt. Sie geht von der Hypothese aus, dass die Schülerinnen und Schüler das Prinzip der Variablenkontrolle durch Abstraktion aus den Experimenten ableiten, die sie im Unterricht kennengelernt haben.

Zwölf Klassen der dritten Primarstufe mit insgesamt 189 Schülerinnen und Schülern wurden per Zufall ausgewählt und der Versuchs- beziehungsweise Vergleichsgruppe zugeordnet. Die Kinder in der Versuchsgruppe erhielten über einen Zeitraum von zwei Jahren Unterricht mit optimierten Materialien zu den Themen Luft und Luftdruck, Schall, Schwimmen und Sinken sowie Brücken und deren Stabilität. Diese Materialien zeichnen sich durch viele sehr gut strukturierte Experimente aus, welche die Kinder mittels forschenden Lernens durchführten und interpretierten. Die Kinder in der Vergleichsgruppe erhielten im gleichen Zeitraum herkömmlichen Unterricht zu anderen naturwissenschaftlichen Themen. Auch sie haben im üblichen Rahmen experimentiert, aber nicht in dem Umfang und in der Qualität wie die Kinder in der Versuchsgruppe.

### **Gut strukturierte Experimente fördern das Verständnis der Variablenkontrolle**

Ganz zu Beginn sowie ganz am Ende der zweijährigen Unterrichtsphase wurden Vor- und Nachtests zum Verständnis der Variablenkontrolle erhoben. Bei den Vortests stimmten beide Gruppen noch überein. Die Nachtests machten hingegen deutlich, dass die Kinder aus der Versuchsgruppe ein deutlich besseres Verständnis der Variablenkontrolle erworben hatten als die Kinder aus der Vergleichsgruppe. Dies spricht dafür, dass sie die höhere Anzahl gut strukturierter Experimente nutzen konnten, um durch Abstraktion beiläufig ein besseres Verständnis der

Variablenkontrolle aufzubauen. Mit optimierten naturwissenschaftlichen Unterrichtsmaterialien lässt sich also nicht nur der Aufbau von Inhaltswissen, sondern auch die anspruchsvolle Kompetenz fördern, zu beurteilen, unter welchen Bedingungen Experimente aussagekräftig sind.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die beide Studien die interaktive Beziehung zwischen dem Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte und der Verständnis von Variablenkontrolle belegen. Letzteres unterstützt den Erwerb von Inhaltswissen, das wiederum vertieftes Wissen über angemessene Experimente fördert. ■

**Ralph Schumacher,**  
Co-Leiter MINT-Lernzentrum, ETH Zürich

### **Weiter im Text**

Edelsbrunner, P. A., Schalk, L., Schumacher, R. & Stern, E. (2018). Variable control and conceptual change: A large-scale quantitative study in elementary school. *Learning and Individual Differences*, 66, 38–53. (Studie 1)

Schalk, L., Edelsbrunner, P. A., Deiglmayr, A., Schumacher, R. & Stern, E. (2019). Improved application of the control-of-variables strategy as a collateral benefit of inquiry-based physics education in elementary school. *Learning and Instruction*, 59, 34–45. (Studie 2)