



Universität
Zürich^{UZH}

Institut für Erziehungswissenschaft

Archaeopteryx

Wie aus einer rätselhaften Versteinerung
naturwissenschaftliches Wissen wird

Die fünf NoS-Aspekte

Nature of Science

Die fünf NoS-Aspekte

Seit dem Fund des ersten *Archaeopteryx*-Fossils vor rund 150 Jahren haben sich viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über das Fossil gebeugt, mit der Absicht, aus diesem Rätsel versteinerter Knochen naturwissenschaftliches Wissen zu erzeugen. Wodurch aber zeichnet sich eigentlich naturwissenschaftliches Wissen aus?

Die folgenden Aspekte kennzeichnen gemäss Norman G. Lederman, einem US-amerikanischen Naturwissenschaftsdidaktiker, das «Wesen» bzw. die «Natur» naturwissenschaftlichen Wissens (engl.: «Nature of Science»). Sie lassen sich auch in der Wissenschaftsgeschichte von *Archaeopteryx* finden:

1. Naturwissenschaftliches Wissen ist ein Produkt menschlichen Denkens. Das heisst aber nicht, dass jede beliebige Erklärung eines Phänomens automatisch gleichermassen akzeptabel wäre. Vielmehr müssen naturwissenschaftliche Aussagen mit Daten begründet werden, die zum Beispiel mittels nachvollziehbarer respektive wiederholbarer Beobachtungen oder Messungen erhoben worden sind. Man nennt naturwissenschaftliches Wissen daher auch **empirisch** (erfahrungsbezogen), weil es sich, mit Ausnahme von theoretischem Wissen, auf die systematische Erfassung beobachtbarer Gegebenheiten und messbarer Vorgänge in der natürlichen Welt stützt.
2. Naturwissenschaftliches Wissen beruht also unter anderem auf Daten. Diese Daten sind jedoch nicht selbsterklärend. Die Forschenden müssen sie zuerst in einen bestimmten Zusammenhang bringen und interpretieren. Dass auf unserem Planeten ein Stein fällt, wenn er über dem Boden losgelassen wird, ist eine allgemein geteilte Beobachtung. Sie gibt aber noch keinen Hinweis darauf, warum der Stein fällt. Es sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, welche nach Erklärungen suchen und diese eben nicht einfach nur finden, sondern erfinden. Naturwissenschaftliches Wissen ist daher nicht nur das Resultat von genauem Beobachten und logischem Denken sondern auch von **Einfallsreichtum und Kreativität**.
3. Jeder Wissenschaftler, jede Wissenschaftlerin geht bei der Erforschung eines Gegenstandes von bestimmten bereits vorhandenen Annahmen und Theorien aus. Auch spezifische Interessen und Erwartungen spielen eine wichtige Rolle. Das Vorwissen der Forschenden beeinflusst, welche Fragen gestellt werden, welche nicht und welche der erhobenen Daten wie interpretiert werden. Mit anderen Worten: auch naturwissenschaftliches Wissen ist **theorieabhängig**. Wohl haben die Wissenschaften Regeln und Verfahrensweisen entwickelt, um subjektive Einflüsse zu verringern, dennoch ist ihr Wissen nie neutral und vollkommen objektiv.
4. Wissenschaft ist immer auch ein **Teil der Gesellschaft und Kultur**, in der sie praktiziert wird, das heisst, die Wissenschaften und ihr gesellschaftlich-kulturelles Umfeld beeinflussen einander gegenseitig. Wichtige Faktoren

sind z.B. Machtstrukturen, wirtschaftliche Bedingungen, politische Ansichten und Religion. Diese Faktoren haben einen Einfluss darauf, welche Forschung gefördert wird und manchmal sogar, welches Wissen überhaupt als wissenschaftlich gilt.

Ein bekanntes Beispiel ist die sogenannte Rassenlehre: Im späten 19. Jahrhundert und noch breitenwirksamer im Nationalsozialismus galt es als wissenschaftlich anerkanntes Wissen, dass menschliche Rassen existieren und dass diese aufgrund biologisch unveränderlicher Eigenschaften einen je unterschiedlichen ‚Wert‘ haben. Vor dem Hintergrund der modernen Genetik und der Intelligenzforschung gilt diese Lehre in den heutigen Naturwissenschaften als unhaltbar. Ein weiteres Beispiel: Lange spielte in den naturwissenschaftlichen Erklärungen der Evolution des Jetztzeitmenschen (*Homo sapiens*) die männliche Figur des «Jägers» eine entscheidende Rolle. Als in zahlreichen Gesellschaften feministische Bewegungen an Bedeutung gewannen und auch in den Naturwissenschaften die Arbeiten von Frauen Anerkennung fanden, wandte sich die Evolutionsforschung verstärkt der weiblichen Figur der «Sammlerin» zu. Mit dem vorhandenen Datenmaterial lassen sich beide ‚Erzählungen‘ über die Evolution des *Homo sapiens* gleich gut begründen.

5. Der letzte Aspekt ergibt sich aus den vier vorangehenden: naturwissenschaftliches Wissen ist methodisch zuverlässig erhoben und oft langlebig, aber nie absolut und endgültig. **Es kann sich ändern.** Davon betroffen sind alle Formen des Wissens, auch Theorien und Gesetze. Diese Änderung kann auf unterschiedliche Weise zustande kommen: Fortschritte in der Technik erlauben beispielsweise die Gewinnung neuer empirischer Daten, welche mit bestehenden Hypothesen, Theorien oder Gesetzen nicht mehr übereinstimmen; oder bestehende empirische Belege werden im Licht neuer Theorien anders interpretiert.

Wichtige Begriffe im Zusammenhang mit der Nature of Science

Die Charakterisierung naturwissenschaftlichen Wissens umfasst gemäss Lederman zudem die Unterscheidung zwischen Beobachtungen und Schlussfolgerungen:

Beobachtungen sind beschreibende Aussagen über Vorgänge in der Natur, die wir mit unseren Sinnen oder der Erweiterung unserer Sinne (z.B. Messinstrumenten) ‚direkt‘ erfassen und über die mehrere Beobachter sich relativ leicht einig werden können. Zum Beispiel: «Auf der Erde fällt ein über Bodenhöhe losgelassener Gegenstand zu Boden».

Schlussfolgerungen sind Erklärungen von dem, was wir mit unseren Sinnen nicht erfassen können. So fallen auf der Erde Gegenstände wegen

der Gravitation zu Boden. Dass es eine Gravitation gibt, ist eine Schlussfolgerung, denn man kann nur die Auswirkungen der Gravitation sehen, nicht aber diese selbst.

Schliesslich unterscheidet Ledermans Charakterisierung der Nature of Science zwischen Hypothesen, Theorien und Gesetzen

Eine **Hypothese** ist eine Vermutung, die ein begrenztes Phänomen in der Natur plausibel erklärt oder voraussagt. Sie ist so formuliert, dass sie sich mithilfe wissenschaftlicher Methoden (z.B. Experimente oder Beobachtungen) überprüfen lässt.

Zum Beispiel: «Ein Stein fällt schneller zu Boden als eine Feder, was mit dem spezifischen Gewicht des jeweiligen Körpers zusammenhängen könnte.»

Eine **Theorie** ist ein vielfach geprüftes, in sich widerspruchsfreies System von Hypothesen, welches (a) eine grosse Anzahl scheinbar unverbundener Beobachtungen erklären kann, (b) weiterführende Forschungsfragen anregt und (c) Voraussagen ermöglicht, die sich anhand von Daten bestätigen lassen.

Im Alltag gebrauchen wir den Begriff «Theorie» oft im Sinn von «bloss eine Vermutung». In den Naturwissenschaften hingegen werden an Theorien viel höhere Ansprüche gestellt. Wenn z.B. der Kommissar im TV-Krimi sagt, er habe eine Theorie zum Tathergang, würde eine Wissenschaftlerin von einer Hypothese sprechen.

Ein **Gesetz** ist eine verallgemeinerte beschreibende Aussage über Zusammenhänge zwischen beobachtbaren Erscheinungen. Das Gesetz von Boyle z.B. besagt: «Bei gleichbleibender Temperatur und Stoffmenge ist der Druck eines idealen Gases umgekehrt proportional zum Volumen». Gesetze werden oft auch mittels mathematischer Formeln ausgedrückt, in unserem Beispiel lautet diese: $p_1 : p_2 = V_2 : V_1$.

Es ist ein verbreitetes Missverständnis, dass besonders gut bestätigte Theorien mit der Zeit zu Gesetzen würden. Tatsächlich aber bezeichnen die Begriffe «Theorie» und «Gesetz» vollkommen unterschiedliche Arten von Wissen.

Impressum

© 2013, Universität Zürich

Herausgeberin:
Universität Zürich
Institut für Erziehungswissenschaft
Prof. Dr. Regula Kyburz-Graber

Autorinnen und Autoren:
Dr. Balz Wolfensberger
Claudia Canella, Jolanda Piniel

Beratende Mitarbeit:
Dieter Burkhard, Biologielehrer
Kantonsschule Heerbrugg
Dr. Christian Peisker, Biologielehrer
Kantonsschule Wattwil

Redaktion:
Jolanda Piniel

Gestaltung:
Aline Telek, Kommunikation UZH

Literaturnachweis

Lederman, Norman G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In: Lawrence B. Flick & Norman G. Lederman (Eds.), Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education. Dordrecht: Springer, 301–318.