

**Detlef Hoche**

## **Dialogisches Lernen in Mathematik und Natur- wissenschaften**



*Sprache und Naturwissenschaften werden oft als Gegensätze betrachtet. Ein wichtiges Ziel der Naturwissenschaften ist es, weg von der unexakten sprachlichen Formulierung hin zu einer exakten oft in einer Formel mündenden Normierung zu kommen. Für das Verstehen hat aber die Sprache eine unverzichtbare Funktion. Erst wenn ein Zusammenhang in eigenen evtl. sogar muttersprachlichen Worten wiedergegeben werden kann, ist er tatsächlich verinnerlicht. Ein wichtiges Ziel des Unterrichts sollte deshalb sein, unsere Schülerinnen und Schüler zum Sprechen und Schreiben zu bewegen.*

Der dialogische Unterricht versucht über die Sprache Schülerinnen und Schüler für Mathematik und Naturwissenschaften zu gewinnen. Wie viele schülerzentrierte Unterrichtsformen ist er prozessorientiert. Der Prozess des Erarbeitens, des Verstehens und des Hinterfragens wird versprachlicht, weil die Mathematik eine Fremdsprache ist, deren Bedeutung man besser in der Muttersprache erkennt. Jeder der sich mit schwierigen Fragestellungen auseinandersetzen musste, kennt das Phänomen, dass vieles klarer wird, wenn man es erst einmal ordentlich zu Papier gebracht hat. Manchmal ist es sogar das handschriftliche langsame Aufschreiben, das diesen Prozess in Gang setzt. Der Verstehensprozess wird verlangsamt und dadurch vertieft.

Dazu schreiben die Schüler ein Tagebuch, in dem sie ihren Weg zur Lösung eines Problems aufschreiben. Der eigene Weg ist viel vertrauter als der vom Lehrer gezeigte Weg. Jeder der in einer fremden Stadt einmal einen Weg gezeigt bekommen hat und einen anderen Weg selbst gefunden hat, kennt das Phänomen, dass der selbstgefundene Weg viel besser „sitzt“ und deshalb viel leichter wieder gefunden wird. Mein Weg gehört mir. Dieses Produkt-Gefühl kennen Erfinder, Künstler und Schriftsteller. So erlebt man Kompetenz.

Der dialogische Unterricht lässt deshalb Schüler eigene Wege finden, lässt sie diese Wege mit anderen Wegen vergleichen und auch bewerten. Es gibt nicht mehr den Standardweg. Dieser kann sich höchstens herauskristallisieren, wenn der eigene Weg geradliniger wird, weil man so schneller zum Ziel kommt.

Die beiden Schweizer Lehrer Urs Ruf und Peter Gallin haben diesen dialogischen Unterricht in mehreren Büchern hauptsächlich für die Grundschule beschrieben. Ich hatte das Glück Urs Ruf im Deutsch-Unterricht der 7. Klasse und Peter Gallin im Mathematik-Unterricht der 11. Klasse zu beobachten. Vor allem begeisterte mich

die Unterrichts Atmosphäre, in der Kreativität aber auch viel Leistungsbereitschaft zu spüren war. Also machte ich mich daran, die Ideen zu kopieren und im eigenen Unterricht auszuprobieren.

## Kernideen

Ein neues Thema wird mit der Vorstellung von Kernideen eingeführt. Der Lehrer beschreibt die wesentlichen Aspekte des Themas. Er stellt einen persönlichen Bezug her. Das hörte sich für mich ziemlich theoretisch an. Habe ich das nicht schon immer in der Motivationsphase meines Unterrichts gemacht?

Wichtig für den Start in den dialogischen Unterricht eines Themas scheint mir deshalb zu sein:

1. Die Schüler müssen begreifen, um was es geht? Was ist das Problem? Was muss ich bzw. will ich lernen?
2. Die Schüler müssen Werkzeuge zur Lösung des Problems haben. Diese können sehr rudimentär sein. Wir können aber nur selten erwarten, dass sie sich diese Werkzeuge erfinden.
3. Die Problemstellung muss so offen sein, dass viele verschiedene Wege zur Problemlösung gefunden werden können (Produkterlebnis).

Wie die Vorstellung der Kernideen aussehen kann, will ich an einigen Beispielen verdeutlichen.

## Klasse 7 Mathematik: Prozentrechnen

zu 1. An Beispielen aus der Erfahrungswelt der Schüler wird gezeigt, dass die Betrachtung von Anteilen aussagekräftiger als die der absoluten Werte ist. Dabei kommt es noch gar nicht so sehr auf die Darstellung als Prozentzahl an.

zu 2. Aus der Bruchrechnung können die Schüler Anteile von Größen bestimmen und Anteile als Prozentangabe ausdrücken. Außerdem können sie Dreisatzaufgaben lösen und haben auch schon einfache Formeln, ohne diese umzuformen, kennen gelernt.

zu 3. Es geht darum, die typischen Grundaufgaben der Prozentrechnung in Probleme verpackt zu lösen.

## Klasse 7 Physik: Das Thermometer

- zu 1. Der Lehrer zeigt einige Flüssigkeitsthermometer und fragt, wie man wohl die Skala eines solchen Thermometers herstellen kann.
- zu 2. Die Schüler kennen die Fixpunkte Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers. Sie haben schon selbstständig Experimente geplant und durchgeführt.
- zu 3. Zur Problemlösung stehen konfektionierte Thermometer, Eiswasser und siedendes Wasser zur Verfügung. Es soll ein Thermometer ohne Skala geeicht werden und es sollen damit verschiedene Temperaturen (z.B. Wasser aus der Wasserleitung) gemessen werden.

## Unterwegs

Nun machen sich die Schüler auf den Weg. Dabei wird dieser Weg in einem Tagebuch dokumentiert. Dabei wird alles, auch Irrwege ins Tagebuch aufgenommen. Der Tintenkiller hat Pause. Wir alle wissen, wie wichtig Irrwege für den Prozess des Verstehens sind. Deshalb sollte man sie nicht vermeiden, sondern geradezu herausfordern. Schüler sollen nicht nur für „richtige“ Wege gelobt werden. Auch Irrwege sind wertvoll. Seitenwege, die scheinbar vom Thema abführen, sollten nicht gleich zurückgewiesen werden. Manche kreative Idee liegt in einem Seitenweg verborgen. Lehrer neigen dazu, geradlinig vorzugehen und vergeben damit die Chance für kreative Lösungswege, die den Unterricht beleben.

Betrachten wir das Beispiel „Thermometer“. Naheliegend ist es, eine Skala von einem vorhandenen Thermometer auf das neue Thermometer zu übertragen. Man kann sicher sein, dass die Temperatur, die beide Thermometer im Moment der Übertragung zeigen, stimmt. Wie ist das mit den anderen Temperaturen? Kann man sie einfach übertragen? Ein Irrtum! Woran liegt das? Es führt uns auf die Funktion des Vorratsgefäßes und der Steigröhre.

Der Lehrer liest die Tagebücher, aber er korrigiert sie nicht. Vielmehr wird das, was er liest, Anlässe für Materialien, Texte, Gespräche ergeben. Beim obigen Irrtum wird er vielleicht zwei sehr unterschiedliche Thermometer zur Verfügung stellen und sie genauer betrachten lassen. Er kann auch einen Modellversuch mit Erlenmeyerkolben und Steigrohr zur Verfügung stellen.

## Wie machst du das?

Haben die Schüler einige Zeit in einem Gebiet geforscht, werden sie ihre Ergebnisse den anderen Schülern vorstellen wollen. Das führt zu Diskussionen. Im Beispiel Prozentrechnen haben Schüler eine Aufgabe mit einem Dreisatz gelöst, andere haben eine Tabelle angefertigt und wieder andere vielleicht eine Formel aufgestellt. Der Lehrer muss sich auch hier jeder Wertung enthalten. Ist es denn wirklich so wichtig, wie die Lösung gefunden wurde? Wenn eine Methode einfacher als die andere ist, dann wird der Schüler, der sie tatsächlich einfacher findet, diese Methode annehmen. Derjenige, der sie nicht einfacher findet, würde mit ihr nicht glücklich werden. Das muss der Lehrer aushalten.

Der eigenständige Prozess des Erarbeitens führt zwangsläufig dazu, dass sich die Begriffe, die die Schüler verwenden, unterscheiden. Es ist ja nicht die Fachsprache, in der man Tagebuch schreibt. Deshalb kann man sich an dieser Stelle auch über gemeinsame Sprechweisen verständigen.

## Rückschau

Oft verliert man beim Forschen den Überblick. Deshalb ist es wichtig, dass man sich am Ende zurückbesinnt. Was sind unsere Ergebnisse? Wie haben wir sie gewonnen? So sehr das Schreiben des Tagebuchs vielen Schülern entgegenkommt, so sehr verunsichert es sie gerade in unserem Schulsystem. Die Sätze in meinem Tagebuch sind doch von mir, niemand hat sie korrigiert. Wie kann ich da sicher sein, dass sie stimmen? Diese Frage stellt sich spätestens vor der Klassenarbeit. Ein gemeinsamer Rückblick gibt Sicherheit. Er ist aber auch im Sinne des Fachmethodenlernens wichtig. Wie geht man erfolgreich vor, um Probleme zu lösen? Gibt es Strategien, die auch an anderer Stelle hilfreich sein könnten? Insbesondere, wie kann ich überprüfen, ob meine Behauptungen stimmen? Was gibt mir Sicherheit?

Diese Vorgehensweise verlagert unseren Unterricht sehr stark vom Sprechen zum Schreiben. Das Verfassen von Texten steht im Vordergrund. Sicher wird der eine oder andere Bedenken haben, so stark vom herkömmlichen Unterrichtsbild abzuweichen. Die Vorteile liegen aber auf der Hand:

- Das Schreiben verlangsamt die Gedankenentwicklung und hilft dadurch zu einer sorgfältigeren Abwägung der Gedankengänge.

- Jeder Schüler ist gefordert, seine Formulierungen einzubringen.
- Der Schüler beschäftigt sich mit dem Stoff und nicht der Lehrer bringt dem Schüler den Stoff bei.
- Fächerübergreifender Aspekt Textproduktion (Deutsch).
- Es bietet sich an, eine Textverarbeitung für die Erstellung des Tagebuchs zu verwenden.

Der Lehrer als Wissender sieht ein Gebiet immer in der Rückschau, weil er das Gebiet, seine Schwierigkeiten, seine Höhen und Tiefen kennt.

Der Schüler als Lernender sieht ein Gebiet zuerst nur in der Vorschau, in der sich ein Gebiet oft als unüberwindlicher Berg auftürmt.

## Meine ganz persönlichen Erfahrungen

Ich habe den dialogischen Unterricht in verschiedener Intensität eingesetzt.

In **Klasse 13 Physik** habe ich Zusatzaufgaben zu Hause mit dem Tagebuch lösen lassen. Wichtig war dabei, dass die Schüler alles aufschreiben und ihren Verstehensprozess dokumentieren. Insbesondere habe ich die Aufschriebe auch danach bewertet, wie stark sie persönlich gefärbt waren.

### Ein Beispiel:

Wir hatten behandelt, dass eine Antenne die Länge  $l/2$  haben sollte. Beim Nachmessen erhalten aber die Schüler  $l/4$ . Das führt zu vielerlei Untersuchungen: Was passiert, wenn man die Antenne passend verlängert? Haben wir vielleicht etwas falsch gemacht? Die Diskussion zieht weite Kreise bis sich die Erkenntnis verfestigt, dass wegen der Erdung (das hatte einer aus einem Lexikon) ein Ende offen ist und... Eine Schülerin formulierte im Folgenden so:

*„Dann habe ich mir überlegt, wie ich die Aufgabe noch etwas füllen könnte. Mein schnurloses Telefon hat eine Frequenz 900 MHz. Die Frequenz unseres Mikrowellen-Herds hat in etwa die gleiche Frequenz. Nun haben wir im Unterricht gelernt, dass das Gitter an der Türe die Mikrowellen abschirmt. Ich lege mein Handy in die Mikrowelle und rufe es von außen an: Es läutet!? Was ist da falsch? Entweder ich habe etwas falsch verstanden oder wir werden hier fürchterlich verstrahlt..“*

Diese Idee zog auch bei anderen Schülern (und bei meinen Kollegen) jede Menge Untersuchungen nach sich und vermutlich auch meine Begeisterung spornte die Schüler zu immer neuen Ideen an, was sie noch alles untersuchen könnten.

Kl. 9 Physik: Über ein ganzes Schuljahr habe ich meine Schüler Tagebuch schreiben

lassen. Die Frage, die mich besonders interessierte, war: Schafft man mit dieser Methode den Stoff? Was bleibt bei den Schülern hängen? In einer Evaluation habe ich am Ende die Schüler mit einem Flächentest in Baden-Württemberg verglichen. Dabei haben sie bedeutend besser abgeschnitten. Natürlich reicht dies nicht für eine statistische Bewertung aus, aber für mich war es Bestätigung genug.

### **Einige Beispiel-Problemstellungen aus diesem Unterricht:**

Du kennst folgende Erscheinung: Hat man viele Personen eingeladen, dann kann man die Heizung herunter drehen und die Temperatur im Raum ist trotzdem angenehm.

Überlege, woran das liegt.

Warum stellt sich überhaupt nach einiger Zeit in einem geheizten Raum eine konstante Temperatur ein?

Schreibe zuerst theoretisch auf, wie die physikalischen Zusammenhänge sind. Suche dann nach realistischen Zahlenwerten und rechne. Wenn du zu keiner Lösung kommst, dann schreibe Fragen auf, die du nicht beantworten kannst.

### **Auszug aus einem Tagebuch zu diesem Problem:**

*„Der Mensch hat eine Körpertemperatur von 37°C. Der Raum hat meistens 20°C. Wenn jetzt mehrere Leute in einem Raum sind, wird die Temperatur höher. Im Unterricht haben wir gelernt, dass der Mensch 100 Watt abgibt.*

*Nach einiger Zeit stellt sich in einem geheizten Raum eine konstante Temperatur ein, weil die Wärme, die reinkommt (also von der Heizung) genauso stark ist, wie die die rausgeht. Das kann man an einem einfachen Beispiel erklären:*

*In einem Gefäß ist Wasser drin und unten ein Loch, durch das das Wasser herausfließt. Gleichzeitig schüttet man oben genauso viel Wasser hinein, wie unten herausfließt. dann bleibt der Wasserspiegel konstant.“*

Andere haben berechnet, wie viele Menschen in ihrem Zimmer zu Hause sein müssen, damit sich eine konstante Temperatur von 20°C einstellt. Dazu mussten sie sich über Wärmedurchgangswerte und vieles mehr erkundigen. Wieder andere sind von einer bestimmten Anzahl Menschen ausgegangen und haben berechnet, welche Temperatur sich einstellt. Einige haben überlegt, wie viele Menschen einem Heizkörper mit 2000 Watt entsprechen.

So konnte jeder einen eigenständigen Beitrag zu dem Problem bringen und in der anschließenden Diskussion ergab sich ein reichhaltiges Bild.

### **Abkühlung von Kaffee**

**Problem:** Ein zu heißer Kaffee ohne Milch soll mit Milch getrunken werden. Es gibt zwei mögliche Vorgehensweisen.

Man kann zuerst die Milch in den Kaffee geben und dann warten bis die Temperatur niedrig genug ist, oder man kann zuerst warten bis die Temperatur ein wenig gesunken ist und dann die Milch zugeben.

Auf welche Weise ist der Kaffee früher trinkbar?

Dieses Problem sollst du durch passende Experimente und Überlegungen bearbeiten.

#### **Vorgehensweise:**

Überlege, wovon die Lösung des Problems abhängen könnte. Bedenke dabei möglichst viele Ursachen. Plane nun Experimente, die die einzelnen Ursachen untersuchen. Achte dabei darauf, dass du immer nur eine Ursache änderst. Stelle Behauptungen auf und versuche sie im Experiment zu betätigen und mit der Theorie zu erklären. Dokumentiere deine Überlegungen und Experimente mit Argumentationsketten, Messreihen, Diagrammen und Auswertungen.

#### **Auszug aus Tagebüchern:**

Der erste Beitrag soll unter anderem die persönliche Färbung solcher Beiträge zeigen: „Wahrscheinlich von Ihnen unbeabsichtigt, löste dieser Physik-Versuch innerhalb meiner friedlichen Familie heiße und erbitterte Streitgespräche aus. Zuweilen flogen Kaffeetassen und Milchkännchen durch die Luft!

Die tapferen Krieger waren:

Einerseits mein Papa, Abitur vor 25 Jahren, der praktische Denker und der festen Überzeugung, man müsse sofort Milch zum Kaffee geben, um ihn dann früher bei der optimalen Trinktemperatur trinken zu können. Andererseits meine Geschwister, mein Bruder Abi 2000, Physik-LK und meine Schwester, Physik nach Kl.11 abgewählt. Sie verwirrten mich mit diversen Kurven, Diagrammen und Formeln restlich. Sie waren für die 2. Methode. Ich entschloss mich, keiner der beiden Seiten vorschnell zuzustimmen und zog mich in mein Kämmerlein zurück, um der Sache auf den Grund zu gehen. Für alle Versuche nahm ich 90 ml Kaffee und 30 ml Milch. Das Verhältnis der Massen von Kaffee und Milch war also immer gleich...“.

Es folgen Diagramme für verschiedene Situationen.

#### **Wie viel Kreativität sich dabei ergibt, zeigt eine weitere Schülerlösung:**

Die Idee war, dass das Fett der Milch oben schwimmt und den Kaffee isoliert. Daraus entstand die Idee Pflanzenöl auf den Kaffee aufzubringen und zu beobachten, ob er sich dadurch langsamer abkühlt. Dies ist einer der typischen Seitenwege,

die im normalen Unterricht nicht zugelassen worden wären. Die Autorin der Idee trug ihre Ergebnisse mit viel Stolz vor der Klasse vor und bereicherte damit die vielfältigen Erkenntnisse, die von Mischungsüberlegungen, den verschiedenen Arten des Wärmetransports bis hin zu Prinzipien, wie „Man darf nur eine Größe variieren“ reichten.

## Geschichten schreiben

Mädchen schreiben besonders gerne Tagebuch. Wenn man sie dort abholen möchte, wo ihre Vorlieben sind, dann kann man die trockene Mathematik mit bunten Geschichten verbinden. Aufträge, bei denen eine Geschichte mit mathematischem oder physikalischem Inhalt geschrieben werden soll, sind dann besonders interessant, wenn der Inhalt unterhaltsam sein darf.

Hierzu ein Beispiel aus Klasse 7 Mathematik Prozentrechnen.

Auftrag: Schreibe eine Geschichte, in der die Begriffe Anteil, Bruchteil und Ganzes vorkommen. Achte darauf, dass in der Geschichte mit diesen Größen gerechnet wird.

*„Das ungesunde Schokoerlebnis:*

*Eines Tages fanden Anni, Thomas und Peter mit Dackel Waldi ein Portemonnaie auf der Straße. Sie fanden die ordnungsgemäße Besitzerin heraus und brachten es ihr zurück. Als Finderlohn bekamen sie eine ganze Tafel Schokolade. In ihrem Baumhaus stritten sie nun, wer welchen Anteil der Schokolade bekommen sollte. Das war gar nicht so einfach, da die ganze Tafel 16 Stücke hatte.*

*„Mein Dackel hat das Portemonnaie gefunden! Also bekomme ich einen Anteil von  $\frac{2}{4}$ !“ rief Peter. Das gefiel Anni gar nicht: „Das ist unfair, das wäre ja die Hälfte vom Ganzen! Ich habe die Frau gefunden, der es gehört hat. Deshalb will ich einen Bruchteil von 8 Stückchen!“ – „Nein. Das ist auch dumm, denn 8 Stückchen sind ja die andere Hälfte. Da bleibt ja nichts mehr für mich! Machen wir es so: Jeder bekommt den Anteil  $\frac{1}{4}$ . Das 4. Viertel teilen wir noch mal durch 3. Den Rest der sich ergibt, erhält Waldi. So haben wir die ganze Schokolade gerecht aufgeteilt!“ Genüsslich mampften die 3 ihren Bruchteil von 5 Stücken. Waldi war auch nicht sauer, denn Hunde dürfen eh nur ein Stück Schokolade essen. Mehr vertragen sie nicht. Wir wünschen viel Spaß beim Zahnarzt.“*

**Literatur:** Peter Gallin / Urs Ruf : Sprache und Mathematik in der Schule, Verlag für Lehrerinnen und Lehrer Schweiz ISBN 3-85809-071-9A