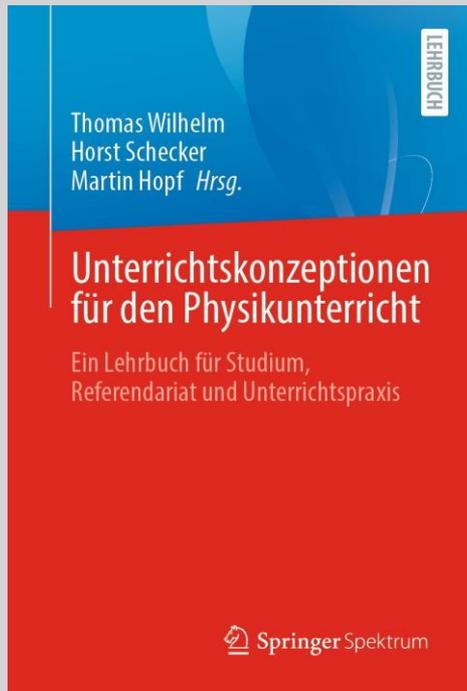


Moderne Physik und Nature of Science

Ein spannungsreiches Paar

*Oliver Passon
AG Physik und ihre Didaktik
Bergische Universität
Wuppertal*

„Wenn Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftlichen Unterricht [...] besuchen, dann sollen sie ein zunehmendes Verständnis davon entwickeln, was Naturwissenschaften sind. Diese Forderung scheint auf den ersten Blick selbstverständlich zu sein, wird aber kaum eingelöst.“
(Höttecke und Schecker S. 402)



„Lernen **über** Physik entwickelt sich nicht einfach durch das Lernen **von** Physik.“

Dieser Lernbereich („über Physik“) wird als *Nature of Science* (NOS); zu deutsch „Natur der Naturwissenschaften“ bezeichnet.

2021

Man kann nicht nicht NOS unterrichten

Inszenierungsmuster des Unterrichts prägen das NOS-Bild *implizit* (à la „Theorien folgen **eindeutig** aus Beobachtungen“ oder „Theorien werden **zweckfrei** und **kumulativ** entwickelt“).

Seit den 1940er Jahren etabliert sich durch A. Koyré, H. Butterfield und andere ein spezielles Bild von Naturwissenschaft...

- ...als Teil einer allg. Menschheitsgeschichte („Neugierde“ und das Verlangen „die Welt zu verstehen“ als anthropologische Konstanten).
- ...als „speziell“ (objektiv, selbstkorrigierend).
- ...als Verkörperung der Werte der Aufklärung wie „Freiheit“ und „Rationalität“ (gegen kirchliche Dogmen, Totalitarismus etc.).
- ...als Motor von sozialem und materiellem Fortschritt.

Hier spielen kontingente historische Faktoren keine große Rolle und „Historisierung“ wird zur „Glorifizierung“ ...

Cunningham, A & P Williams (1993) De-Centring the 'Big Picture': "The Origins of Modern Science" and the Modern Origins of Science. *The British Journal for the History of Science* **26**(4): 407-432.

Cunningham, A (1988) Getting the game right: Some plain words on the identity and invention of science. *Stud. Hist. Phil. Sci.* **19**(3): 365-389.

Fragen für die explizite Thematisierung von NOS (nach Höttecke und Henke 2010):

- Können wir uns sicher sein, dass das Gesetz immer und überall gilt?
- Wenn allen Wissenschaftler:innen die gleichen Daten zur Verfügung stehen, kommen sie dann auch alle zu den gleichen Schlüssen?
- Wem nutzt dieses Wissen und warum hat man es überhaupt herausgefunden?
- Was bedeuten Begriffe wie „Theorie“, „Empirie“, Hypothese etc.

Höttecke, D., & Henke, A. (2010). Über die Natur der Naturwissenschaften lehren und lernen – Geschichte und Philosophie im Chemieunterricht? *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie, Themenheft Natur der Naturwissenschaften*, (Heft 4+5), 2–7.

Eine einflussreiche Konzeption von NOS geht auf Norman Lederman zurück („konsensbasierte Ansatz“):

Wissenschaftliches Wissen...

1. ...hat eine **empirische** Basis.
2. ... ist **vorläufig**.
3. ...ist in dem Sinne **subjektiv**, dass es z. B. von **kontingenten** Faktoren beeinflusst sein kann.
4. ...erfordert **Kreativität** und ist **nicht** strikt Regelgeleitet
5. ...es ist immer **sozial** und **kulturell situiert**.
6. Weiterhin bedeutsam: „**Beobachtung**“ und „**Schlussfolgern**“ sowie...
7.„**Theorie**“ und „**Gesetz**“ müssen unterschieden werden.

Lederman, N. G. (2007) Nature of Science: Past, Present, and Future. In Abell, S.K. and Lederman, N.G. (Hrsg.) Handbook of Research on Science Education, New York: Routledge, S. 831–880.

Heering, P. & Kremer, K. (2018) Nature of Science. In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (eds) *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Es gibt keine einheitlichen „Naturwissenschaftlichen Methode“, der die Erkenntnisgewinnung folgt; etwa nach dem Schema:

1. Stelle Beobachtungen an.
2. Formuliere eine Hypothese.
3. Leite beobachtbare Folgerungen aus der Hypothese ab.
4. Stelle Beobachtungen an, um diese Folgerungen zu prüfen.
5. \Rightarrow Annahme oder Ablehnung der Hypothese aufgrund dieser Beobachtungen.

Klassiker Auslegen

KA

Karl Popper

Logik der
Forschung



Herausgegeben von
Herbert Keuth

Akademie Verlag

Diese Verhältnisse sind für die *Theorie des Experiments* entscheidend: Der Experimentator wird durch den Theoretiker vor ganz bestimmte Fragen gestellt und sucht durch seine Experimente für diese Fragen und nur für sie eine Entscheidung zu erzwingen; alle anderen Fragen bemüht er sich dabei auszuschalten. [...]

Das gilt nicht nur für jene Fälle, wo ein vom Theoretiker vorausgesagter Effekt experimentell nachgewiesen werden konnte — wofür unter vielen Beispielen das schönste wohl der von DE BROGLIE vorhergesagte und experimentell erstmalig von DAVISSON und GERMER nachgewiesene Wellencharakter der Materie ist. Sondern es gilt auch für jene Fälle, deren hervorstechender Zug die Befruchtung der Theorie durch das Experiment ist: In diesen Fällen ist es fast immer die experimentelle *Falsifikation* einer als bewährt anerkannten Theorie, die den Fortschritt erzwingt — also wieder die von der Theorie geleitete Nachprüfung. Bekannte Beispiele für solche Entwicklungen sind der MICHELSON-Versuch, der zur Relativitätstheorie, und die LUMMER-PRINGSHEIMSche Falsifikation der RAYLEIGH-JEANSschen und WIENSchen Strahlungsformeln, die zur Quantentheorie führte. Natürlich gibt es auch sogenannte „Zufallsentdeckungen“, aber sie sind selten; und mit Recht spricht MACH³ in solchen Fällen von einer „Korrektur wissenschaftlicher Ansichten“ (also Theorien!) „... durch zufällige Umstände“.

Die Beispiele von Popper sind ungewöhnlich schlecht gewählt:

- De Broglie hat keine Vorschläge zur experimentellen Prüfung seiner Materiewellen-Hypothese gemacht (Hentschel 2003).
- Clinton Davisson und Lester Germer haben ihre Arbeiten um 1926 ganz unabhängig von de Broglies Hypothese angestellt (und ein Laborunfall spielte eine nicht unwesentliche Rolle... siehe Gehrenbeck (1978)).
- Otto Lummer und Ernst Pringsheims Messungen von 1900 können das Rayleigh-Jeanssche Gesetz von 1905 kaum falsifiziert haben.



Gehrenbeck, R. K. (1978). Electron diffraction: fifty years ago. *Physics Today*, 34-41.

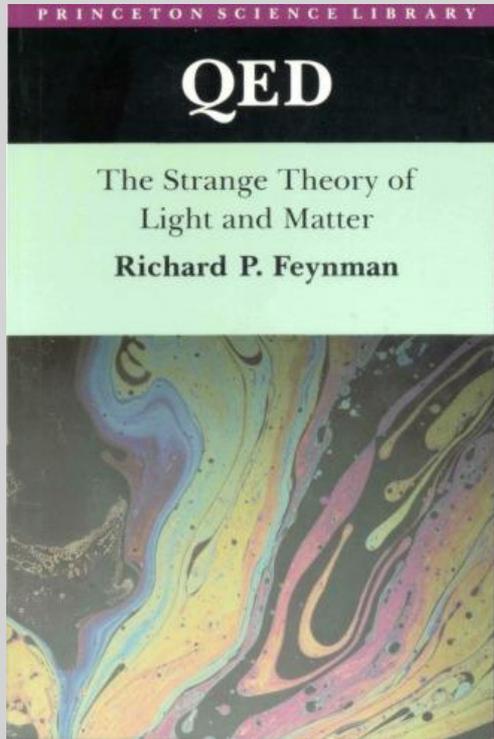
Hentschel, K. (2003). Das Märchen vom Zauberer im weißen Kittel: Mythen um berühmte Experimente und Experimentatoren. *Physik in unserer Zeit*, 34, 225-231

Kurzum: Das Studium der *Geschichte der Physik* zeigt, wie unzureichend schematische Vorstellungen vom Forschungsprozess sind...



Die Einbeziehung der *Wissenschaftsgeschichte* kann einen wesentlichen Beitrag leisten, um die naive Vorstellung von kumulativem Fortschritt und „Unausweichlichkeit“ der Entwicklung aufzubrechen...

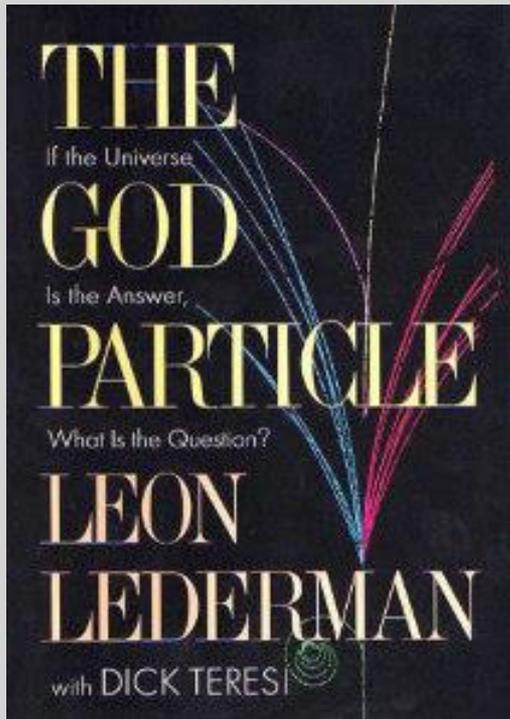
- Franklin, A. (2016) Physics Textbooks Don't Always Tell the Truth. *Phys. Perspect.* **18**, 3–57.
- Passon, O., & Grebe-Ellis, J. (2017) Planck's radiation law, the light quantum, and the prehistory of indistinguishability in the teaching of quantum mechanics. *Eur. J. Phys.* **38**(3): 035404.
- Passon, O. (2021) Kelvin's clouds. *American Journal of Physics* **89**(11): 1037-1041.
- Passon, O. (2022) The quasi-history of early quantum theory. *Physics* **4**(3): 880—891.



Richard P. Feynman
1918-1988

By the way, what I have just outlined is what I call a “physicist’s history of physics,” which is never correct. What I am telling you is a sort of conventionalized myth-story that the physicists tell to their students, and those students tell to their students, and is not necessarily related to the actual historical development, which I do not really know!

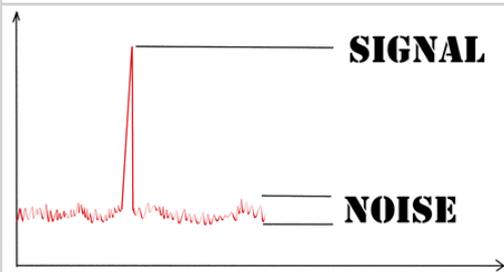
At any rate, to continue with this “history,” Paul Dirac, [...] (S. 6)

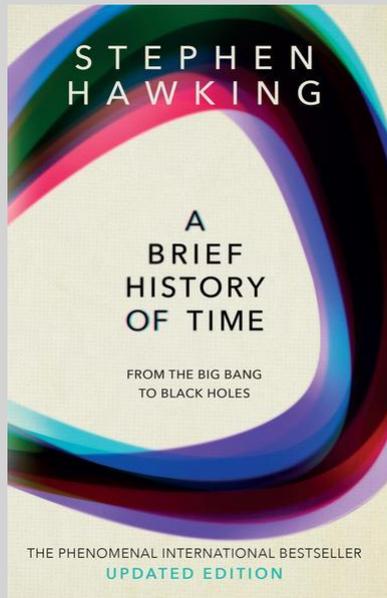


Leon Lederman
1922-2018

“There may, in fact, be no source for some of the best stories in science, but they have become such a part of the collective consciousness of scientists that they are “true”, whether or not they ever happened.”

“However; from the point of view of storytelling, myth-history has the great virtue of filtering out the noise of real life.” (Lederman 2006, p. 412)





Stephen Hawking
1942-2018

Wenn wir jedoch eine vollständige Theorie entdecken, dürfte sie nach einer gewissen Zeit in ihren Grundzügen für jedermann verständlich sein, nicht nur für eine Handvoll Spezialisten. Dann werden wir uns alle [...] mit der Frage auseinandersetzen können, warum es uns und das Universum gibt. Wenn wir die Antwort auf diese Frage fänden, wäre das der endgültige Triumph der menschlichen Vernunft – denn dann würden wir Gottes Plan kennen. (S. 218)

Was verlieren Feynman, Lederman et al. durch die Missachtung dessen, was sie als bloßen „noise“ abtun?

James Jeans glaubte noch viele Jahre an die Gültigkeit
des Rayleigh-Jeans Gesetzes, ...
...denn er bezweifelte, dass die Schwarzkörperstrahler
der Experimente bereits im thermischen Gleichgewicht
sind!



Theoriebeladenheit der
Temperaturmessung!

Kontingente Einflüsse auf
die Debatte um die
Interpretation der QM

Take home message

Die Naturwissenschaften sind nicht bloß die Summe „objektiver Tatsachen“ die „entdeckt“ wurden, sondern eine komplexe epistemische und kulturelle Praxis, die in historische, soziale und institutionelle Kontexte eingebettet ist...

Naturwissenschaftler selber stricken an dem Mythos, dass ihre Arbeit ein „*transzendentes*“ Geschäft ist!

Historische Fallstudien können ein angemesseneres Bild der Natur of Science erzeugen... und dieses Bild ist sogar aufregender...



Man kann dem Weihnachtsmann nicht unter den Rock schauen...