

Wissenschaftstheorie

Sechste Vorlesung (6/9)

Wahrscheinlichkeit. Die wiss. Realismusdebatte

Christian Damböck
Institut Wiener Kreis

<http://homepage.univie.ac.at/christian.damboeck/vo14/index.html>

Wahrscheinlichkeit

Zum Begriff „Wahrscheinlichkeit“

- Ein wichtiges Konzept ist, dass wissenschaftliche Hypothesen in der Regel nicht absolut wahr oder falsch sind, sondern bloß *wahrscheinlich* bzw. *zu einem bestimmten Grad wahr*.
- Der Grad der Wahrscheinlichkeit wird als Zahl in dem „probabilistischen Intervall“ $[0,1]$ angegeben
- Wahrscheinlichkeit 0 bedeutet, dass ein Ereignis unmöglich eintritt (Wahrscheinlichkeit mit einem Würfel eine 7 zu würfeln)
- Wahrscheinlichkeit 1 bedeutet, dass ein Ereignis sicher eintritt (Wahrscheinlichkeit eine Zahl zwischen 1 und 6 zu würfeln)
- Wahrscheinlichkeit größer 0 und kleiner 1 bedeutet, dass ein Ereignis unter bestimmten Umständen eintritt.

- Formel:

$$\text{Wahrscheinlichkeit} = \frac{\text{Zahl der günstigen Fälle}}{\text{Zahl der möglichen Fälle}}$$

- Beispiele: $P(6er\ würfeln) = \frac{1}{6}$ $P(6er\ oder\ 1er\ würfeln) = \frac{2}{6}$

- **Bedingte Wahrscheinlichkeit:** $P(A|B)$ bedeutet die Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis A eintritt, unter der Bedingung, dass ein Ereignis B eingetreten ist

- Gilt $B \rightarrow A$, so ist $P(A|B) = 1$ (Warum ist das so?)

- Definition:

$$P(A|B) = \frac{P(A \text{ und } B)}{P(B)}$$

Beispiel: Wahrscheinlichkeit, dass man mit zwei Würfeln je einen 6er würfelt, wenn man mit dem ersten bereits einen 6er gewürfelt hat

$$P(2\ 6er|1\ 6er) = \frac{1/36}{1/6} = \frac{1}{6}$$

➔ Begriff ist wichtig im Bayesianismus (siehe unten)

Wahrscheinlichkeit und Bestätigung 1: Frequentismus

- Wissenschaftstheoretisch ist die wichtigste Frage im Zusammenhang mit Wahrscheinlichkeiten: Wie können wir das Problem der Prognose / Erklärung / Bestätigung mit diesem Werkzeug erhellend beschreiben?
- Ein erster Ansatz wäre der des wahrscheinlichkeitstheoretischen Frequentismus:
- Die Wahrscheinlichkeit drückt demnach *die relative Frequenz eines Ereignisses* aus

- Beispiel: wenn wir unzählige Male mit einem idealen Würfel würfeln, so wird die Zahl 6 im Schnitt jedes sechste Mal fallen
- Wahrscheinlichkeit drückt hier im Prinzip bloß eine statistische Größe aus, also die Frequenz des Auftretens eines Ereignisses
- Den Zusammenhang zwischen errechnetem Wert und Statistik beschreibt das „Gesetz der großen Zahl“: Je öfter wir würfeln, desto näher kommt die Wahrscheinlichkeit des 6er-Wurfs dem „Grenzwert“ $1/6$
- Umgelegt auf den Bestätigungsbegriff bedeutet dies, dass Wahrscheinlichkeit einen Ausdruck für die *Gestützttheit einer Theorie durch die vorhandenen Daten liefert*

- Dies kann als eine *Verallgemeinerung* des klassischen deduktivistischen Ansatzes gesehen werden:
- Beispiel: Die **Theorie** lautet, dass **Raucher tendenziell an Lungenkrebs erkranken**. Diese Prognose wird zu einem Prozentsatz ausgewertet: x Prozent aller Raucher erkranken an Lungenkrebs. Erfassen wir dann noch, dass y Prozent der Nichtraucher an Lungenkrebs erkranken und dass **x wesentlich größer als y ist**, so wäre unsere Theorie gut bestätigt
- Strukturell sind diese Fälle völlig identisch mit dem klassischen deduktivistischen Ansatz, der hier bloß um eine probabilistische Perspektive erweitert wird.

Was der Frequentismus nicht leistet

- Das Hauptproblem ist, dass der Frequentismus absolut nichts über die *Vertrauenswürdigkeit* einer Theorie sagt, wenn wir diese nur minimal über die Hutkrempe des empirisch Bekannten hinaus bewerten wollen
- Beispiel: „Das Meer ist BROSA“
- Frequentistisch ist diese Theorie zum heutigen Zeitpunkt absolut wahr, obwohl wir ihr subjektiv eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit zuschreiben werden
- Wie können wir **unser über das Wissen über relative Frequenz hinausgehendes Wissen** wahrscheinlichkeitstheoretisch beschreiben

Wahrscheinlichkeit und Bestätigung 2: Bayesianismus

- Als Erfolgsmodell hat sich aus den eben gegen den Frequentismus angeführten Gründen das Modell des Bayesianismus, also der *subjektiven Wahrscheinlichkeit* erwiesen
- Diesem Modell zufolge drückt sich der Bestätigungsgrad einer Theorie *nicht nur* durch den relativen Grad der experimentellen Bestätigung aus, sondern basiert *zusätzlich* und *primär* auf einer subjektiven Annahme über die Wahrscheinlichkeit einer Theorie

Prior probability und *posterior probability*

- Der dem Bayesianismus zugrunde liegende Gedankengang ist folgender.
- Wenn Wissenschaftler eine Theorie h empirisch testen, so gehen sie in diese Tests bereits mit einer Annahme über die Wahrscheinlichkeit der Theorie, die (in gewissem Sinn *subjektive*) **prior probability** $P(h)$
- Dann konfrontieren sie die Theorie mit einer empirischen Evidenz e und *korrigieren* auf dieser Grundlage den Wahrscheinlichkeitswert zu einer die empirische Evidenz mit berücksichtigenden **posterior probability**

- Für die Berechnung der *posterior probability* kann das sog. Bayessche Theorem herangezogen werden:

$$P(h|e) = \frac{P(e|h)P(h)}{P(e)}$$

$P(h)$... prior probability

$P(e)$... Wahrscheinlichkeit der Evidenz e (vor der Messung!)

$P(e|h)$... Wahrsch. von e unter Annahme von h

$P(h|e)$... posterior probability

- Die Schwierigkeit bei der Berechnung des Wertes von $P(h|e)$ besteht dann in der richtigen Abschätzung der Werte von $P(e)$ und $P(e|h)$
- Die Berechnung kann mehrfach wiederholt werden, sodass der anfangs subjektiv gesetzte Wert der *prior probability* immer stärker durch Evidenz korrigiert wird

- Einfacher Extremfall: **folgt e logisch aus h** so gilt $P(e|h) = 1$ und $P(\neg e|h) = 0$
- Ansonsten sind Beispiele in der Regel sehr kompliziert zu berechnen
- Beispiel: $h =$ „Das Meer ist BROSA“
Wir wählen $P(h) = 0.01$ und testen die Hypothese vor dem 31.12.2014. Dabei setzen wir für alle Farben die Wahrscheinlichkeit ihrer Messung 0.1 und erhalten, da die Hypothese bestätigt wird, $P(h|e) = \frac{1 \cdot 0.01}{0.1} = 0.1$
Am 31.12.2014 mischen wir dann die Karten neu (weil wir ein neues Messergebnis erwarten), setzen wieder alle Farben-Wahrscheinlichkeiten auf 0.1 und erhalten $P(h|e) = 0$, weil wir blau messen und daher $P(e|h) = 0$ gilt (würden wir rosa messen, so würden wir $P(h|e) = \frac{1 \cdot 0.1}{0.1} = 1$ erhalten).

Vor- und Nachteile

- „Nachteil“ des Bayesianismus ist der „subjektive“ Charakter der *prior probabilities*
- Aber diese „Subjektivität“ ist nicht zu verwechseln mit Beliebigkeit
- Die *prior probability* spiegelt das Wissen der scientific community wieder, so wie es zum Teil eben nicht strikt objektiv, ausschließlich nach frequentistischen Regeln fest gemacht werden kann
- Vgl. likeliness und loveliness bei Peter Lipton
- Der objektive Ansatz (Frequentismus) hat seine Grenzen. Diese Grenzen zu ziehen und das mit zu berücksichtigen was jenseits davon liegt ist Aufgabe und Zielsetzung des bayesianischen Ansatzes

Die wissenschaftliche Realismusdebatte

Hilary Putnam und der Realismus: das sogenannte *no miracles argument*

- Logische Empiristen wie Rudolf Carnap hatten den Realismus klassischer Weise als „Scheinproblem“ etikettiert
- Dem traten bereits früh (seit den 1950er-Jahren) solche aus dem logisch-empiristischen Umfeld stammenden Philosophen wie Herbert Feigl, Grover Maxwell oder Wilfrid Sellars (bzw. auch Karl Popper) entgegen
- Ganz stark wurden realistische Argumente aber seit den 1970er-Jahren verteidigt, zunächst **als Slogan, der die Wissenschaften vor dem Irrationalismus retten sollte**

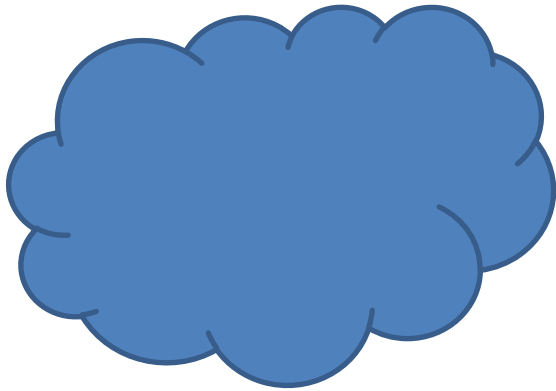
- Berühmt geworden ist vor allem Hilary Putnams (1975) Argument für den Realismus (Bas van Fraassen: „the Ultimate Argument“), wonach der Fortschritt der Wissenschaften ein „Wunder“ wäre, wenn nicht die Theorien der Wissenschaften approximativ wahr wären und sich ihre Ausdrücke auf wirkliche Dinge beziehen würden

„The positive argument for realism is that it is the only philosophy that doesn't make the success of science a miracle. That terms in mature scientific theories typically refer [...], that the theories accepted in a mature science are typically approximately true, that the same term can refer to the same thing even when it occurs in different theories – these statements are viewed by the scientific realist not as necessary truths but as part of the only scientific explanation of the success of science, and hence as part of any adequate scientific description of science and its relations to its objects.“ (Putnam 1975, p. 73)

Bas van Fraassens Gegenargument: konstruktiver Empirismus

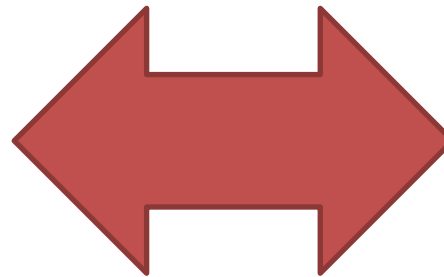
- Van Fraassen (1980) hält dem entgegen, dass **das wissenschaftliche Tun und der Fortschritt der Wissenschaften auch in einem rein empiristischen Rahmen erklärt werden kann**
- Die Aufgabe der Wissenschaft ist, in ihren Theorien, „die Phänomene zu retten“ („to save the phenomena“)
- Theorien sind so bloß *Instrumente* zur Rettung der Phänomene
- Theorien sind Konstruktionen von Modellen, die *empirisch adäquat* sein sollen: vgl. unser in der vierten Vorlesung präsentiertes Schema:

Elektronen, Quarks,
Impulse und andere theoretische
Entitäten im Nicht-Beobachtbaren
Bereich der Quantenphysik



**Sätze der theoretischen
Quantenphysik
plus Strukturtyp
liefern die Modelle der
Theorie**

ISOMORPHIE



Vorgänge im
Teilchenbeschleuniger,
Spuren am Bildschirm,
Beobachtungen



**Sätze der physikalischen
Experimentatoren
sind in der intendierten
Anwendung E'
repräsentiert**

- Haben wir es mit unterschiedlichen konkurrierenden (eventuell empirisch äquivalenten) Theorien zu tun, so wählen wir **die einfachere oder sonstwie epistemisch ansprechendere Theorie** (vgl. Liptons loveliness)
- Wir entscheiden hier also nach bestimmten **ästhetischen Kriterien**, nicht nach Indizien für über die empirische Wahrheit hinausgehende Wahrheit.
- (1) Theorien können sich als *true to the phenomena* (empirisch adäquat) erweisen. Wahrheit, die *darüber hinausgeht*, lässt sich nicht nachweisen.
- (2) Theorien *referieren* dort wo sie sich auf wahrnehmbare Inhalte beziehen, sie referieren auf Tische und Bäume, vielleicht noch auf Zellen. Dass Terme, die sich auf Atome, Elektronen und Quarks beziehen, tatsächlich „referieren“, lässt sich jedoch nicht nachweisen.

- Dass Theorien wahr sind und dass theoretische Terme referieren, können wir zwar *annehmen*, aber die Wissenschaften liefern uns *keine Beweise* dafür, deshalb ist die Annahme für die Wissenschaften müßig und redundant
- Randbemerkung: die Wahrnehmung hat allerdings unklare Grenzen. Was sehen wir?
- Van Fraassen: Brillen, optische Mikroskope – JA, Elektronenmikroskop – NEIN, weil hier die theoretische Konstruktion überhand nimmt
- Wie sollen wir diese Grenze ziehen?
→ Vgl. dazu unsere Bemerkungen unten, zu Ian Hacking's Entitätenrealismus

Larry Laudan gegen konv. Realismus (pessimistische Metainduktion)

- Larry Laudan (1981) hält Putnam entgegen, dass seiner pro-realistischen Spekulation („no miracles argument“) eine plausiblere und logisch konsistentere anti-realistische Spekulation entgegengehalten werden kann (die man, wenn man abstruse Begriffskonstruktionen liebt, als „pessimistische Metainduktion“ bezeichnen könnte). Das Argument geht so:
- Indem sich wissenschaftliche Theorien, denen die *scientific community* oft jahrhundertlang bedingungslos vertraut hat, am Ende immer wieder als falsch erwiesen haben, müssen wir diese Erwartung auch an unsere heutigen Theorien stellen

- Wenn wir aber immer annehmen müssen, dass sich die Theorien, auf die wir heute unseren Glauben an die Wahrheit der Wissenschaft stützen, am Ende als falsch erweisen werden, ist der „konvergente Realismus“ Putnams müßige Spekulation
- Was die Wissenschaften tatsächlich tun ist (vgl. unsere Bemerkungen zu Kuhn in der nächsten Vorlesung) **empirische Rätsel zu lösen**. So gesehen sind die heutigen Wissenschaften *viel besser* als die vor hundert oder fünfhundert Jahren. Aber diese höhere Güte lässt sich rein empiri(sti)sch erklären, ohne jeden Rückgriff auf (transempirische) Wahrheitsargumente
- Ist der wissenschaftliche Realismus also, angesichts der Argumente von van Fraassen und Laudan, endgültig tot?

Zwischenbemerkung: Zur Soziologie des wiss. Realismus

- Putnams „ultimate argument“ richtet sich implizit vor allem gegen Thomas Kuhns angeblichen Irrationalismus (vgl. die nächste Vorlesung)
- Es wurde 1975 publiziert, in einer Zeit also, in der solche ebenfalls als irrationalistische Angriffe empfundene Bücher wie Feyerabends *Against Method* und Bloor's *Knowledge and Social Imagery* (vgl. die nächsten beiden Vorlesungen) erschienen sind
- In einem vom Kalten Krieg auf der einen und der 1968er Protestgeneration auf der anderen Seite gekennzeichneten Klima hatte ein Teil der philosophischen und wissenschaftlichen *community* große Sehnsucht nach Sicherheit

- Dass Putnams Argumentation im „ultimate argument“ ohne konkrete Fallbeispiele auskommt und sich ganz global auf „die Wissenschaften“ bezieht könnte als Indiz gewertet werden, dass er mit dieser Argumentation hauptsächlich dieses Sicherheitsbedürfnis befriedigen und die Wissenschaft(sphilosophie) vor „Feinden der Wissenschaft“ wie Kuhn und Feyerabend bewahren wollte
- Eine Art von Rückfall in die Metaphysik wäre hier also die Reaktion auf die „historische Wende“ in der Wissenschaftstheorie gewesen.
- Bedeutet das aber, dass, aus heutiger Sicht, die gesamte Realismusdebatte bloß eine Debatte für oder gegen eine solche Instrumentalisierung von Sicherheitsbedürfnissen gewesen ist?
- Offensichtlich nicht!

Der wiss. Realismus ist tot: es lebe der wiss. Realismus!

- Auch wenn Putnams „ultimate argument“ mit den Einwänden von van Fraassen und Laudan erledigt scheint, hat sich an diese Einwände eine lange Reihe von Diskussionen geknüpft, in denen realistische Argumentationen versucht wurden, die sich nach beiden Seiten hin abgegrenzt haben
- Die **hitzigen Debatten der 1970er-Jahre** waren also **mit den anti-realistischen Argumenten van Fraassens und Laudans um 1980 tatsächlich erledigt**. Bloß hat die **eigentliche Realismusdebatte überhaupt erst in den folgenden Jahrzehnten stattgefunden!**

- Der Punkt bei all diesen Beiträgen zur Realismusdebatte (nach 1980) ist, dass anti-realistische Argumentationen wie die von van Fraassen und Laudan (geschenkt die Absurdität des „ultimate arguments“) **den Wissenschaften einfach nicht gerecht werden**, dass in bestimmten Punkten, die Wissenschaften ***mehr Realismus implizieren, als den schwächsten Realismus einer bloßen empiristischen truth to the phenomena***
- In gewissem Sinn könnte man also sagen, dass diese Beiträge (vielfach) **eher den Empirismus, im Stil van Fraassens, in Richtung Realismus *ausdehnen* als dass sie Putnams Realismus (in abgeschwächter Form) verteidigen wollten.**
- Wichtig ist dafür also, dass **van Fraassens *anti-Realismus* in einem bestimmten Sinn nicht *das Gegenteil* von einem Realismus ist:**

Wie realistisch ist der konstruktive Empirismus?

- Es ist extrem wichtig, klarzustellen, dass der konstruktive Empirismus **nichts zu tun hat mit einem „radikalen Konstruktivismus“**, demzufolge die Außenwelt eine Konstruktion ist
- Für van Fraassen (und praktisch alle anderen WT) existiert die Außenwelt, ihre Phänomene lassen sich messen und in objektiven Daten festmachen, was durch die Theoriegeladenheit der Beobachtung in keiner Weise eingeschränkt ist
- (Das Problem ist weniger die Theoriegeladenheit der Beobachtung als die Beobachtungsunabhängigkeit der Theorie!!)

- Die empirischen Phänomene sind, für van Fraassen und andere „anti-Realisten“, real, wir können Theorien mit ihnen konfrontieren und feststellen, ob diese den Phänomenen entsprechen oder nicht
- Zumal vor dem Hintergrund bestimmter surrealer Philosopheme („sind wir real“? „existiert dieser Tisch“? „ist die Welt ein Traum“?) **steckt also in diesem „anti-Realismus“ sehr viel Realismus**
- (Frage: vielleicht zu viel Realismus? Wie ist das mit einem Stein, der sich auf einem Planeten in einer 200 Mio. Lichtjahre entfernten Galaxie befindet?)
- Die wissenschaftliche Realismusdebatte fragt also im Prinzip nur, **ob der (in mancher Hinsicht sehr schwache) Realismus, den der konstruktive Empirismus repräsentiert, nicht in der einen oder anderen Weise zu einer stärkeren Spielart von Realismus modifiziert werden sollte.**

Spielarten des wissenschaftlichen (Anti-)Realismus

1. Entitätenrealismus (Ian Hacking)
2. Kausalrealismus (Nancy Cartwright)
3. Strukturenrealismus (John Worrall)
4. Natural ontological attitude (Arthur Fine)
5. Limitierung der Unterbestimmtheit (Richard Dawid)

1. Entitätenrealismus (Ian Hacking)

- In dieser Konzeption geht es *nicht* um die Frage der *Wahrheit* wissenschaftlicher Theorien, sondern ausschließlich um die Frage, ob sich theoretische Terme auf wirkliche Gegenstände beziehen
- Hacking sagt: JA, im Fall von Entitäten, die man experimentell manipulieren kann, Beispiel: Elektronen – „if you can spray them then they are real“ (1983, S. 23)
- Hacking sagt: NEIN, im Fall von Entitäten, wo diese Manipulation nicht möglich ist, Beispiele: Quarks, Strings
- Dehnt gewissermaßen van Fraassens Bereich des Sichtbaren bis hin zu den Elektronen aus
- Frage: ist das nun ein Realismus oder ein Antirealismus?

2. Kausalrealismus (Nancy Cartwright)

- Mit Hacking's Konzeption verwandt ist Nancy Cartwright's oben (Vorlesung 4) diskutierte Auffassung von *realen Kausalbeziehungen* in einer Welt von *instrumentellen Gesetzen*
- Cartwright folgt van Fraassen in der Auffassung des instrumentellen Charakters von Theorien
- Aber sie betrachtet (neben Steinen und Bäumen) Kausalbeziehungen als reale empirische Phänomene
- Können wir also eine eindeutige kausale Verbindung zu Gegenständen herstellen (vgl. Hacking: „if you can spray them ...“), dann sind sie real
- Frage: wie können Kausalbeziehungen *sichtbar* sein oder gemacht werden?

3. Strukturenrealismus (John Worrall)

- Diese Variante des Realismus wiederum stützt sich nicht auf Entitäten, sondern auf die Frage der *wissenschaftlichen Kontinuität*, ist also ein direktes Gegenargument zu Laudans pessimistischer Metainduktion
- Worralls Argument ist, dass zwar Theorien (und mit ihnen die ihnen zugrundeliegenden Ontologien) oft verworfen werden, dass dabei aber bestimmte strukturelle Setzungen, wie sie in mathematischen Formeln niedergelegt sind, konstant erhalten bleiben
- Beispiel: die Formeln, die den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit eines Körpers und der Lichtgeschwindigkeit beschreiben (im Vergleich Lorentzsche Äthertheorie vs. spezielle Relativitätstheorie)
- Frage: beweist der konstante Einsatz der selben (oder ähnlicher) theoretischer Instrumente die Wahrheit der damit formulierten Theorien?

4. Natural ontological attitude NOA (Arthur Fine)

- Wissenschaftler glauben zwar an die Wahrheit ihrer Theorien und damit auch an die Referenz theoretischer Terme, aber diese „natürliche ontologische Einstellung“ impliziert keinen Glauben an Konvergenz und stetiger Annäherung an eine übergeordnete Wahrheit
- NOA = Wahrheit wissenschaftlicher Theorien und Referenz theoretischer Terme, ohne dass diese Wahrheit und Referenz *in einem übergeordneten Rahmen* implizieren
- Es handelt sich um Wahrheit und Referenz ohne die metaphysischen Anteile des „ultimate arguments“
- Frage: worin unterscheidet sich diese (sich selbst als anti-realistisch verstehende) Position von denen von van Fraassen und Laudan?

5. Limitierung der Unterbestimmtheit (Richard Dawid)

- Dieses Argument steht im unmittelbaren Zusammenhang mit dem oben (in Vorlesung 5) behandelten „no alternatives argument“
- Wenn wir wissenschaftliche Theorien beurteilen, so gibt es eine Gruppe von über die empirische Adäquatheit hinaus gehenden Kriterien und Argumenten:
- Es geht dabei um den *theoretischen* Nachweis des Mangels an Alternativen zur aktuellen Theorie, der uns die „Limitierung der Unterbestimmtheit“ von Theorien ermöglicht
- Paradigmatisches Beispiel ist die String Theorie (mit ihren final theory claims u.dgl.), aber ähnliche Fälle existieren in anderen Wissenschaften

Lektüre zu dieser Vorlesung

Über Bayesianismus:

Martin Curd, J. A. Cover, Christopher Pincock, *Philosophy of Science*, ch. 4

Colin Howson & Peter Urbach: *Scientific Reasoning. The Bayesian Approach*, Chicago: Open Court, 2006.

Zur wissenschaftlichen Realismusdebatte:

Martin Curd, J.A. Cover, Christopher Pincock, *Philosophy of Science. The Central Issues*, ch. 9 (+7)

Bas van Fraassen, *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon Press, 1980.

Stathis Psillos, *Scientific Realism. How Science Tracks Truth*, London: Routledge, 1999.

Richard Dawid: „Underdetermination and Theory Succession from the Perspective of String Theory“, *Philosophy of Science* 73/3, 298-322.