Teil 2

Kognitive Aktivierung

Ralph Schumacher, Lorenz Stäheli

Teil 2: Wie können wir Schülerinnen und Schüler mit anregenden Unterrichtseinstiegen besser auf das Lernen vorbereiten?

Im ersten Teil unserer Serie fokussierten sich unsere Autoren auf die Frage, wie Vorwissen im Unterricht erfasst werden kann, um an die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler optimal anknüpfen zu können. Im zweiten Teil der Serie geht es um anregende Unterrichtseinstiege.

Am Anfang des Lernens steht die Einsicht, dass man etwas noch nicht weiß. Um die Lernenden auf ein neues Thema vorzubereiten, sollte ihnen daher zunächst bewusst gemacht werden, dass ihnen ein bestimmtes Wissen fehlt – damit sie bereit sind, ihr Wissen umzugestalten. Zudem sollten sie ein klares Verständnis der Problemstellung haben, für die ihnen anschließend eine Lösung angeboten wird. Außerdem werden sie neue Informationen besser an bestehendes Vorwissen anschließen können, wenn sie zuvor Gelegenheit haben, relevantes Vorwissen zu aktivieren. Im Folgenden werden zwei kognitiv aktivierende Unterrichtseinstiege vorgestellt, die diese Überlegungen berücksichtigen.

Produktives Scheitern

Ist es im Unterricht stets das lernwirksamste Vorgehen, den Lernenden die Lerninhalte gleich zu Beginn zu präsentieren und diese anschließend mit Aufgaben und Beispielen zu vertiefen? Oder kann es unter bestimmten Voraussetzungen vorteilhafter sein, sie zunächst versuchen zu lassen, ein Problem selbstständig zu lösen, und ihnen erst danach, wenn sie dies nicht geschafft haben, die korrekte Lösung zu präsentieren? Mit dieser Frage befasst sich die Vergleichsstudie von Manu Kapur (Kapur, 2014) zur Einführung des Konzepts der Standardabweichung im Mathematikunterricht. Für das herkömmliche Vorgehen, erst die Inhalte darzustellen und dann Aufgaben zur Vertiefung zu bearbeiten (tell and practice), spricht, dass sich die Lernenden von Beginn an auf die richtigen Informationen konzentrieren können und nicht frustriert werden, wenn sie die richtige Lösung selber nicht finden können. Für das andere Vorgehen, erst versuchen, das Problem zu lösen, dann die Lösung erhalten (productive failure), sprechen die drei eingangs genannten Überlegungen: (1) das Herstellen der metakognitiven Einsicht in die eigenen Wissensgrenzen, (2) die Förderung des Verständnisses der Problemstellung und (3) die Aktivierung von relevantem Vorwissen.

Diese beiden Unterrichtsformen wurden in dieser Studie miteinander verglichen, indem den Lernenden in der Vergleichsgruppe (tell and practice) zuerst erläutert wurde, was man unter der Standardabweichung versteht und wie man sie berechnet. Anschließend haben sie am Beispiel der Punktzahlen von zwei Basketballspielern geübt, die Standardabweichung zu berechnen. In der Versuchsgruppe (productive failure) wurde den Lernenden gleich zu Anfang die Aufgabe präsentiert, für zwei Basketballspieler zu bestimmen, wer von ihnen der am meisten konsistente Spieler sei bzw. wessen Punktzahlen die geringste Streuung um den Mittelwert aufweise. Die Lernenden wurden dabei aufgefordert, sich möglichst viele mathematische Beschreibungen für die Konsistenz zu überlegen. Erst nachdem sie ihre eigenen Lösungsvorschläge präsentiert – und die mathematisch korrekte Beschreibung der Standardabweichung selber nicht entdeckt – hatten, wurde ihnen das Konzept der Standardabweichung erläutert. Als Ergebnis zeigte sich, dass die Lernenden in der Versuchsgruppe denjenigen der Vergleichsgruppe in anschließenden Tests zum Wissenstransfer deutlich überlegen waren. Die als „produktives Scheitern" beschriebene Unterrichtsform hat sie demnach stärker zum Nachdenken angeregt als die herkömmliche Vorgehensweise.

In einer anschließenden Studie (Kapur, 2015) zu den gleichen Unterrichtsinhalten wurde dieses Vorgehen sogar noch von einem Unterrichtseinstieg übertroffen, bei dem die Lernenden – anstatt eine Lösung für ein vorgegebenes Problem finden zu müssen – zu einer gegebenen Menge von Daten möglichst viele mathematische Fragestellungen erarbeiten mussten (problem posing). Auch bei dieser Art des Unterrichtseinstiegs wird die Lernwirksamkeit damit erklärt, dass sie in besonderer Weise die Aufmerksamkeit auf die eigenen Wissensgrenzen sowie das Problemverständnis fördert. Zudem müssen die Lernenden viel Vorwissen aktivieren, wenn sie sich zu den gegebenen Daten Fragestellungen überlegen müssen.

Erfinden mit kontrastierenden Fällen

Eine weitere Möglichkeit, die Schülerinnen und Schüler auf das Lernen vorzubereiten, besteht darin, mit ihnen als Einstieg vor der Präsentation der Lerninhalte zunächst zu erarbeiten, worin eigentlich das Grundproblem besteht, für das eine bestimmte Theorie eine Lösung präsentiert (Schwartz et al., 2011). Dazu hat es sich bewährt, ihnen Fälle vorzugeben, die so ausgewählt sind, dass sie sich zwar in Oberflächenmerkmalen unterscheiden bzw. im Kontrast zueinander stehen, dass sie aber eine abstrakte Gemeinsamkeit aufweisen. Diese Gemeinsamkeit sollen die Lernenden – unterstützt durch Aufträge und Hilfestellungen – selbstständig erarbeiten. Erst nachdem sie selber Vorschläge formuliert haben, wird ihnen das wissenschaftliche Konzept vorgestellt. Sie können dann einschätzen, wie nah sie der korrekten Lösung mit ihren eigenen Vorschlägen gekommen sind.

Dieses Vorgehen wird als „Erfinden mit kontrastierenden Fällen“ bezeichnet. Es unterscheidet sich von dem als produktives Scheitern beschriebenen Vorgehen darin, dass die Lernenden eine realistische Chance haben, die gesuchten Lösungen tatsächlich zu finden. Diese Lernform hat sich in empirischen Vergleichsstudien zum Beispiel zum physikalischen Konzept der Dichte gegenüber dem herkömmlichen Vorgehen, erst den Lerninhalt darzustellen, dann Übungsaufgaben zu bearbeiten (tell and practice), als überlegen erwiesen, denn die Lernenden zeigten in anschließenden Transferaufgaben deutlich bessere Leistungen als die Vergleichsgruppe. Dieser Vorsprung wird wie auch beim „produktiven Scheitern“ damit erklärt, dass die Lernenden beim Bearbeiten der kontrastierenden Fälle eine bessere Einsicht in ihre eigenen Wissensgrenzen erhalten, ein tieferes Verständnis des Grundproblems erlangen und mehr Vorwissen aktivieren als die Vergleichsgruppe mit herkömmlichem Unterricht.

Zu vergleichbaren Ergebnissen sind wir mit einer eigenen Studie gekommen, in der wir diese beiden Arten des Unterrichts am Beispiel der Einführung des mathematischen Konzepts der Steigung linearer Graphen miteinander verglichen haben (Schalk, Schumacher, Barth & Stern, 2017). Während die Vergleichsgruppe zum Einstieg die Information erhielt, wie man die Steigung linearer Graphen mathematisch beschreibt, und anschließend Vertiefungsaufgaben bearbeitet hat, musste die Versuchsgruppe als Einstieg mit der folgenden Anleitung versuchen, durch Kontrastierung die Beschreibung der Steigung selber zu finden:

Alice hat die folgenden Abbildungen von Geraden vor sich. Sie ruft Bob an, der die Geraden nicht sieht, und möchte ihm erzählen, wie die Geraden aussehen und insbesondere, wie steil sie sind. Erfinden Sie eine Masszahl für „Steilheit“. Drücken Sie die Steilheit einer Geraden durch eine einzige Zahl aus, die Alice dann am Telefon nennen kann. Regeln:

1. Die Zahl soll für jede mögliche Gerade nach derselben Regel zustande kommen.
2. Es muss für Alice möglich sein, die Masszahlen allein aus den abgebildeten Grafiken ohne weitere Hilfsmittel präzise zu bestimmen.
3. Die Grösse der Zahl gibt Bob eine präzise Vorstellung davon, wie steil eine Gerade ist.

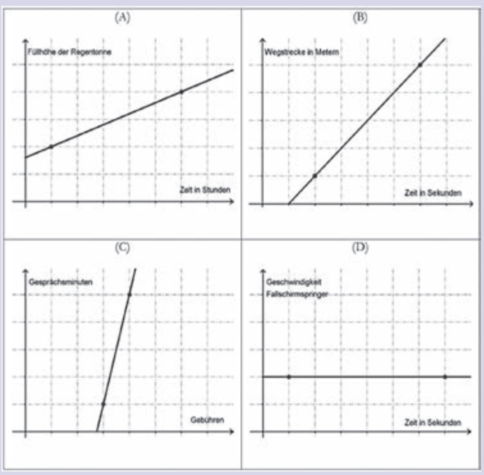


Abb. 1.: Auftrag zum Erfinden mit kontrastierenden Fällen

Erst anschließend wurde den Lernenden mitgeteilt, wie die Steigung linearer Graphen mathematisch korrekt beschrieben wird. Sowohl unmittelbar nach dem Training als auch vier Wochen später zeigte die Versuchsgruppe deutlich bessere Ergebnisse im Nachtest als die Vergleichsgruppe. Die Ausführungen zu diesen zwei Arten von Unterrichtseinstiegen sollen nicht so verstanden werden, dass man jeden Einstieg auf eine dieser beiden Weisen gestalten muss und dass das herkömmliche Vorgehen mit direkter Instruktion grundsätzlich nicht lernwirksam ist. Vielmehr sollte man sich auf besonders anspruchsvolle Konzepte konzentrieren, bei denen man den Eindruck hat, dass ihre Vermittlung im Unterricht bisher noch nicht optimal ist. Bei solchen Konzepten sollte man sich überlegen, wie sich die Lernwirksamkeit des Unterrichts durch die oben dargestellten Unterrichtseinstiege noch steigern lässt.

Beim Erstellen von kognitiv aktivierenden Unterrichtseinstiegen nach den oben dargestellten Vorschlägen sollten die folgenden Punkte beachtet werden:

- Die Unterrichtseinstiege sollten anspruchsvolle und zentrale Konzepte behandeln.
- Sie sollten so gestaltet sein, dass die Lernenden (1) Gelegenheit haben, ihre eigenen Wissensgrenzen zu bemerken, (2) das betreffende Grundproblem gründlich durchdenken und (3) möglichst viel relevantes Vorwissen aktivieren.

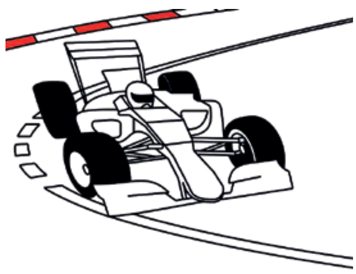
Beispiel Statistik

Die Herleitung der Formel für die Standardabweichung ist für die meisten Lernenden nur durch starke Anleitung nachvollziehbar. Die herkömmliche Einführung durch Präsentation der Lerninhalte und nachfolgende Vertiefung an Aufgaben scheint daher naheliegend.

Dennoch wird den Lernenden im folgenden Beispiel eine Einstiegsaufgabe präsentiert, bevor ihnen die Standardabweichung erklärt wird. Sie werden also mit einem Problem konfrontiert, bei dessen Lösung sie vermutlich scheitern werden. Bei der Bearbeitung setzen sie sich aber mit der Problemstellung auseinander, gewinnen die Einsicht in die eigenen Wissensgrenzen und aktivieren ihr Vorwissen. Damit wird die Standardabweichung mit der Methode des produktiven Scheiterns (Productive Failure) eingeführt, welche ein nachweisbar besseres konzeptuelles Verständnis sowie den Transfer von Wissen unterstützt.

Bei dem folgenden Auftrag werden die Lernenden dazu aufgefordert, möglichst viele Methoden zur Bestimmung der Beständigkeit der Rundenzeiten zu entwickeln. Es wird vermutet, dass die Lernenden umso mehr profitieren, je mehr Methoden sie selbständig erarbeiten können.

Unterrichtseinstieg 1



Das Rennteam „Arrows“ ist eines der besten Teams dieser Saison, vor allem dank seines Rennwagens „Shadow“, welcher als schnellster der laufenden Meisterschaft gilt. Leider fällt auf

Grund eines Unfalls ein Fahrer bis zum Ende der Saison aus und das Rennteam muss sich schnellstens einen Ersatz suchen. Dieser soll nicht nur schnell, sondern auch möglichst beständig in seinen Leistungen sein, da nun jeder Punkt zählt.

Es wurden die ganze Woche Testläufe durchgeführt und die Auswahl auf drei Fahrer reduziert. In der folgenden Tabelle sind die von Hand gestoppten Rundenzeiten dieser Fahrer aufgelistet:

Graham Hill	*Jacky Ickx*	*Gil de Ferran*
35.5 s	32.6 s	35.9 s
33.3 s	35.1 s	38.5 s
31.8 s	33.5 s	33.5 s
33.5 s	35.5 s	33.5 s
31.5 s	32.4 s	32.1 s
35.4 s	33.5 s	31.1 s
32.4 s	31.9 s	30.4 s
34.2 s	33.5 s	32.2 s
34.7 s	31.5 s	33.5 s
32.7 s	34.7 s	34.3 s
33.5 s	34.3 s	Ausfall

Das Rennteam sucht einen möglichst konsistenten Fahrer, also einen, der möglichst beständige Rundenzeiten erreicht.

Entwickeln Sie so viele Methoden wie möglich zur Bestimmung der Beständigkeit der Rundenzeiten.

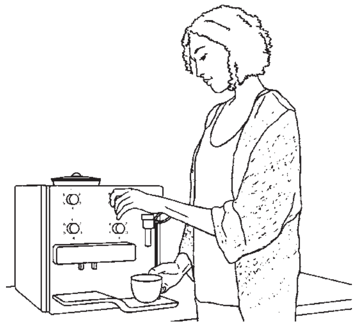
Die Zahlen sind so gewählt, dass bei allen drei Fahrern das gleiche arithmetische Mittel, der gleiche Median und der gleiche Modus vorliegen. Zudem stimmen bei Graham Hill und Jacky Ickx das Minimum, das Maximum, das 1. Quartil und das 3. Quartil überein. Die Rundenzeiten dieser beiden Rennfahrer unterscheiden sich nur in der Standardabweichung.

Es ist empfehlenswert, die Einstiegsaufgabe in Gruppen erarbeiten zu lassen. Im Anschluss an die Gruppenarbeit sollten die Lösungsvorschläge in der Klasse diskutiert und bei ungeeigneten Methoden deren Mängel besprochen werden. Zum Beispiel bestimmen einige Lernende die Summe der Abweichungen von aufeinanderfolgenden Rundenzeiten. Bei der Besprechung kann dann auf die Rundenzeiten von Gil de Ferran verwiesen werden, die trotz der größten Spannweite mit dieser Methode die kleinste Summe ergeben.

Auch das nächste Beispiel eines Unterrichtseinstiegs hat zum Ziel, den Lernenden zuerst die Problemstellung zu verdeutlichen, bevor die Lerninhalte vermittelt werden. Das Beispiel zielt auf die Korrelation ab. Dabei sollen sich die Lernenden mit vier Fällen unterschiedlich starker Korrelationen auseinandersetzen. Durch den Vergleich der Diagramme der vier kontrastierenden Fälle wird die Grundlage für ein vertieftes Verständnis der Korrelation gelegt. Darüber hinaus führt dieses Beispiel auch auf die lineare Regression hin.

Unterrichtseinstieg 2

Barbara hat sich eine Kaffeemaschine gekauft und möchte, zu Hause angekommen, natürlich gleich eine leckere Latte Macchiato genießen. Nach dem Motto „Ich lese keine Anleitung, ich drücke einfach die Knöpfe, bis es funktioniert!“ erhält sie eine Art dünnen, lauwarmen Espresso.



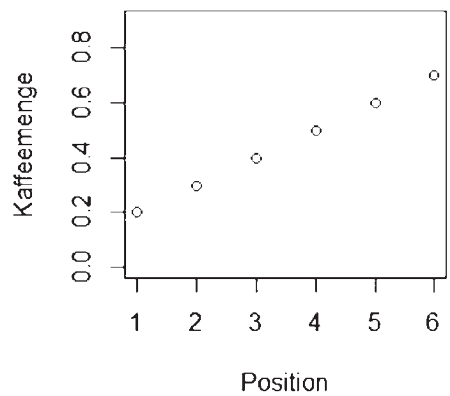
Enttäuscht, aber zuversichtlich, durch systematisches Umstellen der Drehknöpfe die einzelnen Funktionen herauszufinden, beginnt Barbara, ihre Kaffeemaschine zu erkunden. Die Kaffeemaschine hat ein schönes Design – was Barbara sehr wichtig ist – mit vier Drehknöpfen für die Positionen 1, 2, 3, 4, 5 und 6.

Zuerst möchte Barbara den Drehknopf für die Kaffeemenge bestimmen. Dazu stellt sie eine große Tasse hin und ändert einzeln die Positionen der Knöpfe. Die Kaffeemenge schätzt sie mit einer Tasse ab.

Eigentlich hatte Barbara erwartet, dass sie mit einem der Drehknöpfe die Kaffeemenge präzise einstellen kann, also einen linearen Zusammenhang wie im folgenden Beispiel findet:

Position	*Kaffeemenge*
1	0.2
2	0.3
3	0.4
4	0.5
5	0.6
6	0.7

Dabei entspricht z. B. der Wert 0.2 einer zu einem Fünftel gefüllten Tasse und der Wert 1 einer vollen Tasse.



Jedoch zeigte keiner der Drehknöpfe ein so ideales Verhalten. Die Ergebnisse der vier Drehknöpfe sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

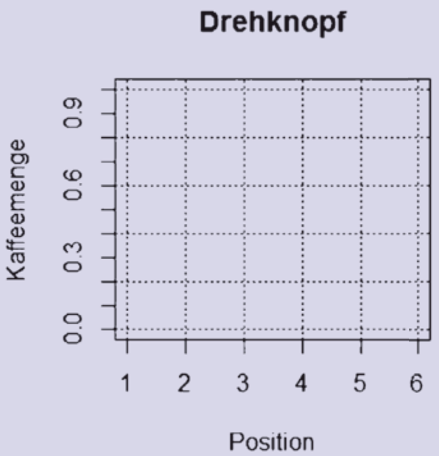
Position	1. Drehknopf	2. Drehknopf
1	0.2	0.2
2	0.25	0.5
3	0.2	0.4
4	0.25	0.4

5	0.125	0.5
6	0.01	0.2

Position	3. Drehknopf	4. Drehknopf
1	0.2	0.2
2	0.25	0.5
3	0.4	0.6
4	0.5	0.75
5	0.75	0.8
6	1	1

Aufträge:

a) Zeichnen Sie für jeden Drehknopf die Kaffeemenge in Abhängigkeit von der Position in ein Diagramm ein:

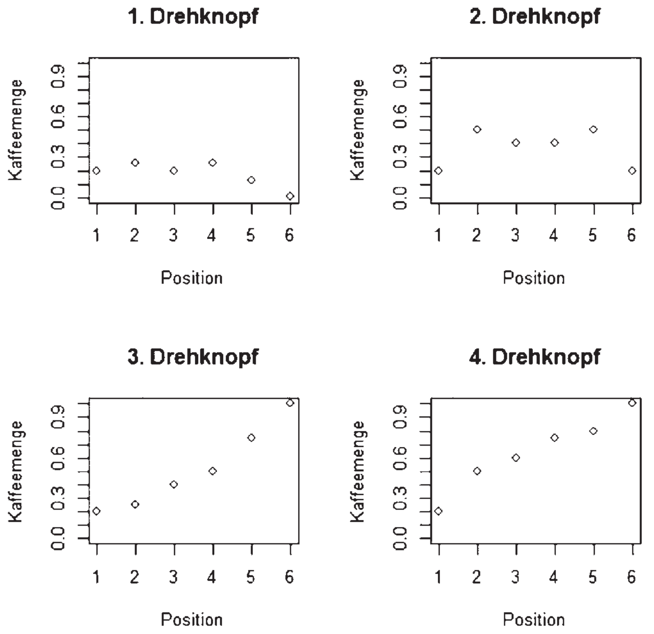


b) Welcher Drehknopf hat den stärksten linearen Zusammenhang? Welcher Drehknopf hat den schwächsten linearen Zusammenhang? Geben Sie jeweils eine Begründung.

c) Schreiben Sie bei jedem Diagramm einen Schätzwert im Bereich von -1 bis 1 für eine Maßzahl des linearen Zusammenhangs hin. Die Maßzahl soll dabei folgende Bedingungen erfüllen:

1. Die Maßzahl soll positiv sein, wenn bei zunehmendem x-Wert auch die y-Werte grösser werden. Die Maßzahl soll bei umgekehrtem Zusammenhang negativ sein, d.h. bei zunehmendem x-Wert die y-Werte kleiner werden.
2. Der Betrag der Maßzahl soll Null werden, wenn sich die beiden Größen x und y gegenseitig nicht beeinflussen.
   Der Betrag der Maßzahl soll umso größer werden, je mehr sich die beiden Größen x und y linear zueinander verhalten.

In den folgenden vier Diagrammen sind die Kaffeemengen in Abhängigkeit von der Position für die Drehknöpfe dargestellt:



Der Korrelationskoeffizient r für den ersten Drehknopf beträgt $r = -0.742$, für den zweiten Drehknopf $r = 0$, für den dritten Drehknopf $r = 0.973$ und für den vierten Drehknopf $r = 0.976$.

Die Lernenden erkennen meistens den zweiten Drehknopf als den Drehknopf mit dem schwächsten linearen Zusammenhang, schreiben aber oft bei diesem Drehknopf einen Wert ungleich Null als Maßzahl hin. Der dritte Drehknopf wird häufig aufgrund des progressiven Verhaltens fälschlicherweise als derjenige mit dem stärksten linearen Zusammenhang ausgewählt.

Serie: Kognitive Aktivierung

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

Literatur

- Kapur, M. (2014). *Productive Failure in Learning Math.* Cognitive Science, 1–15.
- Kapur, M. (2015). *The preparatory effects of problem solving versus problem posing on learning from instruction.* Learning and Instruction, 39, 23–31.
- Schalk, L., Schumacher, R., Barth, A. & Stern, E. (2017). *When problem-solving followed by instruction is superior to the traditional tell-and-practice sequence.* Journal of Educational Psychology (im Druck).
- Schwartz, D. L., Chase, C. C., Oppezzo, M. A., & Chin, D.B. (2011). *Practicing Versus Inventing With Contrasting Cases: The Effects of Telling First on Learning and Transfer.* Journal of Educational Psychology, 103, 1–17.