

Modell und Realität

1. Wissenschaftstheoretische Positionen
2. Modus des Physiktreibens
3. Unterricht
4. Diskussion

Matthias Laukenmann



Beim Nachdenken und Nachlesen über das Verhältnis von Modell und Realität stößt man unweigerlich auf Aspekte der Wissenschafts- und Erkenntnistheorie.

Feynmans Standpunkt zur Wissenschaftstheorie:

„Wissenschaftstheorie ist für Wissenschaftler genauso wichtig wie Ornithologie für Vögel“.

Zitiert nach Mlynek, http://www.helmholtz.de/aktuelles/reden/?tx_list_pi1%5Buid%5D=4201&tx_list_pi1%5Bmode%5D=4&cHash=8e6e8ec41f

Offensichtlich kann man ein sehr guter praktizierender Physiker sein, ohne sich um erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Aspekte zu kümmern

– etwa indem man sich an die Gepflogenheiten der „Community“ hält, ohne näher über diese Gepflogenheiten nachzudenken.

Dass man nicht primär die Naturwissenschaftler fragen sollte, wenn man etwas über den Modus des Physiktreibens erfahren möchte, bringt Lakatos zum Ausdruck, wenn er sinngemäß sagt:

„Wenn man etwas über Ornithologie erfahren möchte, sollte man nicht die Vögel fragen.“

Vgl. Trendel, G., Fischer, H.E. (2007). Naturwissenschaftliche Arbeitweisen. In: MNU 60/7, S. 388 f.

Die Wissenschafts- und Erkenntnistheoretiker machen es einem aber nicht gerade leicht, sich in ihrem Feld zu bewegen, indem sie fordern:

„Wer erkenntnistheoretisch argumentiert, von dem ist verlangt, dass er sich halbwegs der Argumente und Positionen bewusst zeigt, die in den letzten dreitausend Jahren durchgespielt wurden.“

Diesem Anspruch kann ich mich nicht stellen. Was Sie im Folgenden erwartet ist daher meine laienhafte Sicht auf diese Dinge, die ich zur Diskussion stelle.

Um einen groben Rahmen vorzugeben, an dem sich die Diskussion orientieren kann, beschreibe ich in Anlehnung an Höttecke („Was ist Naturwissenschaft?“ In: NiU 103, 2008) holzschnittartig einige wissenschaftstheoretische Positionen, indem ich jeweils zentrale Thesen benenne und auch problematische Aspekte der jeweiligen Positionen.

Empirismus und Induktivismus (z. B. Bacon)

- Empirische Daten bilden den Ausgangspunkt der Naturwissenschaft
- Basierend auf endlich vielen Fällen wird induktiv vom Besonderen auf das Allgemeine geschlossen.

Probleme

- Logisches Problem: Man findet immer Einzelfälle, die der Regel nicht entsprechen.
- Beobachtung bzw. Empirie können nicht „reiner“ Anfang der Naturwissenschaft sein, weil es keine unvoreingenommene, also theoriefreie Beobachtung gibt.

Falsifikationismus (z. B. Popper)

- Wissenschaftler formulieren Hypothesen, die experimentell geprüft werden.
- Prinzipielle Widerlegbarkeit als Kriterium für Wissenschaftlichkeit von Hypothesen
- Mit nicht widerlegten Hypothesen wird gearbeitet, bis sie widerlegt werden.

Probleme

- Hypothesen, die sich vielfach bewährt haben, werden ungern aufgegeben, insbesondere nicht bei singulärer Falsifikation. Vielmehr werden falsifizierte Hypothesen durch Modifikation „gerettet“.

Naiver Realismus

- Die Dinge sind genau so, wie wir sie wahrnehmen.
- Beobachtungen führen auf einfache und logische Weise zu Naturgesetzen, die die Eigenschaften der Dinge endgültig beschreiben.

Probleme

- Die Dinge lassen sich auch mit wissenschaftlichen Methoden nicht einfach so beschreiben, wie sie wirklich sind.
- Die Geschichte zeigt, dass auch wissenschaftliche Aussagen revidiert werden (müssen).

(Kritischer) Realismus (z. B. Bunge)

- Es gibt Dinge an sich; sie existieren, ohne von irgend einem Geist (Verstand) abzuhängen.
- Die Dinge sind nur partiell und approximativ erkennbar.
- Erkenntnis über die Dinge entsteht im Wechselspiel aus Beobachtung (Experimentieren) und Theoretisieren.
- Erkenntnis ist eher hypothetisch als unwiderleglich; sie ist verbesserungsfähig und daher nicht endgültig.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnis ist weit davon entfernt, unmittelbar und bildhaft (anschaulich) zu sein; vielmehr ist sie umwegig und symbolisch (mathematisch).

Probleme

- Siehe Thesen zum Pragmatismus

Pragmatismus/Instrumentalismus (z. B. Dewey, Rorty)

In gewisser Hinsicht antithetisch zum (kritischen) Realismus

- Die Erkenntnis einer Realität „an sich“ ist prinzipiell ausgeschlossen.
- Theorien sind nicht wahr oder falsch, sondern mehr oder weniger brauchbar.
- Objektive Erkenntnis als Selbstzweck gibt es nicht, die Suche nach Wahrheit läuft einem Phantom nach.
- Ein Satz ist wahr, wenn er uns das mit Befriedigung verbundene Erlebnis seiner Nützlichkeit vermittelt.
- Spielerische und (selbst-) ironische Grundhaltung.

Probleme

- Unverbindlichkeit
- Mangel an Ernsthaftigkeit und Verantwortlichkeit
- Siehe Thesen zum kritischen Realismus

Konstruktivismus (z. B. Glasersfeld)

- Die Möglichkeit objektiver Wahrheit wird bezweifelt.
- Die Bedeutung von Denkwängen, kulturellen Einflüssen und sozialen Prozessen für die „Konstruktion“ von Wissen wird betont.

Probleme

- Unverbindlichkeit und Beliebigkeit

Bisher: Allgemeines zur Wissenschaftstheorie

Jetzt: Spezifika des physikalischen Arbeitens

Das *eine* „Standardverfahren“, die *eine* Erkenntnismethode gibt es nicht, auch nicht, wenn man sich auf die Physik beschränkt.

Dennoch kann man ein grobes Schema angeben, das wesentliche Merkmale benennt,

wir müssen nur „im Hinterkopf“ behalten, dass sich nicht alle Aspekte des Physiktreibens in dieses Schema einfügen lassen.

Der Wissenschaftshistoriker Schreier (1988) verortet das Entstehen von Wissenschaft im Allgemeinen dort, wo eine „Tätigkeit über das Sammeln und Ordnen empirischer Fakten und Verfahren hinaus auf Systematisierung und Theoretisierung“ zielt, also dort, wo sich zur Empirie die Theorie hinzugesellt.

Für die Physik im Speziellen konkretisiere ich das so:

Die Empirie besteht in der **theoriegeleiteten Sammlung von (Mess-) Werten** – das ist vorrangig die Aufgabe der Experimentalphysiker –,

die Theoretisierung in der **Formulierung mathematischer Relationen** zwischen physikalischen Größen mit dem Ziel, die gemessenen Werte möglichst effektiv und präzise zu fassen – damit befassen sich vorwiegend die theoretischen Physiker.

Einerseits entsteht also eine (physikalische) Theorie nicht einfach aus empirischen Daten; schon die Entscheidung, welche Daten auf welche Weise erfasst werden, setzt eine Theorie voraus.

Es gibt keine unvoreingenommenen Beobachtung.

Andererseits ist Theorie (in den Naturwissenschaften) immer auf Empirie bezogen.

Metaphorisch ausgedrückt: Die Henne-Ei-Frage lässt sich für das Verhältnis von Theorie und Empirie nicht beantworten.

Die Tätigkeiten des Datensammelns und des Theoriebildens lassen sich also nicht streng trennen,

– Lakatos als Erkenntnistheoretiker gibt zu bedenken (1974): „Es gibt keine natürliche Abgrenzung zwischen Beobachtungssätzen und theoretischen Sätzen.“ –

aber unterscheiden lassen sie sich dennoch.

Wenn wir Physik unterrichten, vermitteln wir den Lernenden unweigerlich ein Bild von der „Natur der Naturwissenschaft“.

Deshalb halte ich es für sinnvoll, uns (und den Schülerinnen und Schülern) immer wieder Rechenschaft darüber abzulegen, welche – oft impliziten – wissenschaftstheoretischen Annahmen unserem Unterricht zugrunde liegen

und welche Verfahren zu Erkenntnisgewinnung wir anwenden.

Dazu gibt es auch normative Vorgaben:

Die Bildungspläne fordern ein, domänenspezifische Denk- und Arbeitsweisen im Unterricht zu thematisieren.

Dabei wird unter anderem auf Litt (1952) Bezug genommen, der postuliert, dass der allgemeine Bildungswert des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu einem guten Teil darin besteht, dass über das Treiben von Naturwissenschaft reflektiert wird.

Vor diesem (laienhaft dargestellten) wissenschaftstheoretischen und normativen Hintergrund analysiere ich einige Beispiele aus dem Unterricht.

Äußerungen wie

„Philosophieren Sie nicht rum, sagen Sie uns doch, wie es wirklich ist, damit wir wissen, was wir lernen sollen!“

deuten darauf hin, dass Schülerinnen und Schüler – zumindest in der Sek. I – vielfach nur bedingt an wissenschaftstheoretischen Aspekten interessiert sind.

Etwas zugespitzt: Die SuS wollen wissen, was sie – auswendig – lernen sollen, um dann gut benotet zu werden.

Solche Äußerungen lassen sich aber auch so interpretieren, dass die Schülerinnen und Schüler bereits eine bestimmte Auffassung von der Beschaffenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnis entwickelt haben.

Eine solche Äußerung setzt ja voraus, dass man sich Wissen entweder als absolut wahr oder als absolut falsch vorstellt, nicht als etwas Vorläufiges, Veränderbares und Diskursives, denn nur dann kann man zu der Einschätzung kommen, man habe bereits ausreichend gelernt, wenn man Wissen nur rekapitulieren könne.

Damit haben sich die SuS – sehr wahrscheinlich unbewusst – als (naive) Realisten „geoutet“.

Die Aussage „**Ein Photon ist eine Energieportion**“ findet man in vielen Physikbüchern und sie kommt sehr wahrscheinlich auch im Physikunterricht vor.

Analyse

Ein „Photon“ ist – im Sinn des kritischen Realismus – ein Ding an sich.

Ein Photon existiert, ohne von irgend einem Geist (Verstand) oder von der Existenz einer Theorie – die ja ein Konstrukt des menschlichen Geistes ist – abzuhängen.

„Energie“ ist dagegen eine physikalische Größe, also ein Element der mathematischen Theorie, eine Variable im Sinne der Mathematik.

Die Aussage „Ein Photon ist eine Energieportion“ ähnelt in gewisser Hinsicht den Aussagen

„Ein Tisch ist Länge.“

oder

„Eine Landschaft ist der Verlauf von Höhenlinien.“

Ein Tisch und eine Landschaft sind „Dinge an sich“,

Länge und Höhenlinien sind dagegen eine Erfindung des menschlichen Geistes; sie existiert nicht ohne Theorie.

Tisch und Länge bzw. Landschaft und Höhenlinien sind also Elemente verschiedener Kategorien.

So sind auch „Photon“ und „Energie“ Elemente verschiedener Kategorien.

Daher ist die Aussage „Ein Photon ist eine Energieportion“ nicht sinnvoll (oder, wenn man will: falsch)

und man sollte daher im Unterricht auch nicht so sprechen.

Ob es didaktisch klug ist, wissenschaftstheoretische Aspekte speziell im Zusammenhang mit der Quantentheorie zu thematisieren, wage ich in Frage zu stellen.

- Die Erscheinungen, mit denen sich die Quantentheorie befasst, werden nur durch sehr aufwändige, stark theoriegeleitete Präparationen zugänglich. Das erschwert die Unterscheidung, was zu den „Dingen an sich“ zu zählen ist und was Elemente der Theorie sind.
- Die Quantentheorie gehört innerphysikalisch zu den anspruchsvolleren Theorien und bereitet den Lernenden dadurch schon genug Probleme.

- Meines Erachtens ist es sinnvoller, die Unterscheidung, was zu den „Dingen an sich“ zu zählen ist und was Elemente der Theorie sind, im Physikunterricht *von Anfang an* zu berücksichtigen, also auch bei der Behandlung „klassischer“ Themen (Wärmelehre, Optik, Mechanik, Akustik, ...).

Beispiele

Die SuS erleben im Unterricht von Anfang an,

- dass man Modelle und Theorien erfindet (sich zu den Erscheinungen *dazu* denkt)
 - *Zahlreiche Hinweise, wie das konkret aussehen kann, findet man z. B. bei Wagenschein –*

- dass man zu jeder Klasse von Naturerscheinungen mehrere Theorien erfinden kann:
 - Die phänomenologische Thermodynamik ist eine Theorie zur Beschreibung der Wärme-Erscheinungen, die statistische Thermodynamik eine andere.
 - Die Strahlenoptik ist eine Theorie zur Beschreibung des Phänomens „Licht“, eine andere ist die Wellenoptik, eine dritte die Thermodynamik des Lichts und eine vierte die Quantenelektrodynamik.

- und dass die Beschreibung der „Dinge an sich“ – im Sinn des kritischen Realismus – in verschiedenen Bezugssystemen unterschiedlich ausfällt, sich dabei aber nicht die Dinge ändern. Die Dinge sind, wie sie sind. Was sich ändert ist unsere Beschreibung der Dinge.

Konkrete Beispiele dazu – auch aus der klassischen Physik – findet man z. B. im KPK Sek. II, Band 4 (Mechanik), Kap. 6.

