

Philipps-Universität Marburg  
FB 21 Erziehungswissenschaften  
Seminar „Lehrkunstwerkstatt“  
Leitung: Prof. Dr. H. C. Berg

# LEHRKUNST

AM BEISPIEL DES

## PASCALSCHEN BAROMETERS



vorgelegt von

**Dirk Winkel**

**19. FEBRUAR 2008**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Wagenschein und Lehrkunst</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Hintergrund des Pascalschen Barometers</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Umsetzung als Lehrstück</b>	<b>5</b>
4.1	Bericht einer Unterrichtsreihe . . . . .	5
4.2	Bedeutung als Lehrstück . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Abschlussbemerkungen</b>	<b>11</b>

# 1 Einleitung

Lehrkunst ist ein Vorschlag zur Unterrichtsgestaltung. Das Zentrum bilden dabei die voneinander unabhängigen Lehrstücke. Ein Lehrstück stellt einen allgemeinen Vorschlag zu einer Unterrichtsreihe dar, welcher sich an den didaktischen Handlungsmustern *genetisch*, *exemplarisch*, *dramaturgisch* und damit an der Didaktik Wagenscheins, orientiert.

Ausgewählt wird ein Exempel, das geeignet ist, die Wissenschaft als Ganzes widerzuspiegeln. Eine tiefgründige Bearbeitung dieses Exempels soll die Grundsätze des Faches ans Licht führen und den Umgang und das tiefe Verstehen dessen sichern. Dabei sind die Akteure nicht der Lehrer, sondern die Schüler. Durch eigenes Handeln und Denken wird das Verstehen von innen heraus möglich, ohne eine hohle Schale von gelerntem zu produzieren.

Diese Lehrmethode soll im Folgenden anhand eines Beispiels für ein Lehrstück der Physik, das *Pascalsche Barometer*, verdeutlicht werden. Das Lehrstück des Pascalschen Barometers wurde von Ueli Aeschlimann entwickelt. Mit Hilfe der Unterrichtsberichte aus Ihrer Dissertation [Aeschlimann 1999] wird dabei die Praxisbedeutung und -erfahrung des Stückes mitbetrachtet.

## 2 Wagenschein und Lehrkunst

Die didaktische Grundlage der Lehrkunst bietet Martin Wagenschein. Er selbst beschreibt seine Lehrmethode als *genetisch*, *sokratisch* und *exemplarisch*. Ziel dieser Didaktik ist nicht die flächendeckende Vermittlung eines Lehrstoffes, sondern ein tiefes Verstehen sorgfältig ausgesuchter Inhalte. An diesen „Brückenpfeilern des Verstehens“ soll sich das Ganze der Wissenschaft spiegeln (exemplarisch). Die Schüler sollen sich ganz auf ein Problem einlassen und diesem weitestgehend selbständig und kritisch auf den Grund gehen, um aus sich selbst heraus das Verstehen zu entwickeln (genetisch). Der Lehrer übernimmt dabei eine neue Rolle. Anstatt den Unterricht auf die Ergebnisfindung zu trimmen muss er den Unterricht bremsen, Widersprüche aufzeigen und so eine intensive Suche nach dem Grund des Rätselhaften fördern (sokratisch). Sokrates bezeichnete dies als *Geistige Geburtshilfe*, bei der durch Fragen und nicht durch Belehren eigene Einsichtsfähigkeit hervorgebracht werden sollte.

Auf dieser Didaktik baut die relativ junge Lehrkunstdidaktik auf, begründet durch Hans Cristoph Berg und Teodor Schulze. Charakterisiert mit den didaktischen Begriffen *exemplarisch: genetisch-dramaturgisch* basiert diese Didaktik auf jeweils einem zentralen Lehrstück. Als Exempel dient hierbei ein Menschheitsthema, bei dem „eine neue Sicht-, Denk- oder Handlungsweise zum Durchbruch gekommen ist“ [Berg/Schulze 1998, S. 342]. Anhand dieses *Lichtblickes der Menschheitsgeschichte* soll nach den Regeln des genetischen Lernens von Wagenschein das Thema erarbeitet werden. Der Begriff *dramaturgisch* charakterisiert dabei den Unterrichtsprozess. Die Lehrkraft wird hier ähnlich wie der Regisseur eines Theaterstückes zum Spielleiter, während sich das Stück entwickelt. Inszeniert wird dabei

## 2 Wagenschein und Lehrkunst

das Lehrstück. Die Schüler identifizieren sich mit dem Inhalt und jeder einzelne spielt für das Lehrstück eine Rolle. Jedoch sind hier die Rollen im Gegensatz zum Theater nicht auf Personen festgelegt, sondern die Schüler sind dynamische Mitgestalter des Stückes. Durch die Identifikation der Schüler mit dem Lehrstück steigen diese tief in das Thema ein und können es selbst steuern. Damit erfahren sie durch eigenes Handeln die Wurzeln und die Problematik des Handlungsgegenstandes. Sie erlernen das Verstehen durch die eigene Tätigkeit.

Am Beispiel des Lehrstückes zum *Pascalschen Thermometer* sollen im Folgenden die Idee der Lehrkunstdidaktik näher aufgezeigt werden.

# 3 Hintergrund des Pascalschen Barometers

Die Entdeckung des Luftdruckes kann ohne Bedenken als Schlüsselpunkt der Naturbeschreibung und als Sternstunde der Wissenschaft bezeichnet werden. Die Erkenntnis, dass Luft Ähnlichkeiten mit Flüssigkeiten aufweist ist ebenso von grundlegender Bedeutung für das Verständnis unzähliger Alltagszusammenhänge wie die Entdeckung, dass es neben der Luft auch ein Vakuum geben kann. Diese Erkenntnis war für die gesamte weitere Physikgeschichte prägend.

In der Geschichte der Physik war man zunächst davon überzeugt, dass es kein Vakuum geben könnte, das sogenannte *horror vacui*. Galileo Galilei hat dann festgestellt, dass man Wasser aus einem Schacht nur etwa zehn Meter hochpumpen kann. Das *horror vacui* hatte also nur eine begrenzte Kraft. Torricelli hat daraufhin festgestellt, dass bereits deutlich kürzere Quecksilbersäulen ein Vakuum erzeugen können. Aus diesen Erkenntnissen gelang schließlich Blaise Pascal der Nachweis der Schwere der Luft mit Hilfe eines von ihm konstruierten Barometers. Dies zeigte am Gipfel des Puy de Dôme einen geringeren Luftdruck an als in der Ebene. Hieraus folgerte er, dass wir auf dem Grund eines Luftmeers leben. Der Luftdruck wird demnach von der Masse der über uns befindlichen Luft erzeugt, ähnlich wie der Wasserdruck eines Sees mit zunehmender Tiefe ebenfalls wächst. Die Theorie, dass die Natur das Vakuum generell zu verhindern versucht, wurde damit hinfällig.

Eindrucksvoll demonstriert wurde der Einfluss des Luftdruckes daraufhin von Otto von Guericke. Er demonstrierte, dass eine aus zwei Hälften zusammengesetzte und evakuierte Kupferkugel nur von der Kraft von sechzehn Pferden auseinander gerissen werden konnte.

## 4 Umsetzung als Lehrstück

Das spannende Rätsel, mit dem das Lehrstück eröffnet wird, ist ein ebenso einfaches wie verblüffendes Experiment. Ein Bierglas wird vollständig mit Wasser gefüllt und umgekehrt in ein Wasserbecken gehalten. Wider Erwarten läuft das Wasser nicht aus.

### 4.1 Bericht einer Unterrichtsreihe

Mit dieser Eröffnung beschreibt Ueli Aeschlimann das von Ihr durchgeführte Lehrstück [Aeschlimann 1999]. Bereits Wagenschein hat mit diesem Versuch mehrmals einen Einstieg in eine Unterrichtsreihe gefunden. Der Ansatz wurde zu einem Lehrstück ausgeweitet, die Durchführung von Aeschlimann soll im folgenden näher betrachtet werden.

In den Berichten von Wagenschein wird die Verblüffung bei der Vorführung des Experimentes deutlich. Es folgen zahlreiche Erklärungsversuche, die Schülergruppe rätselt gemeinsam kontrovers über die Ursachen. Dabei empfindet es einer der Schüler als selbstverständlich, da er dies schon oft beim Spülen beobachten konnte. Andere machen im Verlauf des Klassengesprächs ein Vakuum, welches nicht entstehen darf, für die Beobachtungen verantwortlich. Wieder andere äußern die These, dass das viele Wasser in dem Wasserbecken das herausfließen verhindert.

Um das Rätsel zu lösen werden weitere Versuche durchgeführt. Die These, ob das viele Wasser in der Schüssel das ausfließen nach dem Motto „viel gegen wenig“ verhindert, kann überprüft werden, indem ein Suppenteller anstelle des Wasserbeckens verwendet wird. Thesen, für die keine experimentellen Vorschläge aus der Klasse kommen, werden dabei im Klassengespräch geklärt. Dabei werden Ideen

#### 4 Umsetzung als Lehrstück

nicht sofort als richtig oder falsch deklariert, sondern der Lehrer nimmt an dem Gespräch als kritischer hinterfragender teil. Deutlich wird dies zum Beispiel an der folgenden Unterrichtssituation:

Schüler: „Wenn das Wasser unten rausginge müsste ja oben etwas anderes rein. Es kann ja nichts anderes reingehen, weil da überall Wasser ist.“

Lehrer: „Warum muss denn da oben etwas rein?“

Schüler: „Ja, sonst wäre da ein Vakuum.“

Lehrer: „Haben Sie etwas gegen das Vakuum?“

Hier ergreift Wagenschein die Gelegenheit seinen Schülern zu erklären, dass man jahrhundertlang geglaubt hatte, dass ein Vakuum unmöglich sei. Es kann nun weiter diskutiert werden, was das Vakuum offenbar zu verhindern versucht.

Mit einem historischen Überblick über die Diskussion um das Vakuum und der Person Blaise Pascal wird die Unterrichtseinheit beendet.

Mit der nächsten Unterrichtseinheit wird das beobachtete Phänomen genauer und systematischer untersucht. Die Frage, die sich aufdrängt ist, ob es immer gelingt, die Grenzen dieses Experimentes aufzuzeigen. Es kann beobachtet werden, dass ein Becher ausläuft, wenn ein Loch in dessen Boden gebohrt wird. Auch die Frage, ob das Glas beliebig lang sein kann, soll ausprobiert werden. Mit Hilfe eines einseitig verschlossenen Schlauches, anstelle eines Glases, kann dieses Experiment im Treppenhaus der Schule durchgeführt werden. Nachdem es zunächst danach aussieht, dass es beliebig hoch werden kann, kommt das große Erstaunen nach etwa zehn Metern. Das Wasser bleibt auf dieser Höhe plötzlich stehen, obwohl der Schlauch noch weiter aus dem Wassereimer herausgezogen wird.

Erneut stellen die Schüler von selbst Theorien auf, was nun oberhalb des Wasserspiegels ist. Luft konnte ja eigentlich nicht in den verschlossenen Schlauch eindringen. Alternativen sind der Wasserdampf oder tatsächlich das mysteriöse Vakuum? In der folgenden Unterrichtsstunde wird diese Fragestellung gründlich diskutiert werden.

#### 4 Umsetzung als Lehrstück

Der Schlauch wird zunächst unten verschlossen, damit das Wasser nicht wie bei dem Plastikbecher ausläuft, wenn er oben geöffnet wird. Unter lautem Zischen hört man die Luft in den Schlauch eindringen. Wenn die Luft eindringt kann also vorher nichts anderes darin gewesen sein. Übrig bleibt also nur die Vakuum-Theorie.

Nun kann der Wasserdruck ausgerechnet werden, der hydrostatische Druck ist bekannt. Das Ergebnis ist der Luftdruck von  $m * g * h = 100000hPa$ . Nun kann auch durch die Schüler das Quecksilberbarometer erklärt werden. Schon während der Unterrichtsdiskussion tauchte schließlich die Frage auf, ob auch das schwere Quecksilber aus dem Bierglas herausfließen würde.

Ueli Aeschlimann stellt in ihrer Unterrichtsbeschreibung [Aeschlimann 1999] fest, dass trotz des hauptsächlich von den Schülern bestimmten Unterrichts die Grundfragen immer in ähnlicher Form auftauchen. Der Unterricht bleibt also durchaus planbar, auch wenn sich der Lehrer immer aufs neue in die Ungewissheit begibt.

Im weiteren Unterrichtsverlauf von Aeschlimann stellen die Schüler in Gruppenarbeit die Ergebnisse in ihren Heften zusammen. Auch hier ist die Selbständigkeit der Schüler wichtig. Wie kann ich aufschreiben, was wir gemacht haben, so dass ich es hinterher noch verstehe?

Aus der Erkenntnis, dass der Luftdruck eine durchaus erhebliche Kraft ausüben kann, können die Schüler im Folgenden relativ schnell ein Barometer erklären. Zur Anschauung wird aus einer Dose, einer Membran und einem Zeiger ein solches gebaut und unter einer Glasglocke getestet.

Das Verstandene kann nun weiterverwendet werden. Es wird die Frage gestellt, woher denn nun der gefundene Luftdruck kommt. Im Klassengespräch wird die These gestellt, dass die Luft ein Gewicht hat und somit drücken kann. Dies wird im Experiment überprüft, indem eine Flasche einmal mit und einmal ohne Luft gewogen wird. Tatsächlich ergibt dies einen Gewichtsunterschied. Schnell ist daraus das Gewicht der Luft im Klassenzimmer berechnet.

Die nächste Frage von den Schülern ist damit auch sicher: „Wie halten wir das aus?“ Aus der Hydrostatik ist bereits bekannt, dass der Druck in alle Richtungen wirken kann, nicht nur nach unten. Daher bewegte sich schließlich auch der Zeiger

#### 4 Umsetzung als Lehrstück

des Dosenbarometers. Dass hier die Membran nicht platzt ist den Schülern klar, da ja auch die Luft von innen drückt. Daraus können die Schüler selbst erklären, dass der Druck auch im Körper vorhanden ist. Die Lunge kann sich öffnen, da die Luft auch von innen dagegen drückt.

Die nächste Frage drängt sich auf: Der Luftdruck kommt also von dem Gewicht der Luft über uns. Folglich befinden wir uns auf dem Grund eines riesigen Luft-See's. Wie tief ist denn dieser See?

Auch hier helfen die Erkenntnisse der Hydrostatik weiter: Die Dichte wurde mit der luftleeren Flasche bestimmt, für die Tiefe des Sees folgt  $p = \rho * g * h \Rightarrow h = 7800m$ . Die Schüler erkennen erneut selbstständig: „Ich nehme an, dass es oben weniger Luft hat. Es ist ja nicht eine Linie und dann hat es nichts mehr.“ Somit ist auch das Paradoxon der Mt. Everest Besteigung aufgeklärt.

In Aeschlimanns Unterrichtsbericht nahm der Unterricht bisher 9 Stunden ein. Es folgen nun noch weitere Experimente, wie das berühmte Experiment der Magdeburger Halbkugeln von Otto von Guericke. Auch in der heutigen Zeit bleibt das Erstaunen nicht aus, dass die zwei evakuierten Kugelhälften aufgrund des Luftdruckes nicht zu trennen sind. Es bietet sich wiederum an einen gründlichen Blick in die Geschichte zu werfen und den Versuch ausführlich in den historischen Kontext einzubetten, wie es Wagenschein vorschlug:

Ich würde dann auch die Personen, die da auftreten, Pascal etwa, durchaus nicht bloß erwähnen, sondern ich würde etwas über Pascal sagen, gründlich, nicht bloß eine Figur, im Buch, Kleingedrucktes, Huygens mit einer Perücke. Da wird so ein kleiner Bub nur denken: „Guck, auch unter der Perücke kann man gut denken.“ [Aeschlimann 1999, S34]

Zwischendurch werden wieder Stunden verwendet, dass die Schüler das Gelernte selbstständig aufschreiben können. Dazu stehen die verwendeten Materialien und Experimente zur Verfügung.

Abgeschlossen wird die Unterrichtsreihe mit einer selbstständigen Erarbeitung in Gruppen zu dem Thema Wetter. Hierdurch findet das Gelernte direkt Anwendung in einem Thema mit eindeutigen Welt- und Schülerbezug, es kann darin reflektiert,

vertieft und wiederholt werden. Besonderes Augenmerk wird hier natürlich auf den Zusammenhang von Luftdruck und Wettergeschehen gelegt.

## 4.2 Bedeutung als Lehrstück

Wie jedes Lehrstück lässt sich auch das des *Pascalschen Barometers* in unterschiedliche Akte einteilen:

1. Akt Auftakt. Warum fließt das Wasser nicht aus dem Glas? Erklärungsversuche zu dem Phänomen werden entwickelt und überprüft. Das *horror vacui* fällt, der Luftdruck wird durch das Schlauch-Experiment bestätigt. Dies ist zugleich die **1. Phase** nach Wagenschein, wo anhand eines erstaunlichen Phänomens Ideen zur Erklärung gesucht werden.
2. Akt Woher kommt denn nun der Luftdruck? Erklärungen sollen formuliert werden. Der Lernende „denkt jetzt nach, wie man das sagen kann“ (Wagenschein, [Aeschlimann 1999, S. 33], **2. Phase**). Hier setzt anschließend auch die **3. Phase** des Lernens nach Wagenschein ein: Aus der eigenen Formulierung der Schüler erwächst die Fachsprache, die Schüler sehen ein, dass Fachsprache notwendig ist.
3. Akt Die Magdeburger Halbkugeln und andere Experimente zum Luftdruck. Hier sind wieder alle drei Lernphasen vertreten.
4. Akt Das Wetter. Der Luftdruck ist auch zu etwas tagtäglichem zu gebrauchen, nämlich zur Wettervorhersage. Die Verbindung zu elementaren Grundfragen (Woher kommen die Wolken?) wird somit geschaffen. Das Thema *Luftdruck als Menschheitsthema* wird damit abgerundet.

Mit der **genetischen** Methode wächst das Wissen im Schüler, anstatt nur eingetrichtert zu werden. Ein Phänomen wird vorgestellt, welches die Schülergruppe selbst erklärt. Es werden Thesen aufgestellt, überprüft und verworfen. Auf dem gleichen Pfad, wie das Wissen ursprünglich durch die Arbeiten von Menschen wie

#### 4 Umsetzung als Lehrstück

Pascal entstanden ist, entsteht das Wissen hier in den Schülern neu. Auch das *sokratische* wird somit durch das eigenständige Denken der Schüler vertreten.

Das Stück dient als **Exempel** für die restliche Physik. Das Experiment ist der Ausgangspunkt für die Physik, hieran orientiert sich jede physikalische Theorie. Mit dem Experiment werden Theorien überprüft und korrigiert. So werden hier die aufgestellten Theorien überprüft (Was passiert, wenn das Glas beliebig groß wird?), und aus den Ergebnissen können dann auch die mathematischen Beziehungen gewonnen werden. Der Weg zur Erkenntnis im Lehrstück steht damit exemplarisch für die gesamte Praxis der Physik.

Der Unterricht baut sich um die zentrale Figur des mysteriösen Bierglases auf. Inszeniert durch den Lehrer zeigt sich das **dramaturgische** Element des Lehrstückes im weiteren Aufbau. Die Handlung beginnt mit dem Erstaunlichen und durchläuft die Inhalte des Schlauches, der Messung des Gewichtes der Luft sowie die Magdeburger Halbkugeln. Durchgeführt wird das Stück durch die Schüler.

## 5 Abschlussbemerkungen

Die zentralen Merkmale eines Lehrstückes sind das *Genetische*, das *Exemplarische* und das *Dramaturgische*. Alle Merkmale sind anhand des vorgestellten Lehrstückes deutlich ersichtlich.

Beginnend mit dem erstaunlichen Phänomen, dass das Wasser aus dem umgedrehten Bierglas nicht ausläuft, entwickeln die Schüler auf den Spuren Pascals die Physik dazu selbst. Nur wenig greift der Lehrer dabei ein, er erklärt niemals, sondern deutet nur auf den Weg, den die Schüler gehen sollen. Das daraus resultierende selbstständig gewachsene Wissen, hat so die Möglichkeit, sich tief im Verständnis zu verwurzeln.

Die Methoden, die durch die geschickte Inszenierung des Lehrers durch die Schüler verwendet werden, haben nicht nur in dem betrachteten Bereich der Physik elementare Bedeutung. Der Weg der Erkenntnisgewinnung ist so ausgelegt, dass er in ähnlicher Form an vielen Stellen Anwendung findet. Ein Brückenschlag zu einem anderen physikalischen Phänomen ist dadurch einfach, zumal die Arbeitsweisen im Lehrstück von den Schülern so intensiv durchlebt werden, dass sie auch tatsächlich beherrscht werden, denn sie erreichen ohne Hilfe das Ziel.

Diese Art der Unterrichtsgestaltung durch Lehrstücke kann in allen Bereichen der schulischen Bildung, auch fächerübergreifend, angewendet werden. Auf der Grundlage der Wagenschein-Didaktik wurden bereits zahlreiche solcher Lehrstücke entworfen. Auch wenn jede Inszenierung eines solchen Lehrstückes unterschiedlich ist und auch sein sollte, zum Beispiel in Form einer Anpassung an die Lernumgebung und Lerngruppe, kann dieses wachsende Repertoire als guter Ausgangspunkt für die Unterrichtsplanung dienen.

# Literaturverzeichnis

[Aeschlimann 1999] UELI AESCHLIMANN: *Mit Wagenschein zur Lehrkunst*. Dissertation. Marburg/Lahn 1999.

[Berg/Schulze 1998] H. C. BERG / T. SCHULZE: *Lehrkunstwerkstatt II*. Luchterhand Verlag, Neuwied, Kriftel, Berlin 1998.

[Berg/Schulze 1995] H. C. BERG / T. SCHULZE: *2 Lehrkunst: Lehrbuch der Didaktik*. Luchterhand Verlag, Neuwied, Kriftel, Berlin 1995.

[Wagenschein] MARTIN WAGENSCHHEIN: *Verstehen Lehren: genetisch - sokratisch - exemplarisch*. Beltz, Weinheim 1999.