

***Eine 6-wöchiges Modul über die Natur der Naturwissenschaften unter Berücksichtigung gesellschaftlicher und erkenntnistheoretischer Aspekte***

GÁBOR Á. ZEMPLÉN

*Budapest University of Technology and Economics (BME)*

*Hungary, Budapest, H-1111 Stoczek u. 2. St. fsz.15.*

*zemplen@filozofia.bme.hu*

Übersetzung: Jan Ruhrig

**Zusammenfassung:** Die Einheit wurde für sechs Doppelstunden konzipiert. Um der vorherrschenden Arbeit mit Lehrbüchern entgegen zu wirken, wird in dieser Einheit erprobt, erkenntnistheoretische Themen und das traditionelle Material zu Nature of Science in einen soziologischen Rahmen einzubeziehen. Das bedeutet, dass den traditionellen Themen von NOS (Abgrenzungskriterien, wissenschaftliche Arbeitsweise, Induktion, Deduktion, Falsifikation) weniger Zeit gewidmet wird. Statt dessen wird fast die Hälfte der Einheit den soziologischen Bedingungen von Naturwissenschaft gewidmet. Die Hervorhebung gesellschaftlicher Bezüge und Rekonstruktion der (mehr oder weniger traditionellen) erkenntnistheoretischen Aspekte durch die Nutzung von für Schüler verfügbaren Mittel bildet die Neuheit dieser Einheit, weshalb diesen Elementen mehr Unterrichtszeit zugesprochen wurde. Die Einheit wurde in drei aufeinander folgenden Jahren mit Schülern (17-19 Jahre alt) an einer bilingualen Schule in Ungarn in einem „IB Diploma“ Kurs (Karinthy Gimnázium) getestet. Die Schüler sind durchschnittlich bis hochbegabt und die Einheit wurde in Englisch unterrichtet, was für nahezu alle Schüler eine Fremdsprache darstellte.

**Stichwörter:** Geschichte der Naturwissenschaft, Soziologie der Naturwissenschaft, Philosophie der Naturwissenschaft, NOS (nature of science)

**Beschreibung der Fallstudie<sup>1</sup>:**

Die Vermittlung von NOS ist eine wichtige pädagogische Herausforderung einer zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Bildung. Ein wesentliches Problem des aktuellen Umgangs mit NOS im Unterricht besteht in der Differenzierung zwischen philosophischen und historischen/gesellschaftlichen Betrachtungsweisen. Die Diskussion über die wissenschaftliche Arbeitsweise läuft zu oft auf vereinfachte logische Ansichten hinaus, wenn eine Einheit über NOS mit erkenntnistheoretischen Kriterien beginnt. Darüber hinaus verhindert der Beginn mit erkenntnistheoretischen Betrachtungen eine natürliche Einführung gesellschaftlicher Faktoren, die an mancher Stelle erwähnenswert sind. Die eher negative Rolle, die gesellschaftliche Betrachtungen in Einheiten zu NOS spielen (und die Angst von Pädagogen vor „sozial-konstruktivistischer“ Herangehensweise) ist das Ergebnis.

Um diesen Problemen Abhilfe zu schaffen, bettet diese Einheit erkenntnistheoretische Inhalte in die gesellschaftlichen ein. Wissenschaft wird als gesellschaftliche Einrichtung betrachtet und ist wie alle anderen auch mit Normen verbunden. Es wird die notwendige Existenz dieser Normen und deren Rolle für den Erhalt der Funktionstüchtigkeit von Wissenschaft, sowohl als ein Expertensystem bez. der

---

<sup>1</sup> Für weitere Details über den Hintergrund und die Literatur vgl. Zemplén, Gábor Á. 2009. Putting Sociology First—Reconsidering the Role of the Social in ‘Nature of Science’ Education. *Science & Education* 18 (5):525–559.

Generierung von Wissen (z.B. erkenntnistheoretische Normen) als auch den Erhalt der gesellschaftsbezogenen Funktionstüchtigkeit untersucht.

Der Ausgangspunkt in Form von gesellschaftlichen Aspekten soll nicht die erkenntnistheoretische Betrachtungsweise ersetzen, sondern für sie einen Platz schaffen. Die erkenntnistheoretischen Normen sind nicht als dekontextualisierte, abstrakte Kriterien dargestellt, sondern eher als Ergebnis historisch bedingter Entwicklung, die eine spezielle gesellschaftliche Institution in der westlichen Bevölkerung seit dem 17. Jahrhundert hervorgebracht hat, und die ein wesentliches, wissensproduzierendes Organ dieser Gesellschaft ist. Während Wissenschaft oft als isoliertes Unterfangen auf der Suche nach makellosem Wissen dargestellt wird, ist darunter ein eingebundenes System mit spezifischen Funktionen in der modernen Gesellschaft zu verstehen.

Erst wenn dieser gesellschaftliche Ausgangspunkt etabliert ist, können die Normen von Wissenschaft diskutiert werden.

### **Historischer und philosophischer Hintergrund einschließlich NOS**

Die übliche Vorgehensweise in Lehrbüchern – selbst wenn sie auf NOS fokussiert sind – führen Wissenschaft im Allgemeinen als durch eine spezifische Methode charakterisierbar und als auf empirischen Daten und logischen Schlussfolgerungen vertrauend (im Gegensatz zu anderen sozialen Institutionen) ein. Viele Lehrbücher hören an dieser Stelle auf, diejenigen, die weiter gehen, mildern diese Sicht schrittweise ab, indem sie einräumen, dass es keine klar definierbare wissenschaftliche Methode und keine Garantie gibt, die Natur in die „richtigen“ Teilstücke zu gliedern. Im Allgemeinen nutzen Lehrbücher dekontextualisierte erkenntnistheoretische Kriterien getrennt von gesellschaftlichen Betrachtungen so, dass das eine die Erfüllung des anderen zu hindern scheint.

Der im Artikel beschriebene Denkansatz läuft entgegengesetzt zu dem oben genannten Modell. Durch den Beginn mit „weichen“ gesellschaftlichen Betrachtungen, die die Ähnlichkeit zu anderen gesellschaftlichen Gefügen betonen und Problemstellungen, die Schüler leicht in ihren eigenen Sichtweisen verstehen können, kann man die andauernden Versuche von Wissenschaftlern, Fehlerquellen zu bearbeiten und Wissen (so zuverlässig wie möglich) über die natürliche Welt zu erwerben, besser aufnehmen. Durch die Veränderung der Position gesellschaftlicher Aspekte in Einheiten über NOS und durch die Einbettung von erkenntnistheoretischen Kriterien in ein gesellschaftliches Grundgerüst kann soziologischen Betrachtungen eine radikal konstruktivere Rolle gegeben werden. Soziologische Einsichten können helfen, unbegründete Erwartungen an Wissenschaft aufzugeben, indem Wissenschaft als primäres wissensproduzierendes Organ unserer Gesellschaft anerkannt wird und Schüler der Wissenschaft gegenüber aufgeschlossener werden. Diese Ansicht ist im Gegensatz zu traditionellen Curricula den aktuellen Auffassungen von Geschichtswissenschaftlern, Soziologen und Wissenschaftsphilosophen ähnlicher. Der soziologische Ausgangspunkt hilft Schülern, die Präsenz von Werten in Wissenschaft zu verstehen, die Voreingenommenheiten, für die Wissenschaftler gelegentlich kritisiert werden und dennoch Wissenschaft als eine privilegierte Form von Wissensproduktion anzuerkennen.

Die Einheit bietet einen Weg sowohl das Rationale als auch das Soziale als unabdingbar für die Produktion von Wissen zu betrachten. Die soziale Interaktion von Wissenschaftlern (die normalerweise die relevanten Normen der Gemeinschaft akzeptieren und z.T. verändern) gewährleistet, dass empirische Evidenz und die Überzeugungen einzelner Forscher sich zu Wissen entwickeln kann, dass von der Gemeinschaft geteilt wird.

Dieses Verständnis unterstützt auch viel mehr die Sichtweise, dass das öffentliche Verständnis von Wissenschaft ein interaktiver Prozess unter Beteiligung von Experten wie Forschern und Ausbildern und Laien wie Schülern ist, als eindimensionale oder erzählende Didaktik in Form von Informationsüberlieferung (Wynne 1991). Die Berücksichtigung von gesellschaftlichen Betrachtungen und die Annäherung der Inhalte von NOS an die Lebenswelt der Schüler hilft dabei, das Modell des „kognitiven Defizits“, das oft naturwissenschaftliche Bildung charakterisiert, zu beseitigen. (Gregory und Miller 2001; Ziman 1991). Gesellschaftliche Betrachtungen treten ebenfalls in Erscheinung um im Unterricht Wissenschaft von anderen Vorgängen abzugrenzen. Und, während die Betonung gesellschaftlicher Aspekte keinesfalls die erkenntnistheoretischen vernachlässigt, führt es nicht zu den befürchteten extrem relativistischen Positionen.

### **Zielgruppe, Relevanz für den Lehrplan und didaktischer Nutzen**

#### **Zielgruppe:**

**Alter:** 17-20 Jahre alt. Die Älteren aus der “academic secondary school” oder die Jüngeren der “undergraduate studies”.

**Institution:** Academic high school, college, university

#### **Relevanz für den Lehrplan und didaktischer Nutzen**

Es gibt aktuell keine allgemein anerkannte Vorgehensweise um NOS für Schüler der Sekundarstufe zu unterrichten, aber es gibt wachsende Nachfragen von Lehrplanentwicklern aus unterschiedlichen Ländern. Lehrende, die selbst nur wenig Erfahrung im Bereich NOS haben, finden es schwer den Erwartungen des Lehrplans gerecht zu werden. Die Probleme sind unterschiedlich: Was sind Schlüsselemente von NOS, die Schülern (gewöhnlich zwischen 17-19 Jahre alt) vertraut gemacht werden sollten? Wie sollen diese in interaktiver Weise unterrichtet werden um allgemeine Fähigkeiten wie kritisches Denken zu fördern und den Umgang mit gesellschaftlich relevanten Thematiken mit wissenschaftlichem Hintergrund (sogenannte socio-scientific issues, Abk. SSI) zu verbessern? Die hier beschriebene Einheit bietet eine neue Alternative um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Didaktischer Nutzen im Detail unter Berücksichtigung allgemeiner Lehrbuch-Praxis:

Eine allgemeine Einstellung ist Schülern zuerst eine “einfache” Sicht der Wissenschaft zu vermitteln und komplexere, gesellschaftliche Betrachtungen später ins Spiel zu bringen, um dann die frühere Sicht zu modifizieren. Ein unbeachtetes Problem dieser Ansicht ist, dass das frühere, vorwiegend logische Positivistische und Popper’sche Verständnis von Wissenschaft als unproblematisch und einfach zu verstehen dargestellt wird. So wird implizit die „Statement-Ansicht“ bestätigt, nach der die Aufgabe eines Wissenschaftlers das Aufstellen von Aussagen mit bestimmter Charakteristik sei (verifizierbar, falsifizierbar, kann bekräftigt werden, reduzierbar auf anderen Arten von Aussagen). Dies ist jedoch für Schüler eine nicht triviale Auffassung von der Natur von Wissenschaft. Dies ist nicht nur fremd im Vergleich zu dem, was sie im Unterricht lernen, sondern auch für die Lehrer, die im Allgemeinen bez. der Philosophie von Wissenschaft kaum ausgebildet sind. Des Weiteren erfordert die „Statement-Ansicht“ ein nicht offensichtliches Verständnis von Wahrheit und Wahrheitswerten, etc., und deshalb kann dies kaum ein natürlicher Ausgangspunkt sein.

Für die meisten Schüler liegen diese Haltungen nicht auf der Hand. Dieses allgemeine „einfache“ Verständnis von Wissenschaft nutzt eine sehr spezifische Sicht von Sprache, eine, die genaue Voraussetzungen von Syntax und meist idealisierte Ansichten von Semantik aufweist und die Pragmatik vernachlässigt. Die wissenschaftliche Arbeitsweise, wenn sie in diesem Grundgerüst eingeführt wird, scheint einfach zu sein, beinhaltet aber für Schüler nicht leicht zu verstehende Sichtweisen.

Der erkenntnistheoretische Ausgangspunkt ist nicht nur komplexer als viele Befürworter aus der Didaktik glauben, sondern auch weiter von den Lebenswelten der Schüler entfernt als gesellschaftlicher Ausgangspunkt es sind. Im naturwissenschaftlichen Unterricht sind Schüler mit (einem Teil der) Komplexität der Forschungsarbeit direkt konfrontiert. Sie sehen gelegentliche Irrtümer in Handlungen und sind es gewohnt dem Lehrer die Erklärungen zu glauben, warum z.B. ein bestimmtes Experiment nicht so funktioniert hat, wie es sollte. Außerdem sind sie durch Nachrichten im Fernsehen, durch Begegnungen im Krankenhaus oder wenn sie mitbekommen, wie Wissenschaftler für bestimmte Positionen einer Kontroverse argumentieren, damit konfrontiert, dass Wissenschaft in die Gesellschaft eingebunden ist. Dies sind fertig verfügbare Ressourcen, die in Einheiten zu NOS, wenn sie auf nahezu ausschließlich überprüfbare Kriterien und Ähnliches fokussiert sind, allgemein vernachlässigt werden. Dennoch können sie einfach genutzt werden, wie das dargestellte Verfahren zeigt.

## **Aktivitäten, Methoden und Medien für das Lernen**

### ***Ergründung von Gesellschaftlichem***

Die Einheit führt Konzepte über Expertise, Expertensystem und gesellschaftlicher Institution ein.

### **Unterrichtsstunde 1**

Expertise und Expertensysteme werden in den Unterricht eingeführt

- Die erste Doppelstunde beginnt mit dem “Experten-Spiel”, ein Rahmen vergleichbar mit einem schnellen „in-class-test“, wie es in vielen Schulen üblich ist. Die Antworten werden aber nicht bewertet (30 min.).
- Während ein Schüler die Antworten sammelt, diskutiert die Klasse ihre Antworten zu den Fragen des Mini-Essays in Kleingruppen.

- Dies wird in eine frontale Diskussion überführt. Dabei werden die Schlüsselkonzepte (gesellschaftliche Institution, Expertensysteme) eingeführt (15 + 10 min.).
- Anschließend werden die Ergebnisse des Experten-Spiels diskutiert (15 min.).

Die Art des Testes soll Wissen, das in Schultests abgefragt wird, und Wissen, das im Alltag der Schüler wichtig ist, gegenüber stellen. Die Diskussion soll hervorheben, dass Schüler über Expertise in mehreren Bereichen verfügen und sich als Experten in sozialen, bildungsbezogenen und verschiedenen anderen Situationen behandeln.

Hiernach sind die formalen und formlosen Wege zur Auswahl von Experten gegenüber gestellt und es wird eine kurze Einführung zur Entwicklung von Wissenschaft und der allmählichen Institutionalisierung gegeben und durch Beispiele erläutert (frontale Methode).

- Der Unterschied zwischen dem Vertrauen eines Einzelnen als Experte (z.B. mein Nachbar im Gegensatz zu einem Doktor) und einer Institution (z.B. Wissenschaft) wird diskutiert. Vorteile und Nachteile von sowohl individuellem und institutionellem Vertrauen werden besprochen. Die Klasse wird dazu aufgefordert, eine grobe Klassifizierung zu geben, wie Experten Vertrauen gewinnen (üblicher Weise ähnlich der dreiteiligen Gruppierung der Legitimation von Weber in Form von „charismatisch“, „gesetzlich“ und „traditionell“) (15 min.).

### Das Experten-Spiel

Zu Beginn des Unterrichts werden die Schüler dazu aufgefordert, Papier und Stift bereit zu halten und alles andere wegzuräumen. Es sollen auf dem Papier Linien von 1 bis 10 nummeriert werden (ein Rahmen, wie in einem schnellen „in-class-test“) und zunächst zwei Fragen beantwortet werden:

1. Versorgt uns Wissenschaft mit besserem, zuverlässigerem Wissen für wichtige Fragen als alltägliches Wissen oder Traditionen?
2. Wenn ja, warum und in welchem Zusammenhang (z.B. Heilung, Physik, Umweltaspekte, Risikomanagement, etc.)? Wenn nein, warum nicht und was versorgt uns nach deiner Meinung mit zuverlässigstem Wissen?

Die Schüler haben ca. 15 Minuten für die Beantwortung der Fragen.

Bei den restlichen Fragen sollen sie Namen von Mitschülern notieren,

- die die besten Parties kennen
- die bei Physikhausaufgaben helfen können
- denen man bei der Auswahl guter Filme vertrauen kann
- die wissen, welches Medikament helfen, wenn man sich in der Schule krank fühlt
- die in emotionalen Krisen helfen.

Die Schüler können drei für sie interessante Fragen auswählen (wenn es von allen Teilnehmern als angemessen akzeptiert wurde).

## Unterrichtsstunde 2

Die zweite Stunde bezieht sich auf das schwierige Thema Expertensysteme und deren Konstruktion, die vielen Möglichkeiten, auf denen gesellschaftliche Institutionen versagen können, und Normen, die für ein angemessenes Funktionieren von Institutionen entscheidend sind.

- Einführungs-Spiel. Jeder einzelne Schüler soll drei Fragen aufschreiben, zu der sie/er gerne eine Antwort wüsste. Anschließend finden sich jeweils zwei Partner zusammen und beurteilen für die Fragen des jeweils anderen *wer / welche Institution* für die Beantwortung am besten geeignet sein könnte. Sie müssen daran erinnert werden,

dass sie nicht selbst die Antwort finden sollen, sondern „Experten“ oder Institutionen benennen, an die man sich wenden könnte (15 min.).

Das Einführungs-Spiel dient der Erprobung von Schlüsselkonzepten aus der vorangegangenen Stunde (Expertise, Vertrauen in Individuen und Institutionen).

- Die Klasse wird in 4-5 Gruppen eingeteilt. Jede Gruppe soll ihr ideales Expertensystem erfinden (als Ersatz für fehlerbare Menschen), das möglichst zuverlässiges Wissen für wichtige Fragen bereitstellen kann. Während der Bearbeitung soll das Wort „Wahrheit“ nicht benutzt werden. Statt dessen sollen nur neutrale Ausdrücke wie „Wissen produzieren“ verwendet werden. An dieser Stelle wird Schülern nicht gesagt, dass Wissenschaft als Institution eine Lösung ist und von ihnen gefordert ist, diese Institution selbst zu erfinden (35 min.).

Anschließend präsentieren und verteidigen die Gruppen ihre Ergebnisse.

- Jede Gruppe erhält 3 Minuten für die Vorstellung ihrer Lösung und 3 Minuten für die Reaktion auf Einwände (40 min.).

### Die Klassendiskussion über das bestmögliche Expertensystem

Da die Diskussion sehr angeregt sein kann, ist es empfehlenswert klarzustellen, dass alle Schüler die zeitliche Beschränkung der Aufgabe anerkennen. Kurze präzise Fragen sind gefordert. Während der Diskussion erkennen Schüler in jeder Anregung die Schwierigkeit folgendes aufzufinden:

- a) die Motivation von Experten, Wissen zu verfolgen (im Gegensatz zu schummeln, etc.)
- b) Möglichkeiten der Kontrolle (und Kontrolle der Kontrolleure, etc.)
- c) Möglichkeiten, um den Stellenwert der erfolgreichsten Wissenschaftler zu erhöhen, ohne das System in eine willkürliche Oligarchie zu verwandeln (z.B. um die leistungsorientierten und demokratischen Elemente von Wissenschaft abzuwägen).
- d) Das Abwägen zwischen „sicherem“ Wissen, Zeit und Ressourcen, um das Wissen zu erlangen.

Als Hausaufgabe sollen die Schüler

- ◇ 5 Szenarien aufzählen (so unterschiedlich wie möglich), die „wissenschaftliches Verstehen“ behindert und in denen Wissenschaftler Fehler machen können. (HA 1).
- ◇ Einen Text mit 2000 Zeichen als Antwort auf die Fragen „Warum verfolgen wir extrem komplexe wissenschaftliche Vorgehensweisen, obwohl einfachere Methoden ähnlich (un-)präzise Antworten liefern könnten? Ist das ein gutes Vorgehen, oder nicht?“ (HA 2)

### Unterrichtsstunde 3

Die dritte Stunde beginnt mit der Besprechung der Hausaufgabe

- Abhängig von ihrer Positionierung in HA 2 („Ist es ein gutes Vorgehen oder nicht?“) wird die Klasse in zwei Gruppen eingeteilt. Sie erhalten 20 min Vorbereitungszeit.
- Beide Gruppen präsentieren ihre stärksten Argumente in 3 Minuten. Die kurzen Vorträge werden debattiert und der Lehrer hebt die Schlüsselemente beider Positionen hervor (20 min.).
- HA 1 wird diskutiert und die Schüler sollen eine Typologie der Fehlerquellen entwickeln, in der all ihre Beispiele sinnvoll integriert werden können (20 min.).

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Menschliche Missinterpretation / Trugschluss	Wissenschaftler	Mensch	Sprache / physikalische Begrenzung
	Probe	Probe / Umwelt	Gedankliche Grenze
Mangel an Technologie	Methode/Equipment	Equipment	Plazebo-Effekt

*Sammlung einiger Fehler-Typologien von Schülern aus einer der beurteilten Klassen.*

Die Stunde endet mit einer frontal koordinierten Diskussion. Dies dient der Verknüpfung von HA 1 und HA 2. Es scheint, als hätten sie nichts miteinander zu tun, aber die Diskussion leitet direkt zu den folgenden Schlussfolgerungen:

- Sogar wenn heute ein Expertensystem (das komplexe Methoden benutzt, wie in HA 2) nicht in der Lage ist ein gutes Verständnis (und Kontrolle) von Phänomenen zu ermöglichen, ist ohne gemeinsame Anstrengung (und investiertes Geld) die Möglichkeit des Fortschritts gering. Es gibt viele historische Beispiele (aus der Astronomie, Sturmvorhersagen, Infektion), in denen eine Gruppe von Experten lang und hart gearbeitet hat, um Methoden und Werkzeuge für das Verstehen von Phänomenen zu entwickeln. Diese Beispiele sind keine Garantie, aber ein starker Hinweis darauf, dass aktuelle Versuche in (näherer?) Zukunft erfolgreich sein werden.
- Fehler können niemals vollständig vermieden werden. Aber die Kenntnis darüber, wie Fehler entstehen, ermöglicht es, sich auf sie vorzubereiten, indem man versucht, Fehlerquellen zu reduzieren. Wenn eine Gruppe von Experten gewissenhaft an der Reduktion von potentiellen Fehlern arbeitet, steigt die Zuverlässigkeit ihrer Ergebnisse.

Die Diskussion soll das Problem und die Notwendigkeit von Normen einführen. Dies wird rückwirkend auf das Expertensystem bezogen und die Schüler sollen es überdenken, indem das System Normen für die Gesellschaft, Kontrollen und Ausgeglichenheiten liefert (nicht schriftliche HA).

## Die wichtigsten Argumente für und gegen ein Expertensystem

Wichtige Argumente der Pro-Gruppe (die eckigen Klammern heben den Schlüsselaspekt hervor):

- ◇ Wir müssen Wissenschaft auch akzeptieren, wenn sie weniger erfolgreich ist, um die Entwicklung in diesen Bereichen zu ermöglichen [Ermöglichung der Entwicklung von Expertise]
- ◇ Es ist die Entscheidung der Gesellschaft eine Gruppe von Menschen mit Autoritäten für einen bestimmten Bereich auszustatten und dabei gibt es keinen Grund dem Laien mehr als dem Experten zu vertrauen. Zusätzlich müssen wir denjenigen vertrauen, die in einem Bereich am besten sind, wenn sie nach ihren Überzeugungen handeln. [erkenntnistheoretische Abhängigkeit].
- ◇ Expertensysteme bieten mehr Jobs. [Wissenschaft als eine Institution mit Verbindung zu sozialökonomischen Problemen].
- ◇ Wir benötigen teure Experimente, wenn wir sicher oder so sicher wie möglich sein wollen [Fehlervermeidung]

Wichtige Argumente der Contra-Gruppe (die eckigen Klammern heben den Schlüsselaspekt hervor):

- ◇ Finanzierung von Wissenschaft als ein hochproblematischer Bereich. Das Geld fehlt woanders. [Relevanz, Öffentliche Meinung].
- ◇ Das Problem eindimensionalen Vertrauens: Die Gesellschaft vertraut den Wissenschaftlern, kann sie aber nicht kontrollieren, ob sie Bürger manipulieren. [Betonung der problematischen Natur bei Aufrechterhaltung von Expertensystemen].
- ◇ Die Anerkennung des steigenden Nutzens für die Gesellschaft, je besser Wissenschaft ist in Zusammenhang mit der Frage, wie man sicher stellen kann, dass Wissenschaft besser wird. [Die Frage und Bedeutung von Normen]

### **Einbezug von Erkenntnistheorie**

Diese Stunde bezieht gut bekannte Elemente von NOS in die bisher erarbeitete soziale Sichtweise auf Wissenschaft ein.

### **Unterrichtsstunde 4**

Die vierte Stunde baut auf der vorherigen gesellschaftsbezogenen Basis auf und entwickelt das Schülerverständnis von Normen. Dadurch werden erkenntnistheoretische Aspekte in das soziale Grundgerüst einbezogen.

- Die Stunde beginnt mit der Diskussion eines kurzen Textes von Thomas Wellcer "Science made stupid" (siehe <http://www.besse.at/sms/smsintro.html>). Die meisten Schüler finden diesen Text lustig und während einige vage Ideen von Induktion und Deduktion haben, gibt der Text eine sehr einfache Antwort darauf, was die beiden Begriffe „wirklich“ bedeuten. (Dies wird später in Stunde 5 und 6 diskutiert). (20 min.)
- Anschließend werden die Schüler gefragt, warum sie den Text lustig fanden. Zügig stellen sie die Diskrepanz zwischen dem, was Wissenschaftler tun sollten und dem, was sie (vorgeben zu) tun, heraus; wie Methoden einerseits genutzt werden um Wissen zu liefern und andererseits ein Bild zu erzeugen, das den Wissenschaftler aus den Augen der Öffentlichkeit legitimiert. (10 min.)



Es werden also Ideologie, Selbstbild und öffentliches Bild hervorgehoben und die Schüler sollen formulieren, was nach ihrer Meinung das besprochene Bild von Wissenschaft war und was die aktuellen Ziele eines Wissenschaftlers sind.

- Nachdem die Ideen der Schüler gesammelt worden sind, sollen sie herausfinden, wie die Gesellschaft gewährleisten kann, dass ein einzelner Wissenschaftler tut, was von ihm seitens der Gesellschaft (einschließlich der Wissenschaftler) oder der Wissenschaftlichen Einrichtung (siehe vereinfachtes Tafelbild) erwartet wird. Diese Diskussion wiederholt einige der Erkenntnisse der letzten Stunde. (20 min.)

Sobald Wissenschaft als historisch entwickelte gesellschaftliche Institution und als ein System von Experten und Expertise verortet ist, können die historisch veränderten Grenzen von Wissenschaft diskutiert werden.

- In einer frontal moderierten Diskussionsphase sollen die Schüler Bereiche und Arten von Wissensproduktion auflisten und klassifizieren. Akzeptierte und abgewiesene Wissenschaft, Pseudowissenschaft und Randwissenschaften werden als Kategorien ermittelt<sup>2</sup>. (15 min.)

Gewöhnlich wird an gut bekannte Beispiele wie Astrologie und andere Techniken gedacht und historisch und kulturell veränderte Aspekte dieser Arten der Wissensproduktion können leicht hervorgehoben werden. Radikale Verschiebungen von Normen (eingeführt als Paradigmen) müssen bedacht, deren Effekte beachtet werden und die Flexibilität wie der relativen Stabilität der Arbeiten von Wissenschaft als gesellschaftliche Institution gegenübergestellt.

- Die Diskussion über Normen führt zu der Einführung von methodischen und ethischen Normen (nach Merton). Die wissenschaftliche Vorgehensweise wird als historisch verändertes Spektrum methodischer Normen eingeführt, die in verschiedenen Abschnitten als erfolgreiche wissensvermehrende Prozesse beschrieben werden<sup>3</sup>. (25 min.)

Da somit die erkenntnistheoretischen Elemente von NOS in gesellschaftliche Betrachtungen eingebunden wurden, dient das Ende dieser Stunde und die folgenden beiden Stunden zur Erkundung der eher traditionellen Aspekte wie Induktion, Deduktion, Falsifikation, etc.

- ◇ Die erste Seite eines Arbeitsblattes (die Wason-Aufgabe) wird den Schülern als Hausaufgabe gegeben (siehe Appendix, HA 3).

---

<sup>2</sup> Die einfachen Unterschiede zwischen Pseudowissenschaftlern (ahmen die Normen echter Wissenschaftler nach) und Grenzwissenschaftlern (streben die Erfüllung wissenschaftlicher Normen an) werden vorgeschlagen. Dies ist im Einklang mit gegenwärtigen Interesse für Pseudowissenschaftlern im Gegensatz zu Pseudowissenschaft. Zusammenfassend sind die Probleme dieser Annäherung angedeutet.

<sup>3</sup> Diese sind bewusst nicht getrennt. Wenn die Zeit besteht, kann der Klasse ein berühmter Artikel von Rudner gegeben werden (Rudner, R. 1953 'The Scientist Qua Scientist Makes Value Judgements'. *Philosophy of Science* 20 (1):1-6.), oder die Klasse soll den folgenden Satz kommentieren: "Wie sicher wir sein müssen, um eine Hypothese zu akzeptieren, hängt davon ab, wie gravierend der Fehler sein würde, denn wir machen könnten" (dies ist der letzte Satz des Artikels) kommentieren. Damit kann betont werden, dass auch für rein erkenntnistheoretische Betrachtungen die gesellschaftlichen Aspekte nicht ignoriert werden können.

## Wissenschaft als gesellschaftliche Institution

Einführung des Begriffs Normen, der schon in der letzten Stunde erwähnt worden war, dient der Verbindung der beiden Aufgaben in der folgenden Weise (eingeschränkte Version eines Tafelbildes, mit dem der Lehrer einige Anregungen aufgegriffen hat und wodurch die Terminologie eingeführt wurde):

<b>Kommunizierte Aufgaben von Wissenschaftlern</b>  ("idealisiert") "Wahrheits"produktion Privilegierte Wissens-Quelle in der Gesellschaft	Für die Garantie, dass die aktuelle Praxis so nah wie möglich an den Erwartungen ist  <b>NORMEN</b> <b>methodisch</b> <b>ethisch (Mertonian, anti-Mertonian)</b>	<b>Tatsächliche Aufgaben von Wissenschaftlern</b>  Nutzen, Ruhm, Wahrheit neue Fragen, Fehler Geld, Verschwörung
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Unterrichtsstunde 5

Die fünfte Stunde ist wie die meisten 90 Minuten dieser Einheit gestaltet.

- Die erste Stunde beginnt mit einer Partnerarbeit, in der die erste Seite des Handouts (z.T. war dies HA) fertig gestellt wird (einschließlich der Kontrolle und Korrektur der Antworten sowie des Lösen der Probleme des Partners.) (20 min.).

Die Schüler werden daran erinnert, dass die richtige Lösung ( $p$  und  $\sim q$ , z.B. um die andere Seite der ersten und vierten Karte zu kontrollieren) mit der logischen, gültigen Form übereinstimmt. Damit kann die Möglichkeit, dass Fehler in einem Gedankengang auftreten, hervorgehoben werden (siehe Kasten).

- Die gleichen Paare füllen die zweite Seite des Arbeitsblattes aus (30 min.)
- Die Ergebnisse werden in der Klasse diskutiert (30 min.).

Auf diesem indirekten Weg wird der Klasse die „wissenschaftliche Methode“ offenbart, während der Lehrer regelmäßig rückwirkend den Bezug zur Formalisierung des Wason-Tests und der Wahrheitswerttabelle der Bedingungen herstellt. Deduktion ist durch die Beobachtung auf Grund einer Hypothese dargestellt und Induktion durch die Hypothese (H), die aus einer Beobachtung (O von „observation“) entwickelt wird.

Die vorherigen Vereinfachungen werden genutzt um das "Problem der Induktion" hervorzuheben und dass Falsifikation eine deduktiv gültige Methode ist (d.h. ein Modus Tollens).

- ◇ Die Schüler sollen ein 2000 Zeichen langen beschreibenden Essay auf der Basis des Unterrichts und ihrer individuellen Erkundigungen mit folgendem Titel schreiben: „Vergleich von Deduktion, Induktion und Falsifikation. Zusammenfassung der Methode, dem potentiellen Nutzen und Risiken. Versuche je ein Beispiel des realen Lebens zu geben.“ (HA 4)

## Unterrichtsstunde 6

### Argumentation – Logik – Nature of Science

Abhängig von der Klasse kann auch die Wahrheitstabelle gegeben werden. Die Wahrheitstabelle der Bedingungen ist:

p	q	$p \supset q$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Die Einheit kommt auch ohne diese Tabelle aus. Es ist allerdings wichtig, dass Schülern Bedingungssätze geläufig werden und wie Fehler aus der Missachtung von Atecedens-Bedingungen oder der Vorwegnahme von Konsequenzen resultieren. Um dies zu üben, können Schüler möglichst ausgeklügelte Beispiele entwickeln und möglichst vielen Partnern vorlegen, die ihrerseits schnell antworten sollen. Sollten sie zu verwirrt sein, sollen sie über einfachere Beispiele nachdenken und die dort gewonnen Einsichten wieder auf komplexere Beispiele übertragen. Anfangs scheitern viele Schüler, die ein Beispiel gegeben haben, an der richtigen Lösung (z.T. sogar bei ihren eigenen Beispielen), aber nach ungefähr 15 Minuten und einigen hitzigen Debatten freunden sich die meisten mit der Anwendung der logischen Struktur des Erfindens und Beantwortens der Probleme an und werden sicherer. Die Schüler, die damit Schwierigkeiten haben, sollten zusätzliche Hausaufgaben bekommen und sie zu Beginn der nächsten Stunde der Klasse vorstellen. Dies ist außerdem als Einführung und Wiederholung gedacht.

Die vergangene Stunde war konzeptuell schwierig. Daher wird Zeit benötigt um den Inhalt zu wiederholen. Sodass alle sicher sind:

- Das Problem der empirischen Unterbestimmtheit wird eingeführt. Dabei wird die gleiche grundlegende konditionale Argumentation verwendet. (25 min.)
- Die Bedingung  $H \supset O$  wird erweitert um hilfreiche Hypothesen einzuschließen:  $(H \& A_1 \& A_2 \& A_3 \& \dots \& A_n) \supset O$ . Die Schüler sollen konkrete wissenschaftliche Testsituationen angeben und deutlich machen, was getestet wird sowie wie Unterbestimmtheit in dieser Situation maßgeblich ist (dies steht im Zusammenhang mit HA 1). (20 min.)

Da Unterbestimmtheit auf Schüler oft verwirrend wirkt, werden ihnen einige vereinfachte Ideen von Duhem, Neurath und Quine vorgestellt. Wichtiger Weise betrachtet keiner der Autoren Unterbestimmtheit als ein unüberwindbares Problem von Naturwissenschaft (siehe andere Artikel von mir am Ende).

- Der Rest der Stunde wird mit der Überarbeitung der Themen der vergangenen Stunden verbracht, je nach dem ob sie zum "Inneren" von Wissenschaft gehören oder zum „Äußeren“.

Das Ziel der Stunde und der Diskussion über "innere" und "äußere" Sichtweisen von Wissenschaft ist, den Verlauf zum Abschluss zu bringen und den Inhalt der vorherigen Stunden zu überarbeiten und zu festigen. Als letzte Hausaufgabe sollen die Schüler ein Essay von 3500 Zeichen mit dem Thema: „Wissenschaft als gesellschaftliche Institution und die wissenschaftliche Arbeitsweise“ schreiben (HA 5). Sie sollen die HA 4 (die nicht bewertet sondern korrigiert zurückgegeben wurde) als Ausgangspunkt nutzen. HA 5 wird später bewertet um die Note der Einheit zu liefern.

## Betrachtung des Inneren und Äußeren von Wissenschaft

Methodische Probleme und Schwierigkeiten mit der Kontrolle von Fehlerquellen würden zum „Inneren“ gehören, während das Bild von Wissenschaft in den Medien, komplexe Interaktionen von Wissenschaft, Gesellschaft und Politikern, etc. zum „Äußeren“ zu rechnen sind.

Die Schüler sollen ihre schulischen Bildungsstufen (Primar/Sekundar) im Hinblick auf ihre Kenntnisse über universitäre und akademische Bildung vergleichen. Sie können eine allmähliche Verschiebung vom Äußeren von Wissenschaft zum Inneren sehen, auch wenn die Themen während ihres eigenen Bildungsgangs die gleichen geblieben sind. In der Grundschule (primary school) hatte Wissenschaft eine nicht in Frage gestellte Autorität, doch während der Zeit auf der weiterführenden Schule werden sie mehr und mehr mit den Feinheiten von wissenschaftlicher Aktivität konfrontiert. Mit der steigenden fachlichen Kenntnis nimmt auch das Bewusstsein von der extremen Komplexität der Zusammenhänge zu.

Die beiden Kategorien helfen den Schülern dabei, ihre Erfahrungen auf die Popularisierung von Wissenschaft und bereits vertraute Argumente zu beziehen, entweder zur Unterstützung des wissenschaftlichen Establishments (Szientismus) oder andererseits stark kritisch und nach Alternativen suchend („romantische“ Einstellungen).

Der gemeinsame Eindruck, der erreicht wird ist, dass, außer im Fall von Parawissenschaft, diese Erkenntnis beim Treffen von Entscheidungen oder beim Handeln in einem bestimmten, komplexen Problem ein wenig hilft. Darüber hinaus hilft es auch, die persönlichen Orientierungen zu finden – einige tendieren mehr und mehr zum „Inneren“ von Wissenschaft und planen ihr Lernen in universitären wissenschaftlichen Bildungswegen fortzuführen, andere bleiben beim „Äußeren“ von Wissenschaft, haben aber täglich mit wissenschaftsbezogenen Themen Kontakt. Durch den fortlaufenden Lernprozess ändert sich die Position der Schüler kontinuierlich und diese Veränderung muss insbesondere in Kursen, die auf die allmähliche Entwicklung von reflektierendem Denken und verantwortungsvollen Bürgerschaft ausgerichtet sind, angesprochen und expliziert werden.

### Probleme beim Lehren und Lernen

Das Grundprinzip des Unterrichts von NOS (oft in Beschreibungen von Lehrgängen ausgedrückt) soll wesentlich reflektiertes und kritisches Denken fördern. Schüler sollen verschiedene Standpunkte einsehen und abwägen können. Dieses Ideal berücksichtigt allerdings nicht die kognitive Entwicklung der Schüler. Manche Studien deuten an, dass ein hohes Niveau reflektierten Denkens zu entwickeln nur wenigen Schülern möglich ist und dabei vom Alter abhängt (King und Kitchener 1994). Das Wissen darüber, wie gut Schüler die komplexen NOS-Aspekte verstehen und verwenden, ist bislang gering. Wir können daher begründet davon ausgehen, dass relevante Fähigkeiten für kritisches Auseinandersetzen mit kontroversen Standpunkten (die häufig NOS oder SSI charakterisieren) nicht vollständig entwickelt sind<sup>4</sup>.

Dies ist ein generelles Problem für Unterrichtseinheiten zur Förderung dieser Fähigkeiten. Diese Einheit scheint auch keine größeren Probleme für Schüler zu erzeugen als andere Einheiten. Dabei wird die vorliegende Einheit sogar als vergleichsweise einfach und „mehr Spaß“ eingeschätzt (gemäß einer Erhebung zweier aufeinander folgender Jahrgänge mit anonymen Fragebögen).

---

<sup>4</sup> Experten der Delphie-Studie entwickelten, dass kritisches Denken (Abk. CT von „critical thinking“) sowohl eine Dimension, die auf Fähigkeiten beruht, und eine, die auf Einstellungen beruht, beinhaltet. Die Experten ordnen CT die kognitiven Fähigkeiten (1) Interpretation, (2) Analyse, (3) Evaluation, (4) Schlussfolgerung, (5) Erklärung und (6) Selbstregulation zu (Facione 1990). Viele dieser Fähigkeiten werden erst im Erwachsenenalter entwickelt und sogar Erwachsene zeigen Schwächen in bestimmten Bereichen, indem spezifische nicht richtige, und „trugschlüssige“ Denkmuster, unabhängig ob sie von „kalten“ oder „heißen“ Vorurteilen beeinflusst sind, verbreitet sind (Griffin et al. 2002; Holyoak und Morrison 2005; Kahneman et al. 1982; Kahneman und Tversky 2000).

## **Pädagogische Fähigkeiten**

Die Unterrichtseinheit ist gemäß dem Prinzip gestaltet, dass Lehrkräfte nur eine minimale Expertise im Bereich Geschichte und Philosophie der Naturwissenschaften benötigen (wenngleich eine solche Expertise die Moderation und Führung von Diskussionen erleichtert). Es werden Fähigkeiten des Classroom-Managements benötigt, die zumindest in manchen Ländern nicht Bestandteil der Lehrerausbildung im Bereich Naturwissenschaften sind (anders als z.B. in der Ausbildung von Lehrern für sprachliche Fächer). Möglicherweise wird die Einheit daher manchen Naturwissenschaftslehrern ungewöhnlich vorkommen. Gruppendiskussionen, Gruppenarbeiten etc. sind zwar dem naturwissenschaftlichen Unterricht nicht gänzlich fremd, allerdings können das Ausmaß und die Offenheit des Unterrichtsverlaufes Lehrer verunsichern, die forschend-entdeckendes Lernen nicht gewohnt sind.

## **Evaluation**

Die vorhandene Evidenz ist unten zusammengefasst, jedoch ist es wegen der fehlenden Standards für NOS schwierig die in diesem Artikel vorgestellte Einheit mit anderen zu vergleichen.

Da die Klassengröße recht klein war (eine Klasse mit 15 Schülern in 2006 und eine mit 22 in 2007), beschränke ich die Evaluation auf qualitative und quantitativen Aspekten ohne statistische Untersuchungen vorzunehmen. Ein wesentliches Anliegen bei der Betonung soziologischer Aspekte im schulischen Unterricht ist, dass nicht begründeter Szientismus vermieden wird ohne einem unfruchtbarem Relativismus Vorschub zu leisten. Daher ist es wichtig zu untersuchen, ob die Einheit eher zu skeptischen und relativistischen Sichtweisen führt. Die Einheit ist wesentlich sozial-konstruktivistisch. Zwar wird diese Sichtweise nicht explizit eingeführt, allerdings werden epistemische Normen als Konstrukte sozialer Prozesse dargestellt.

Der Gesamteindruck war, dass Schüler nachvollziehen konnten, dass historische Bedingtheit nicht zu extremem Relativismus führt, weil der kulturelle Hintergrund zu jeder Zeit mehr oder weniger klare Normen hervorbringt, die Entscheidungen im Rahmen tradierter Muster bewirken, wenngleich diese Normen selbst Veränderungen unterworfen sind. Die Betrachtung von Wissenschaft als sozial bestimmte führte nicht dazu, dass wissenschaftliches Wissen als eine rein politische Angelegenheit verstanden worden wäre. Dies offenbarte sich v.a. im Rahmen der Diskussionen um das Thema der idealen Institution zur Wissensproduktion. Die Rolle sozialer Faktoren wird weniger negativ eingeschätzt, wenn eine Einheit nicht (wie viele Lehrbücher dies tun) mit der Einführung kontingenter sozialer Faktoren schließt. Um diesen informellen Einblick zu erhalten wurde als Hausaufgabe ein 2000 Zeichen langer Essay mit dem Titel geschrieben: "Was bedeutet es, dass Wissenschaft eine gesellschaftliche Einrichtung ist? Beschreibe einige der Auswirkungen dieser Sichtweise (die du für wichtig hältst)".

Die Analyse der Essays zeigte ein bemerkenswert positives Verständnis von Wissenschaft als gesellschaftlicher Einrichtung. Niemand äußerte „gefährlichen“ Relativismus, sondern alle beschrieben Wissenschaft als „eingebunden“ in die Gesellschaft. Typische Schlussfolgerungen waren "Die verschiedenen gesellschaftlichen Einrichtungen können ohne das Wissen und die Hilfe anderer nicht existieren und funktionieren. Wissenschaft ist auch ein Wissensgebiet, das in vielen Fällen nötig ist, um andere Institutionen besser funktionieren und agieren zu lassen", oder "Zusammenfassend ist

Wissenschaft ein System kreiert von Menschen für Menschen um mehr Informationen über die Welt um uns herum zu erhalten“, „... eine gesellschaftliche Einrichtung ... die den Bedürfnissen der Gesellschaft und der Menschen dient“. Ein Drittel der Essays betonte, dass die Wissenschaft „uns“ bzw. „Menschen“ dient, gut zwei Drittel hoben die Wichtigkeit von Wissenschaft für andere Institutionen hervor und die Hälfte der Arbeiten wies auf die Zusammenarbeit von Wissenschaft mit anderen Institutionen hin (einschließlich eines Essays, in dem die *wechselseitige* Interaktion von mehreren gesellschaftlichen Institutionen und Wissenschaft beschrieben ist). Wissenschaft wird wichtig für das Gesundheitswesen (5 Essays), Bildungswissenschaft (3), ökonomisch-politisch-umweltbezogene Themen (2), Rechtsprechung (1), Architektur (1) und Religion (1, Wissenschaft und Religion wurden als konfligierende gesellschaftliche Unternehmungen beschrieben) eingeschätzt. Dies zeigt, dass Schüler bei der Bearbeitung schriftlicher Aufgaben im Wesentlichen ihr Wissen über Medizin (allgemein von Laien als „paradigmatisches“ Beispiel von Wissenschaft gesehen (Gregory und Miller 1998)) und Wissenschaft aus der Schule nutzen. Die Tatsache, dass die meisten Beispiele nicht in Verbindung zu Schulfächern wie Physik und Chemie stehen, impliziert, dass ein wesentliches Ziel des Kurses erreicht worden ist: Der Kurs bezog sich auf den Schüler und sein Wissen und nicht auf ein spezifisches Fach.

Diese Ergebnisse widersprechen den Zielen von sozialem Konstruktivismus, der zu extremem Relativismus führt, enorm. Sogar das am meisten „relativistische“ Essay (das, in dem die wechselseitige Beziehung von Institutionen betont wurde) schlussfolgerte: „Kurzum, Wissenschaft kann Mittel, Ausrüstung und ausgebildete Fachkräfte bereitstellen um eine bestimmte Entdeckung zu ermöglichen, aber zur gleichen Zeit kann dadurch ein Fortschritt durch die Verlegung der Ressourcen an andere Stellen oder durch die Einrichtung einer intellektuellen Atmosphäre, in der bestimmte Fragen nicht gestellt werden, verhindert werden. Dieser heute in der Wissenschaft praktizierte Weg ist das Produkt unserer Gesellschaft, eine gesellschaftliche Einrichtung.“

Obwohl die Methoden und die Ergebnisse der Wissenschaft von dem Schüler als anfällig gesehen werden, kann dieser Essay nicht als „gefährlich relativistisch“ eingestuft werden, auch wenn er Vorstellungen offenbart, die Lehrern bei Schülern ungern antreffen.

Diese Essays bestärken ebenfalls die Ansicht, dass soziologische Betrachtung nicht zu schwierig ist. Das begriffliche Gerüst wurde von den Schülern leicht verwendet, sie konnten die theoretischen Einsichten mit ihren Erfahrungen verknüpfen und auch wenn einige Essays konzeptuelle Schwierigkeiten offenbarten, war dies auf die Probleme mit der englischen Sprache, einer Zweitsprache, zurückzuführen. (Es muss allerdings beachtet werden, dass die Schüler durchschnittlich bis hochbegabt waren!)

Sind nicht die erkenntnistheoretischen Aspekte vernachlässigt, wenn überdurchschnittlich viel Zeit für die sozialen Aspekte verwendet wurde? Die Einheit befasst sich mit den sozialen Aspekten der NOS sicher intensiver, als die meisten aktuellen Lehrwerke überhaupt dem Thema NOS widmen. Es wird darüber hinaus versucht in etwa die gleichen traditionellen philosophischen Themen abzudecken, die in anderen Lehrbüchern mit NOS in Verbindung gebracht werden (Induktion, Deduktion, Falsifizierbarkeit, Experimente, Hypothesenüberprüfung). Deshalb ist es natürlich eine Frage, ob erkenntnistheoretische Aspekte im Vergleich zu anderen Ansätzen vernachlässigt worden sind. Wenn jedoch die eher traditionellen Elemente von NOS „verdichtet“ werden können, kann diese Einheit sich als brauchbar erweisen, selbst wenn das ursprüngliche Ziel, der soziologischen Perspektive größere Aufmerksamkeit zuteil werden zu lassen, nicht befürwortet wird.

Um erkenntnistheoretische Aspekte der NOS zu unterrichten, bezieht sich diese Einheit auf Wissen aus der Argumentationstheorie und formelle Fehlschlüsse und führt Konzepte durch einen spezifischen Formalismus ein. Die Schüler brauchen lediglich über geringes Hintergrundwissen über Logik, Wahrheitswerttabellen, und einfache Formalisierung zu verfügen. Das wesentliche Material der Einheit kann sogar so strukturiert und dargeboten werden, dass diese Kenntnisse nicht einmal notwendig sind. Wie auf der Basis von Literatur und früheren Erfahrungen gezeigt wurde, bestand das wesentliche Ziel darin, konditionale Strukturen zu verstehen. Dafür wurde die bekannte Aufgabenstellung von Wason genutzt. Allerdings haben die Schüler darin zunächst schlecht abgeschnitten, obwohl sie den Stoff schon früher im Jahr durchgenommen hatten. Viele Schüler gaben bei der ersten Aufgabe falsche Antworten (siehe Appendix, die Antworten für Q.1. und Q.2. sind 16, 11, 9, 11 und 17, 1, 0, 18, bzw. für  $p$ ,  $\sim p$ ,  $q$ ,  $\sim q$  für eine Gruppe, für eine andere 10, 3, 6, 4, und 9, 0, 3, 9) und Frage 3. ergab nur wenig bessere Ergebnisse. Allerdings, da das Erfassen der Wahrheitsfunktion einer Bedingung ein wesentlicher Schritt zur Einführung der "wissenschaftlichen Methode" war, lag der Schwerpunkt darauf, dass alle Schüler mit dem Begriffsapparat vertraut waren. Die Ergebnisse verbesserten sich signifikant bei Frage 4, bei der jeder Schüler viele Beispiele ausdenken und damit seinen Partner testen sollte, der dann so schnell wie möglich die richtige Antwort geben sollte. Zunächst konnten viele der Schüler sogar bei ihren eigenen Beispielen nicht die richtige Lösung ermitteln, obwohl es theoretisch klar war. Nach ungefähr 15 Minuten und vielen hitzigen Debatten (und einigen zusätzlichen Beispielen von einigen Paaren) wurden alle sicherer darin, logische Struktur anzuwenden um ein Problem zu entwickeln und zu lösen<sup>5</sup>.

Die nächste Stunde startete mit einer Wiederholung (Frage 1 auf Seite 2 des Appendix). Nachdem ausreichend Zeit damit verbracht worden war, waren die erkenntnistheoretischen Einsichten leicht zu erzielen. Die Schüler hatten in der Regel kein Problem mit dem Ausfüllen des zweiten Blattes über die „wissenschaftliche Arbeitsweise“. Frage 3 (Seite 2, Appendix) diente dazu herauszufinden, welches schon vorhandene Hintergrundwissen die Schüler hatten, sowie zu sehen, ob logische Gültigkeit der Normen und die Aufgabenstellung von Wason tatsächlich verbunden wurden (identische Antworten in den Säulen 2 und 3 wurden als positiver Indikator angesehen, wenn Säule 4 richtige und passende Antworten enthielt). Ungefähr die Hälfte der Gruppe identifizierte Induktion, Deduktion und Falsifikation richtig; deshalb waren bei der Einführung der wissenschaftlichen Arbeitsweise durch diesen spezifischen Formalismus keine größeren Probleme zu erwarten. Die Schüler waren schon ausreichend vertraut mit den Begriffen um Formalismen und Konzepte zuzuordnen. Dies bekräftigt die Sicht, dass diese Thematik beim Unterrichten von NOS nicht frontal vorgestellt werden muss, da 17/18 Jahre alte Schüler genügend Ressourcen haben um die Probleme bei Frage 3 zu bewältigen. Einige einzelne Personen (4 von 22) scheiterten bei der Zuordnung der logischen Formen mit der Aufgabenstellung von Wason und die konzeptuellen Schwierigkeiten wurden erneut in der Klasse diskutiert. Dieses Mal waren ein paar Schüler so kompetent bei der Beantwortung der Fragen, dass sie eins-zu-eins Tutorien für Klassenkameraden anbieten konnten. Im Allgemeinen machte es den Eindruck, dass wenn einmal die konzeptionelle Hürde des passenden Abschätzens von formalen Eigenschaften genommen worden ist, der Rest der Einsichten einfach zu erreichen war. Sogar komplexe Themen von NOS wie Unterbestimmtheit zu verstehen und zu nutzen

---

<sup>5</sup> Es gab einen Schüler in der Klasse von 2006 und keinen in der Klasse von 2007, der an dieser Stelle Schwierigkeiten hatte und der zusätzlich Hausaufgaben erhielt. Mit der darauf folgenden Woche war der Schüler sicher genug, seine Beispiel mit der ganzen Klasse zu teilen, was als wiederholender Einstieg genutzt wurde.

stellte keine Probleme dar, sofern der allgemeine Formalismus einmal verstanden worden war. An diesem letztgenannten Punkt waren allerdings – wie erneut erwartet – individuelle Unterschiede hervorstechend. Deshalb sind die kognitiven Entwicklungen ausschlaggebend dafür, in welchem Maß die erkenntnistheoretischen Aspekte von NOS auf diese Weise erfolgreich verdichtet werden können.

Zur Kontrolle, ob die verdichtete Betrachtungsweise der erkenntnistheoretischen Aspekte von NOS ausreichend für das Erlangen eines Verständnisses vergleichbar mit den üblichen Lehrbüchern war, wurde eine Hausaufgabe (HA 5) entwickelt. (Es muss beachtet werden, dass aufgrund fehlender Standards die Verständnisse nicht mit anderen Schülern verglichen wurden, sondern mit den im offiziellen Curricula und Lehrbüchern beschriebenen Inhalten.) Der allgemeine Eindruck zu den Essays war sehr positiv. Anfänglich war eine offensichtliche Sorge, dass der eingeführte Formalismus Schüler dazu bewegt, grob vereinfachte logische Beispiele an Stelle von denen aus dem „realen Leben“ zu geben. Diese Sorge wurde nicht bestätigt, die Zahl der Beispiele aus dem realen Leben überstieg die der grob vereinfachten (9 im Gegensatz zu 6 in 10 Essays). Während wenige nicht wissenschaftliche Beispiele gegeben wurden (4), benannten die meisten Schüler auch wissenschaftliche Beispiele (8). Interessanter Weise und im Gegensatz zu HA 6 betrafen die Beispiele in dieser Aufgabe wesentlich deutlicher die schulischen Fächer durch Themen in Physik (4, 3 davon astronomisch), Biologie (3) und Mathematik (1). Medizinische Themen wurden weniger beachtet (2) und es gab anders als in HA 6 keine Reflexion der schulischen Naturwissenschaften. Dieser Unterschied ist erwähnenswert, auch wenn die Größe des Samples sehr klein war.

Die gleiche Hausaufgabe wurde genutzt um die Ergebnisse der Integration erkenntnistheoretischer Aspekte in den gesellschaftlichen Kontext zu überprüfen. Wiederum traten keine von gesellschaftlicher Betrachtung befürchteten „hyper-kritischen“ relativistischen Ansichten auf, obwohl in jedem Essay die relative Anwendbarkeit von Induktion, Deduktion und Falsifikation hervorgehoben wurde. Die Möglichkeit von Fehlschlüssen wurde in jedem Essay thematisiert. Die Hälfte der Essays war optimistisch im Ton, während die andere Hälfte pessimistisch war. Die optimistischen argumentierten für einen gemischten Gebrauch der Methoden, manchmal wurde gefordert alle drei passend zu kombinieren um unfehlbares Wissen zu generieren. Keiner der Essays mit pessimistischer Sicht nahm einen Angriff auf Wissenschaft vor: das Ideal von sicherem Wissen wurde zwar mit unter als mangelhaft beschrieben, aber es wurde immer als Kritik einer bestimmten erkenntnistheoretischen Annahme formuliert und nie direkt gegen Wissenschaft.

Was ist der generelle Nebeneffekt dieser Einheit? Die finale Frage, die hier gestellt ist, beinhaltet, ob die Einheit für die Schüler und den spezifischen Kurs passend war. Ein Fragebogen zum Ende des Jahres wurde eingesetzt um ein Feedback der Schüler einzuholen (die Fragen waren u.a. Was war gut/schlecht beim Lernen über Wissenstheorie? Wie gut warst du für Präsentationen und Essays vorbereitet? Anregungen für das nächste Jahr? Hat dir der Kurs in anderen Fächern geholfen? Hast du Ideen um den Kurs interessanter/nützlicher/profitabler zu gestalten?).

Ein Schüler kritisierte die Einheit explizit „weil das Thema unverständlich war“ und fuhr über den Kurs im Allgemeinen fort, dass „die Themen auch manchmal langweilig waren und es schwer viel, die Aufmerksamkeit in der 6. und 7. Stunde aufzubringen“. Abgesehen davon und dem allgemeinen Anliegen mehr Rückmeldung zu den schriftlichen Arbeiten zu erhalten (bes. HA 5 und 6, die für die Evaluation der Einheit genutzt und nicht bewertet oder in der Klasse diskutiert wurden), zeigten die auf die Einheit bezogenen Antworten



gewöhnlich Anerkennung der Bedeutung von Fähigkeiten kritischen Denkens und der Tatsache, dass dieser Kurs dabei half, diese Fähigkeiten zu entwickeln. Viele Schüler sind der Meinung, dass ihre Präsentations- und/oder Schreibfähigkeiten verbessert worden seien, haben aber dennoch mehr Feedback gewünscht. Der Schwerpunkt, der auf kritischem und reflektiertem Denken gesetzt wurde, hat nicht die Zustimmung aller Schüler gefunden, wie ein Schüler schrieb: „Die Einzige Aussage, die ich aus den Stunden mitnehme, ist kritisch auf alles zu schauen. Das hat mich aber eher verwirrt, als dass die Bedeutung von Konzepten deutlicher wurde.“ Doch auch wenn dies als ein Zeichen von Frustration auf der Schülerseite gesehen werden kann, es ist keine Befürwortung des extremen Relativismus. Während viele Schüler keinen Bezug zu anderen Kursen gesehen haben, hob eine Minderheit hervor, dass unterrichtsbezogenes Wissen auch in anderen Fächern genutzt werden konnte (nicht nur in den auf das Fach bezogenen Einheiten).

Die Einheit vermittelt einen weniger verzerrten Eindruck von Wissenschaft als einige Alternativen, da Schülern ein Wissenschaftsbild angeboten wird, das den aktuellen Ansichten aus den Bereichen Geschichte und Philosophie der Wissenschaft und Wissenschaftsforschung eher entspricht. Des Weiteren können gesellschaftliche Dimensionen in NOS einbezogen werden, ohne dass erkenntnistheoretische Elemente vernachlässigt würden. Die Einheit nutzt erfolgreich die bereits vorhandenen Ressourcen und Anlagen der Schüler und bewirkt, dass Schüler dichter an ein kritisches Verständnis ihrer Umgebung herankommen und dass die Curricula mit ihrer Lebenswelt<sup>6</sup> verknüpft werden. Die Schüler nutzten die zahlreichen Diskussionen oft um ihre Erfahrungen und Fragen mitzuteilen. Am bemerkenswertesten waren die Diskussionen über Begrenzung und Pseudowissenschaft (einige der Schüler kamen aus einem „wissenschaftlichen“ Hintergrund, aber manche hatten auch Eltern, die Reiki, Silva's UltraMind, astrologische Kolumnen, etc. verfolgen) sowie die letzte Diskussion über das „Innere“ und „Äußere“ von Wissenschaft<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Um nur ein Beispiel zu zitieren: Die Schüler sollten einen Text mit dem Titel: „Ökonomie trifft Wissenschaft“ lesen. Obwohl in diesem Text Induktion und Deduktion als einfach unterschiedliche Strategien für das Erhalten von Zustimmung dargestellt wurden, realisierten abgesehen von einem Schüler in zwei Jahren alle, dass diese im Text eingenommene Position nicht wahr sein konnte (Dies wurde mit einem Fragebogen am Ende der Einheit im ersten Jahr und mit der 2000 Zeichen langen HA 5 „Vergleich Induktion, Deduktion und Falsifikation .... im zweiten Jahr getestet). Dies zeigt, dass Schüler zwischen zuverlässigen und unzuverlässigen Quellen unterscheiden können, auch wenn die unzuverlässige Quelle vom Lehrer kommt. Durch die Diskussion über die Reaktionen auf den Text konnten die Schüler ihre eigenen Einstellungen, die offene Kritik an der von einer Autoritätsperson gestellten Quelle, warum es schwierig war und wie mit ähnlichen Situationen effektiv umgegangen werden kann, reflektieren

<sup>7</sup> Diese Diskussionen erlauben es Schülern Themen in eine Klassen- oder Gruppensituation einzubringen, in der das Verbessern von Fähigkeiten kritischen Denkens anerkannterweise eines der wesentlichen Ziele des Kurses ist. Eine sehr positive Beobachtung war, dass die Identifikation von Schwächen und Stärken einer Position (im Gegensatz zu einer „schwarz-weiß“ Sicht des Themas) auch die Bereitschaft der Schüler bestärkt hat, diese Fähigkeiten auch in einigen anderen Bereichen einzusetzen. Dieses Ziel zu erreichen ist nicht trivial wie die berühmten Berichte der Delphi-Studie angeben: „Empfehlung 4: Diese kritische Haltung zu entwickeln, die Einstellungen bei Schülern zu erwecken und zu pflegen, die Neigungen anzuregen und Objektivität anlegen zu versuchen, wenn sie ernsthaft in die qualitativ hohe Ausführung von CT eingebunden werden, sind für die Mehrheit der Diskussionsteilnehmer wichtige Lehrziele und legitimieren Vorgaben für erzieherische Beurteilungen. Experten machen sich keine Illusionen über die Leichtigkeit bei der Gestaltung von angemessenen Lehrprogrammen oder Überprüfungsinstrumenten.“ (Facione 1990).

## Die wissenschaftliche Arbeitsweise – und das Nutzen von Argumenten

### I. Argumente

1. Löse das Problem und miss die Zeit, die du benötigst um eine Lösung zu finden, die du für richtig hältst!

*Du hast vier Karten, auf denen jeweils auf einer Seite ein Buchstabe und auf der anderen eine Zahl steht. Die sichtbaren Seiten der Karten zeigen E, K, 4 und 7. Welche Karten musst du umdrehen um die Wahrheit der Aussage zu überprüfen, dass jede Karte mit einem Vokal eine gerade Zahl auf der Rückseite trägt?*

Lösung:

benötigte Zeit:

2. Löse das Problem und miss die Zeit, die du benötigst um eine Lösung zu finden, die du für richtig hältst!

*Du bist in einer Bar, in der vier Gäste etwas trinken. Du kennst entweder die Art des Getränkes, das sie trinken oder das Alter. In diesem Fall weißt du, dass die Gäste Bier und Karottensaft trinken und 20 und 4 Jahre alt sind. Welchen Besucher musst du nach dem anderen Teil der Information fragen, um zu überprüfen, ob die Aussage: „Wenn jemand ein alkoholisches Getränk trinkt, ist er über 16 Jahre alt“ zutrifft?*

Lösung:

benötigte Zeit:

3. Ein wesentlicher Teil der beiden ersten Aufgaben ist ein Konditionalsatz mit der Wenn..., dann... - Struktur.
  - a. Hast du das beim Lösen der Probleme bemerkt? YES NO
  - b. Sind deine beiden Lösungen identisch? YES NO
4. Erfinde zwei Probleme, die eine gleiche Struktur haben. Schreibe sie auf, **aber schreibe noch nicht deine eigene Lösung dazu!**

1. Problem:

Wenn.....,

dann.....

Die vier Möglichkeiten:

Die Lösung meines Partners:

Meine Lösung:

2. Problem:

Wenn.....,

dann.....

Die vier Möglichkeiten:

Die Lösung meines Partners:

Meine Lösung:

5. Zeige deine eigenen Probleme einem Klassenkameraden. Schreibe seine und deine Lösung auf!

**II. Wissenschaftliche Arbeitsweise**

- 1. Die oben benannten Aufgaben haben ähnliche Strukturen. Die vier Möglichkeiten können folgendermaßen formalisiert werden:  
 $\sim$  bedeutet "nicht" or "nicht wahr, dass" [also  $\sim p =$  nicht p oder p is falsch]; p und q stehen für die erste und die zweite Hälfte der Bedingung.  
 $\supset$  bedeutet, dass die Beziehung zwischen p und q bedingt ist. [also  $p \supset q =$  wenn p, dann q]

	1.	2.	3.	4.
Form:	$p \supset q$	$p \supset q$	$p \supset q$	$p \supset q$
	$\frac{p}{q}$	$\frac{\sim p}{\sim q}$	$\frac{q}{p}$	$\frac{\sim q}{\sim p}$
	Modus Ponens	verneinend vorangehend	bejahend nachfolgend	Modus Tollens
1. Bsp.	E	K	4	7
2. Bsp.	Bier	Karottensaft	20	4

Bitte umkreise hier, welche der Möglichkeiten überprüft werden muss.

- 2. Stelle dir nun einen Wissenschaftler vor, der versucht das vergangene Spiel zu benutzen um zu sehen, wie man in der Wissenschaft Schlussfolgerungen ziehen kann. p wird ersetzt durch H Hypothese und q durch O Beobachtung (observation).

Daraus ergibt sich ein Satz wie: Wenn die H Hypothese wahr ist, dann beobachten wir O ( $H \supset O$ ).  
 Wie kannst du die vier Möglichkeiten von oben rekonstruieren?

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

- 3. In der Wissenschaft gibt es verschiedene Methoden um allgemeine Aussagen (Gesetze) bezüglich der Natur zu treffen. Fülle die Tabelle mit einem Partner aus!

	Möglichkeit gleicht ... (wähle aus 1-4 oben aus)	Hast du diese Möglichkeit gewählt, um die Wahrheit der Aussage zu prüfen?	Logisch gültig? (umkreise, was richtig ist.)	Was kannst schlüssig wissen, wenn du diese Methode mit H und O verfolgst?
Deduktion		JA / NEIN	JA / NEIN	
Induktion		JA / NEIN	JA / NEIN	
Falsifikation		JA / NEIN	JA / NEIN	

- 4. Formuliere deine Entdeckungen und die Verbindung, die du zwischen wissenschaftlichem Arbeiten, Argumentation und logischer Gültigkeit bemerkt hast. Schreibe auch alle weiteren Beobachtungen auf!