

The Nature of Science

Das Wesen / die Natur der Naturwissenschaften

Dominik Ertl

Naturwissenschaft im Allgemeinen und Physik im Besonderen gilt gemeinhin als eine komplizierte, schwer zu verstehende und abstrakte Wissenschaft, die sich vom „Anschaulichen“ entfernte, der Mathematisierung anheimfiel und deren Erkenntnisse, ungeachtet ihrer Bedeutungen für das alltägliche Leben eines jeden einzelnen Menschen, einer gewissen „wissenschaftlichen Elite“ vorbehalten bleiben.

Dabei sind die Vorstellungen und das Wissen über die Prozesse, wie physikalisches Wissen und Erkenntnis produziert wird, wie es gerechtfertigt wird und wer die Person des Physikers überhaupt ist, in welchem Umfeld er arbeitet und welche Motivationen er zu dieser Arbeit hat, oft höchst unklar. Sie werden meist unreflektiert und in stereotyper Weise aus unterschiedlichen Quellen übernommen oder ad hoc konstruiert.

Fehlvorstellungen über *Nature of Science* (NOS) oder die Natur der Naturwissenschaften finden sich nicht nur bei Schülerinnen und Schülern – dort von der fachdidaktischen Forschung am ausführlichsten untersucht, sondern auch bei Lehrkräften und allgemein bei erwachsenen Personen. Spricht man im ersten Fall von Schülervorstellungen zu NOS, so bietet es sich an, allgemein von *epistemologischen Überzeugungen* von der Natur der Naturwissenschaften zu sprechen.

Als *epistemologische Überzeugungen* werden hier individuelle subjektive Ansichten und Auffassungen über die Genese¹⁾, Ontologie²⁾, Bedeutung, Rechtfertigung und Gültigkeit von Wissen in den Wissenschaften bezeichnet und spiegeln damit die Grundauffassungen und Einstellungen von Personen gegenüber Wissenschaften wider. [3]

Schülervorstellungen zum Thema *Nature of Science* wurden in den letzten 20 Jahren detailliert erforscht. Erste Publikationen gehen bis in die 1980-er Jahre zurück (Rubba 1981, Aikenhead 1987, Ryan, 1986). [1, 2] Der Tenor sämtlicher Publikationen ist der Gleiche: Realistische Vorstellungen über *Nature of Science* konnten in einer Vielzahl von Studien nicht befriedigend nachgewiesen werden. [1]

Eine Ursache für diesen Umstand liegt möglicherweise im Begriff *Nature of Science* selbst: Was die *Natur*, oder *das*

1) Genese: Entstehung

2) Ontologie: „Seinslehre“ (griech. $\omega\nu$): „seiend“; $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$: Wort, Lehre)

Mag. Dominik Ertl ist Projektmitarbeiter am AECC Physik.
E-Mail: dominik.ertl@univie.ac.at

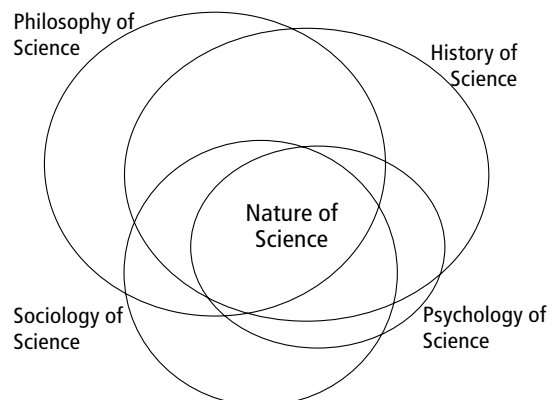
Wesen der Naturwissenschaften eigentlich ausmacht, wird seit der Entstehung der Naturwissenschaften von unterschiedlichen Standpunkten aus betrachtet und kontrovers diskutiert. An dieser Stelle sei exemplarisch an die Bohr-Einstein-Debatte in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts über die Natur der Quantenmechanik oder an die unter der Bezeichnung Popper-Kuhn-Debatte in die Wissenschaftsgeschichte eingegangene Diskussion über die Entwicklung und den Fortlauf der Wissenschaften erinnert.

Was ist also die Natur der Naturwissenschaften?

Dieser Frage nahmen und nehmen sich verschiedene wissenschaftliche Disziplinen an (allen voran die Philosophie) und beantworten sie aus ihrer Perspektive heraus auch unterschiedlich. Es wird den Leser daher nicht verwundern, dass in diesem schmalen Rahmen keine vollständige Darstellung des gesamten Themenkomplexes von NOS erfolgen kann.

Im Folgenden soll allerdings eine kurze theoretische Übersicht gegeben werden, die eventuell zur persönlichen Reflexion anregt.

McComas und Olsen zeichneten bereits 1998 ein Modell [2], das *Nature of Science* als Schnittmenge der vier folgenden Disziplinen sah:



Diese Darstellung soll kurz besprochen werden:

Im angloamerikanischen Sprachraum werden die Wissenschaftstheorie und die Wissenschaftsgeschichte als Teilgebiete der Philosophie mit „*History and Philosophy of Science*“ (HPS) bezeichnet und institutionell geführt. Die Wissen-

schaftstheorie widmet sich auf überwiegend theoretischen Art und Weise, und mehr oder weniger systematisch, dem epistemologischen Wert des (natur)wissenschaftlichen Wissens und dem Status und der Rechtfertigung von (natur)wissenschaftlicher Erkenntnis. Dieser Eckpfeiler mit langer Geschichte und großer Tradition – vor allem in Wien durch den Wiener Kreis zu Beginn des 20. Jahrhunderts – ist ein schier unerschöpfliches Gebiet der vergangenen und zeitgenössischen Philosophie. Die Wissenschaftstheorie fußt historisch gesehen auf der Erkenntnistheorie und knüpft damit nahtlos an der Wissenschaftsgeschichte an, die den jeweiligen historischen, kulturellen und sozialen Kontext bei der Entstehung von Wissen in den Wissenschaften zum Erkenntnisinteresse hat. Ein anderer Zugang der Wissenschaftstheorie zu ihrem Gegenstand ist der systematische: hier wird die Klärung oder Bestimmung der in den (Natur)Wissenschaften verwendeten Begriffe und Denkprinzipien, wie z. B. Naturgesetz, Kausalität, Universalität, Raum, Zeit, Ereignis und dergleichen mehr, angestrebt.

Eng mit HPS verwoben, aber dennoch eigenständig zu betrachten ist die *Wissenschaftssoziologie*, die das aktuelle kulturelle Umfeld, die Bedingungen der forschenden Personen und ihre Einbettung in der „*Scientific Community*“, der Gemeinschaft der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, betrachtet. Sie geht mit soziologischen Fragestellungen in das Feld der (Natur)Wissenschaften und untersucht diesen komplexen Zusammenhang mit sozialwissenschaftlichen Methoden, wie z.B. teilnehmender Beobachtung oder Interviewstudien.

Als letzter Eckpfeiler ist noch die *Psychology of Science* zu nennen, die sich mit den Persönlichkeiten der Wissenschaftler beschäftigt, ihren Motivationen überhaupt Forschung zu betreiben, welche Ansprüche sie an ihre Tätigkeit haben, welche persönliche oder allgemeine Ziele sie verfolgen, wie sie mit Erfolg/Misserfolg umgehen und ähnliche Faktoren.

Sämtliche angeführte Disziplinen können aber lediglich Methoden und Denkansätze anbieten, um das Thema zu umkreisen. Für die fachdidaktische Forschung ist hingegen interessant, welche Inhalte NOS konstituieren und welche Möglichkeiten es gibt, diese im Schulunterricht und der universitären Lehramtsausbildung zu vermitteln. Dabei stellen sich zunächst zwei weitere Fragen:

1. Welche Schülervorstellungen oder allgemein epistemologische Überzeugungen zu NOS liegen bei Lernenden vor?
2. Um welche Misskonzepte und Fehlvorstellungen handelt es sich dabei und welche Vorstellungen werden im Gegensatz dazu von einem Expertenkonsens als zutreffend betrachtet?

William F. McComas stellte 1998 in dem bis heute vielzitierten Artikel *The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths*, 15 Mythen über Naturwissenschaft auf, die typische Fehlvorstellungen von Schülern repräsentieren. [2]

15 Mythen über die Natur der Naturwissenschaft

- Hypothesen werden zu Theorien und Theorien zu Gesetzen.
- Die Gesetze und Prinzipien der Naturwissenschaften sind absolut und unumstößlich.
- Hypothesen Aufstellen gleicht einem gut begründeten Raten.
- Es gibt eine generelle und universelle naturwissenschaftliche Methode.
- Eine Sammlung von gewissenhaft erhobenen Daten führt zu sicherem Wissen.
- Naturwissenschaften und deren Methoden liefern absolute Beweise.
- Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität.
- Naturwissenschaften und deren Methoden können alle Fragen beantworten.
- Naturwissenschaftler sind besonders objektiv.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden prinzipiell durch Experimente gewonnen.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse werden grundsätzlich auf Richtigkeit hin überprüft.
- Die Anerkennung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt einfach und unproblematisch.
- Modelle der Naturwissenschaften repräsentieren die Wirklichkeit.
- Naturwissenschaften und Technik sind identisch.
- Naturwissenschaftler arbeiten in der Regel allein.

Im Artikel: „The NOS in International Science Education Standards Documents“ derselben Veröffentlichung [2] listet McComas hingegen Aussagen auf, die einen überwiegenden Konsens unter Naturwissenschaftlern darstellen (Übersetzt aus dem englischen Original von B. Priemer, 2006 [3]):

- Wissen in den Naturwissenschaften ist, obwohl es zuverlässig ist, nicht unveränderlich.
- Wissen in den Naturwissenschaften beruht stark, aber nicht vollständig, auf Beobachtungen, experimentellen Resultaten, rationalen Begründungen und einer gewissen Skepsis.
- Es gibt nicht nur einen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. (Deshalb gibt es auch keine universelle naturwissenschaftliche Methode, die Schritt für Schritt abgearbeitet wird.)
- Naturwissenschaften verstehen sich als Ansatz, Phänomene der Natur zu erklären.
- Gesetze und Theorien dienen unterschiedlichen Zwecken, deshalb werden aus Theorien auch keine Gesetze, auch wenn zusätzliche Daten vorliegen.
- Menschen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen tragen zu den Naturwissenschaften bei.
- Neue Erkenntnisse müssen klar und offen dargestellt werden.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse müssen nachvollziehbar dokumentiert sein, werden von Experten begutachtet und müssen replizierbar sein.
- Beobachtungen sind Theorie-geleitet.

- Naturwissenschaftler sind kreativ.
- Die Geschichte der Naturwissenschaften kennt evolutionäre und revolutionäre Entwicklungen.
- Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen.
- Naturwissenschaften und Technik beeinflussen sich gegenseitig.
- Naturwissenschaftliche Ideen werden von sozialen und historischen Faktoren beeinflusst.

Wenn auch die jeweiligen Aussagen ohne ihren besonderen Kontext einen breiten Interpretationsspielraum zulassen und somit wahrscheinlich vom Leser nicht einhellig akzeptiert oder abgelehnt werden können, so stellen sie dennoch einen guten Ausgangspunkt dar, die Frage nach der Natur der Naturwissenschaft im Unterricht zu reflektieren, z.B. [5].

Warum *Nature of Science* thematisieren?

Die Forderung nach einem philosophischen Hintergrund des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist bereits rund 100 Jahre alt und geht auf den amerikanischen Pädagogen und Philosophen John Dewey und sein Programm des Pragmatismus zurück. Darin wird die Wichtigkeit und Überlegenheit einer *naturwissenschaftlich-rationalen und kritischen* Denkweise für die Gesellschaft hervorgehoben. Um dieses Ziel zu erreichen, reicht es aber bei weitem nicht, nur die Fachinhalte der jeweiligen (Natur)Wissenschaft zu lernen, vielmehr muss auch die Metaebene behandelt werden, d.h. *über die (Natur)Wissenschaften*, bzw. im Speziellen über die *Physik, Chemie, Biologie* etc. gelehrt und gelernt werden. [4]

Neben den allgemeinen gesellschaftlichen Argumenten für eine Thematisierung von NOS stehen die individuellen Argumente für die Lernenden: einerseits um eine fundierte Grundlage für die weitere Berufswahl zu haben, andererseits um die Bedeutung der Naturwissenschaft für das persönliche alltägliche Leben zu erkennen. In unserer heutigen Gesellschaft ist es für die einzelne Person trotz (oder wegen?) der Vielzahl an Informationen aus allen möglichen medialen Quellen nicht einfacher geworden, die häufig auftauchenden Begriffe, „wissenschaftlicher Beweis“, „wissenschaftliche Erkenntnis“ und dergleichen mehr, in einen adäquaten Kontext einzuordnen. Um also ein entsprechendes Kritikbewusstsein zu erwerben und nicht einer scheuklappenartigen „Wissenschaftsgläubigkeit“ zu unterliegen, ist diese Forderung nach wie vor höchst aktuell.

In den letzten Jahren gab es zahlreiche unterschiedliche Ansätze einzelne Aspekte des Themenkreises *explizit* zum Unterrichtsgegenstand zu machen (siehe z.B. [5]). Auch wenn viele dieser Unterrichtskonzepte vielversprechend sind, ist ihre praktische Umsetzung im Schulalltag oft mit größerem Aufwand verbunden, bzw. klammern sie notwendigerweise die übrigen Aspekte von NOS aus.

Es stellt sich also heraus, dass *Nature of Science* im praxisnahen Schulalltag überwiegend *implizit* vermittelt wird,

somit der unterrichtenden Lehrkraft eine große Verantwortung in ihrem schulalltäglichen Handeln zukommt. Ihre eigenen epistemologischen Überzeugungen zu NOS spielen eine maßgebliche Rolle bei deren Vermittlung. Um Schülerinnen und Schülern adäquate Ansichten über Wissenschaften, insbesondere Naturwissenschaften zu vermitteln, bedarf es seitens der unterrichtenden Lehrkräfte also einer intensiven Reflexion über den gesamten Themenbereich. Für die universitäre Ausbildung und für die Lehrerfortbildung stellt sich daher die Herausforderung, entsprechende Lehrgänge und Fortbildungen anzubieten, um das notwendige Wissen zur Verfügung zu stellen und die Reflexionsfähigkeit herzustellen.

Da dies allerdings einen längeren Entwicklungsprozess nach sich zieht, wird an dieser Stelle abschließend für alle Interessierten eine kurze Liste unterhaltsamer Lektüre angeboten, die den Themenkreis rund um *Nature of Science* auf populärwissenschaftlicher Basis umkreist und zur eigenständigen Vertiefung mit dem gesamten Themenkomplex anregen soll:

- Pietschmann, H. (2007): Phänomenologie der Naturwissenschaft. Wien: Ibero
 Pietschmann, H. (2007): Geschichten zur Teilchenphysik. Wien: Ibero
 Feynman, R. (2007): Vom Wesen physikalischer Gesetze. München: Piper
 Segrè, E. (1997): Die großen Physiker und ihre Entdeckungen. Von den fallenden Körpern zu den Quarks. München: Piper.

Literatur

- [1] Höttecke, D. (2001): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. Berlin: Logos (Studien zum Physiklernen, Band 16).
- [2] McComas, W.F. (1998): The Nature of Science in Science Education – Rationales and Strategies. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- [3] Priemer, B. (2006): Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. ZfDN 12, 177-197
- [4] Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2007): Physikdidaktik. Berlin: Springer
- [5] Haagen-Schützenhöfer, C.: Physiknobelpreis 2010 – Ein möglicher Anlass um im Unterricht das Wesen der Naturwissenschaften zu thematisieren. Plus Lucis 1-2/2010 (in diesem Heft).