

Alexander Scheidt



Warum-Frage und Typentheorie der Erklärung

Wie Neugier
das wissenschaftliche Denken formt

[transcript] Edition Moderne Postmoderne

Alexander Scheidt
Warum-Frage und Typentheorie der Erklärung

Edition Moderne Postmoderne

Editorial

Die **Edition Moderne Postmoderne** präsentiert die moderne Philosophie in zweierlei Hinsicht: zum einen als philosophiehistorische Epoche, die mit dem Ende des Hegel'schen Systems einsetzt und als Teil des Hegel'schen Erbes den ersten philosophischen Begriff der Moderne mit sich führt; zum anderen als Form des Philosophierens, in dem die Modernität der Zeit selbst immer stärker in den Vordergrund der philosophischen Reflexion in ihren verschiedenen Varianten rückt – bis hin zu ihrer »postmodernen« Überbietung.

Alexander Scheidt ist Philosoph und Professor für das Lehrgebiet Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Beratung, Qualitätsentwicklung und Organisation in kindheitspädagogischen Systemen an der Hochschule Bielefeld. Zu seinen Forschungsgebieten gehören die kognitive Entwicklung bei Kindern und der Einfluss von Neugier und sozialer Interaktion auf die Entwicklung wissenschaftlichen Denkens.

Alexander Scheidt

Warum-Frage und Typentheorie der Erklärung

Wie Neugier das wissenschaftliche Denken formt

[transcript]

Diese Veröffentlichung wurde aus Mitteln des Publikationsfonds für Open-Access-Monografien des Landes Brandenburg gefördert.

Eine erste Fassung wurde im Jahr 2021 von der Fakultät für Sozialwissenschaften und Philosophie der Universität Leipzig unter dem Titel »Warum-Frage und Typentheorie der Erklärung« als Dissertation angenommen.

Der Autor dankt Prof. Dr. Kristina Musholt, Prof. Dr. Frauke Hildebrandt und Prof. Dr. Thomas Bartelborth für die zahlreichen Anmerkungen und gedanklichen Anregungen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.dnb.de/> abrufbar.



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 Lizenz (BY-SA). Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell, sofern der neu entstandene Text unter derselben Lizenz wie das Original verbreitet wird.

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z.B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Erschienen 2024 im transcript Verlag, Bielefeld

© Alexander Scheidt

Umschlaggestaltung und Umschlagabbildung: Simon Palmieri

Lektorat und Korrektorat: Tanja Giese

Druck: Majuskel Medienproduktion GmbH, Wetzlar

<https://doi.org/10.14361/9783839465127>

Print-ISBN: 978-3-8376-6512-3

PDF-ISBN: 978-3-8394-6512-7

Buchreihen-ISSN: 2702-900X

Buchreihen-eISSN: 2702-9018

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit chlorfrei gebleichtem Zellstoff.

Inhalt

1. Einleitung	7
1.1 Erklärungstypen und Erkenntnistheorie	10
1.2 Probleme der Warum-Frage	18
1.3 Stand der Forschung und Erkenntnisziele	21
1.4 Methoden	26
1.5 Roadmap und Limitationen	35
2. Kindliche Warum-Fragen als Problem der Erkenntnistheorie	39
2.1 Die Entwicklungsauffassung des Geistes	41
2.2 Die Urteilstheorien von Locke und Piaget	50
2.3 Neuere Theorien zur fröhkindlichen Kognition	53
2.4 Warum-Fragen von Kindern	58
2.5 Der Sinn einer Warum-Frage	65
2.6 Typen der Erklärung	68
2.7 Der epistemische Sinn kindlichen Warumfragens	72
3. Empirische Betrachtungen zu Warum-Fragen von Kindern	75
3.1 James Sully: Kinder als Philosophen	77
3.2 Piagets Untersuchung kindlicher Warum-Fragen	81
3.3 Piagets Begriff der Vorkausalität	85
3.4 Zwei Aspekte von Kausalität	88
3.5 Exkurs: Galileos interventionistische Kausalitätstheorie	94
3.6 Anthropomorphismus und ein Mangel an Begründung?	95
3.7 Piagets naturalistischer Psychologismus	100
3.8 Epistemische Neugier	105
3.9 Nathan Isaacs Theorie kindlicher Warum-Fragen	107
3.10 Fragen von Kindern als Mechanismus der Theoriebildung	113
3.11 Fröhkindliches Warum und Typen der Erklärung	119

4. Warum-Frage und Erklärungsantwort	123
4.1 Fragen und epistemische Empathie	126
4.2 Fragen und die ostensiv-inferentielle Kommunikation	128
4.3 Konversationale Aspekte von Frage und Antwort	133
4.4 Level der Abstraktion	136
4.5 Aufforderung und Inhalt der Warum-Frage	139
4.6 Das Explanandum: Was wird eigentlich erklärt?	143
4.7 Die Sinnebenen des Warums an einem Beispiel	146
4.8 Objektive Erklärungsrelationen	151
5. Das deduktiv-nomologische Modell der Erklärung	153
5.1 Die objektive Relevanzrelation: Typadäquatheit	156
5.2 Die Intuition des D-N-Modells	162
5.3 Asymmetrie-Problem und Typadäquatheit	169
5.4 Anforderung an type-Erklärungen: Beweisbarkeit	178
5.5 Weitere Gegenbeispiele zum D-N-Modell	186
5.6 Das D-N-Modell als Erklärungstyp	192
6. Thaumázein	197
6.1 Kognitive Gefühle	200
6.2 Der mentale Zustand des <i>thaumázein</i>	205
6.3 Logik der Entdeckung	208
6.4 Glaubensgrade	213
6.5 Information und Überraschung	217
6.6 Neugier und Überraschungsgefühl	221
6.7 Das epistemische Warum	226
6.8 Einsteins Beispiel	230
6.9 Geometrie der Neugier	236
7. Schluss	239
8. Literatur	249

1. Einleitung

»Warum?

Das Wort ›warum‹ lebt und wächst eigentlich mit mir mit, seit ich ein kleines Kind war und noch nicht einmal richtig sprechen konnte.

Es ist bekannt, dass kleine Kinder nach allen Dingen fragen, weil ihnen fast alles noch unbekannt ist. Bei mir war das besonders stark der Fall, und nicht nur das, ich konnte es auch in späteren Jahren nicht lassen, von allen Dingen mehr wissen zu wollen.

Das war an sich nicht so schlimm, und ich kann auch nichts anderes sagen, als dass meine Eltern meine Fragen sehr geduldig beantworten, bis ... ich auch Fremde nicht in Ruhe ließ, und andere Menschen halten ›diese lästige Kinderfragerei‹ nicht aus.

Ich muss zugeben, dass es wirklich lästig sein kann, aber ich tröstete mich mit dem Gedanken, dass man durch Fragen klug wird, eine Redensart, die auch nicht ganz stimmt, denn dann hätte ich längst Professor sein müssen.

Als ich älter wurde, merkte ich, dass man längst nicht alle Fragen jedem stellen kann und dass es sehr viele Warums gibt, die nicht beantwortet werden können.

Die Folge davon war, dass ich versuchte, mir selbst zu helfen, indem ich über meine eigenen Fragen nachdachte. Und ich kam zu der wichtigen Entdeckung, dass Fragen, die man in der Öffentlichkeit nun mal nicht stellen kann oder darf, oder Fragen, die man nicht gut in Worte fassen kann, sehr gut innerlich gelöst werden können. Folglich hat mich das Wort ›warum‹ nicht nur fragen, sondern auch denken gelehrt.«

Anne Frank

Wir Menschen sind neugierig. Wir fragen *warum*? In der frühen Kindheit ist das Warumfragen besonders ausgeprägt: Immer wieder fordern wir unsere soziale Umwelt zum Erklären auf. Die Erklärungsantwort ist dann Ausgangspunkt der nächsten Warum-Frage. Oft führen Kinder diesen Warum-Regress (Lipton, 2004, 21) solange weiter, bis die Befragten mit ihrem Wissen nicht mehr weiterkommen:

»I vividly recall the moment it dawned on me that, whatever my mother's answer to my latest why-question [was], I could simply retort by asking ›Why? of the answer itself, until even my mother ran out of answers or patience.« (Lipton, 2004, 21–22)

Alison Gopnik (2016) beschreibt diese Episoden folgendermaßen:

»Everyone with a three-year-old has experienced this never ending ›why‹ conversation, the long chain of questions and answers that just seem to go on and on until the dread moment when you hear your own usually reasonable and patient voice say, ›Because I said so!‹« (Gopnik, 2016, 131)

Neugier und spontane Warumfragen sind für die frühe Kindheit typisch. Warum-Fragen sind aber auch Ausgangspunkt des wissenschaftlichen Denkens. Für Aristoteles etwa besteht Wissen darin, das Warum einer Sache zu erfassen:

»Da diese Studien um des Wissens willen [unternommen werden] und wir die jeweilige Sache nicht eher zu wissen glauben, als wir das jeweilige Warum erfasst haben (und dies ist das Erfassen der ersten Ursache), haben offenbar auch wir dies zu tun hinsichtlich Entstehen und Vergehen und aller natürlichen Änderung, um in Kenntnis ihrer Prinzipien bei dem jeweiligen Forschungsthema eine Zurückführung auf diese zu versuchen.« (*Physikvorlesung*, II 3, 194b18–23, Aristoteles, 2021, 57).

Nach Aristoteles (*Metaphysik*, I, 982b) betreiben wir Menschen Wissenschaft nicht um des Nutzens willen, sondern aus dem Gefühl der Ver-

wunderung: Weil die Menschen sich wunderten, zuerst über das Alltägliche und schließlich über die Gestirne und die Entstehung des Alls, begannen sie zu philosophieren. Platon (*Theätet*, 155d) und Aristoteles (*Metaphysik*, I, 982b) sehen in der Verwunderung – *thaumázein* – den Anfang aller Suche nach vernünftiger Erkenntnis.

Das Wundern über die Welt, die Neugier und das Warumfragen beim Denkprozess junger Kinder und intellektuell forschender Erwachsener sind uns so selbstverständlich, dass wir selten tiefer darüber nachdenken. Doch warum wundern wir uns? Warum fragen wir Menschen *warum*?

Mit der Metafrage ›Warum *warum*‹ treten zwei Probleme in den Blick. Das eine Problem entsteht mit der Frage, was das Ziel des menschlichen Warumfragens ist. Man könnte sagen: Das Ziel einer Warum-Frage ist es, eine Erklärung zu erhalten. Doch aus welchen spezifischen Gründen wollen wir eine Erklärung erhalten? Seit Aristoteles (*Physikvorlesung*, II 3, 194b26-a3) wissen wir, dass es verschiedene Arten und Weisen gibt, auf ein Warum zu antworten. Wenn es aber verschiedene Arten und Weisen des Erklärens gibt, was genau bestimmt in der Frage, welche Art der Erklärung wir mit der Frage einfordern?

Das andere Problem schließt sich unmittelbar an: Viele unserer Warum-Fragen können wir nur mit Erklärungen beantworten, die wir als wissenschaftlich bezeichnen. Die wissenschaftliche Erklärung wäre dann *eine* Art und Weise der Erklärung. Doch was bedeutet es genau, etwas wissenschaftlich zu erklären? Gibt es eine Abgrenzung zu nicht-wissenschaftlichen Erklärungen? Und schließlich: Warum suchen wir überhaupt nach wissenschaftlichen Erklärungen und geben uns nicht mit irgendwelchen Antworten zufrieden?

Mit diesen beiden Fragen, die aus der Metafrage ›Warum *warum*‹ hervorgehen, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit. Das Ziel meiner Untersuchung ist es, die Arten und Weisen der Erklärung, mit denen wir Warum-Fragen beantworten, begrifflich genauer zu bestimmen. Daraus entwickle ich eine Theorie der Erklärungstypen. Diese Theorie soll helfen, besser zu verstehen, was Erklärungen, insbesondere wissenschaftliche Erklärungen sind. Die Typentheorie differenziert verschiedene Formen der Erklärung und zeigt auf, wie sich diese in

Struktur, Funktion und Erklärungswert unterscheiden. Bei der Ausarbeitung dieser Differenzierungen wird deutlich, dass die angemessene Art und Weise der Beantwortung schon durch die Frage vorgegeben wird, sodass nicht alle Warum-Fragen auf die gleiche Art und Weise beantwortet werden können oder sollten. Vielmehr erfordert die Beantwortung – neben ihrer objektiven Wahrheit und Überprüfbarkeit – ein Verständnis oder eine empathische Einsicht in den mentalen Zustand, aus dem die Frage hervorgegangen ist.

Außerdem argumentiere ich, dass ein Verständnis der Warum-Frage und der unterschiedlichen Erklärungstypen nicht nur für die Wissenschaftstheorie und die kognitive Psychologie, sondern für die Erkenntnistheorie generell von grundlegender Bedeutung ist. Gerade der Verweis auf den mentalen Zustand der fragenden Person, ihre jeweilige Neugier, wirft die Frage auf, ob unsere Fragen und Erklärungen eher subjektiv-psychologischer Natur sind oder ob sie objektiv und empirisch in den physikalischen Bedingungen der Welt begründet sind. Es geht hier nicht um eine eindeutige Entscheidung für eine psychologische oder eine physikalische Deutung menschlicher Erkenntnis. Vielmehr möchte ich einen neuen Ansatz ausarbeiten, in dessen Zentrum die These steht, dass die Fähigkeit, ›Warum?‹ zu fragen und adäquate Erklärungen zu finden, uns überhaupt erst abstrakte Begriffe wie Wahrheit, Objektivität, Erkenntnis und Rechtfertigung und damit Wissenschaft ermöglicht. Wenn wir also die *erste Ursache* all unserer Begriffe und Theorien entdecken möchten, dann sollten wir unsere Aufmerksamkeit ganz auf den Punkt richten, aus dem diese hervorgehen: auf das Warum und seine verschiedenen Typen der Erklärung.

1.1 Erklärungstypen und Erkenntnistheorie

Viele unserer alltäglichen und wissenschaftlichen Warum-Fragen ähneln sich strukturell in der Art und Weise, wie wir sie beantworten. Obwohl sie unterschiedliche Themen zum Gegenstand haben, sind sie vom gleichen Typus. Fragen wir zum Beispiel, ›Warum ist das Fenster zerbrochen?‹ oder ›Warum sind die Dinosaurier ausgestorben?‹, dann

ist die Art und Weise der Beantwortung ähnlich. Wir erstellen hypothetisch – anhand unseres Vorwissens – eine Liste möglicher Ursachen. Wir nehmen diejenige als wahre Erklärung an, die uns am plausibelsten erscheint und die am besten mit den Fakten übereinstimmt. Zwar kann auch ein Zusammenspiel mehrerer Ursachen angenommen werden, aber letztlich ist unser Vorgehen derart, uns alternative Möglichkeiten vorzustellen, aus denen wir die beste Erklärung heraussuchen. Da wir eine Liste von Hypothesen erstellt haben, besteht bei dieser Art von Frage das Potenzial, die tatsächliche Erklärung sogar zu erraten.

Bei einem anderen Typ von Warum-Fragen können wir die Erklärung dagegen nicht potenziell erraten. Fragen wir zum Beispiel, ›Warum ist die Gestalt der Erde kugelförmig?‹, dann können wir die Erklärung nicht einfach aus einer Liste alternativer Hypothesen auswählen. Vielmehr benötigen wir zur Erklärung einen einzigartigen, abstrakten theoretisch-gesetzesartigen Zusammenhang. Erst durch die Entdeckung dieses Zusammenhangs können wir antworten, dass die Erde aufgrund der Schwerkraft und des hydrostatischen Gleichgewichts kugelförmig ist. Die exakte Erklärung in der Physik ist formal-geometrischer Natur. Sie wird dadurch intuitiv verstehbar. Zugleich ermöglicht uns diese Erklärungsweise exakte Vorhersagen, die mit unseren Beobachtungen übereinstimmen. Ein Teil unserer Warum-Frage zielt also auf abstrakte Erklärungen, die gesetzesartig, einzigartig und geometrischer Natur sind. Diese können wir nicht einfach aufgrund unserer Erfahrungen erraten, wir müssen sie vielmehr im Zusammenhang mit anderen Theorien mithilfe von Warum-Fragen entdecken oder erfinden (Weinberg, 1993).

Das erste erkenntnistheoretische Problem entsteht nun daraus, dass wir Menschen Warum-Fragen stellen, es aber nicht klar ist, was uns zu den komplexen wissenschaftlichen Fragen motiviert. Wie Aristoteles sagt, erfüllt die Suche nach wissenschaftlichen Erklärungen keinen unmittelbaren praktischen Zweck. Zwar kann man einwenden, dass wir uns durch Wissenschaft einen Überlebensvorteil verschaffen. Stephen Hawking (1988) zum Beispiel erklärt, dass die Evolution und das Prinzip der natürlichen Auslese unsere Fähigkeit zu richtigen Schlussweisen hervorgebracht hätten. Auf unsere Denk- und Urteilsfähigkeit könnten

wir uns daher bei der Suche nach einer vollständigen, einheitlichen Theorie verlassen. Jedoch scheint die Beschäftigung mit komplexen wissenschaftlichen Fragen nicht unbedingt etwas biologisch Zwingendes zu sein. Forschen und rationales Nachdenken sind freie Tätigkeiten. Wir betreiben Wissenschaft aus einem unbestimmten Gefühl der Neugier, dem wir folgen können oder auch nicht. Philip Kitcher (2004) argumentiert, dass wir Menschen nicht aus einer praktisch-instrumentellen oder psychologischen Notwendigkeit wissenschaftlich forschen, sondern vor allem aus Faszination an der Frage:

»When we view a completely pragmatic account of the sciences as inadequate, I think we're responding to this (almost?) universal human sense of curiosity« (Kitcher, 2004, 216).

Das Problem ist nun, diese freie wissenschaftliche Neugier begrifflich genau zu beschreiben. Behauptet man, dass es Neugier ist, die uns zu komplexen wissenschaftlichen Fragen antreibt, dann sollte man auch begründen, warum diese Neugier nur durch wissenschaftliche Verfahren und mit explizierten theoretischen Begriffen adressiert werden kann. Warum ist nur die wissenschaftliche Art und Weise des Erklärens für unsere komplexen Warum-Fragen angemessen? Warum sollten wir eine Warum-Frage mit abstrakten theoretischen Erklärungen beantworten?

Ein weiteres erkenntnistheoretisches Problem entsteht, wenn man fragt, auf welche Art von Erklärung die Fragen jüngerer Kinder abziehen, wenn sie spontan ›Warum?‹ fragen. Donaldson (1992) gibt folgende Dialogsequenz mit Jamie (3;11) wieder:

»Jamie: Why is it [the car] on that metal thing?

Adult: It's not metal, it's concrete.

Jamie: Why is it on the concrete thing?

Adult: Well, when it rains the ground gets soft and muddy, doesn't it?

[Jamie nods, bends down and scratches the dry earth.]

Adult: So the wheels would sink into the mud. But the concrete's hard, you see.

Jamie [excitedly]: But the concrete's soft in the mix! Why is it soft in the mix?«

(Donaldson, 1992, 44)

Expliziert man die Frage, wird das gedankliche Problem deutlich, das die Frage ausdrückt: ›Warum ist Beton *in the mix* flüssig, hat also die gleiche Eigenschaft wie Matsch, bleibt aber nach dem Erhärten dauerhaft fest?‹ Ein erkenntnistheoretisches Problem entsteht nun, wenn man überlegt, welche Art von Antwort generell mit einer solchen Frage vorausgesetzt wird. Wie ist die Frage gemeint?

Zwei Varianten lassen sich angeben. Zum einen könnte man sagen, es handelt sich um eine wissenschaftlich komplexe Frage. Die Frage wäre dann genau in dem komplexen Sinn zu verstehen, den man bei wissenschaftlichen Fragen voraussetzt. Erklärte man das Warum in Übereinstimmung mit einem Chemie-Lehrbuch, würde man das Konzept der Hydratation mithilfe atomarer oder molekularer Modelle beschreiben: Die Wassermoleküle bilden mit dem Kalziumsilikat eine feste Bindung. Darum weicht Beton nicht auf, wenn er nass wird. Zwar sollte die Frage, wenn sie von einem dreijährigen Kind gestellt wird, einfach und anschaulich beantwortet werden. Dennoch würde man voraussetzen, dass Jamie die zweite Frage in einem wissenschaftlichen Sinn stellt. Man unterstellt, dass das Kind mit der Frage ein wissenschaftliches Problem lösen möchte. Mit der Frage würde es etwa dazu auffordern, einen Sachverhalt im Rahmen empirisch prüfbarer Gesetzmäßigkeiten vorhersagbar zu machen (Carnap, 1966/1995, 12). Die wissenschaftliche Antwort ist dann zwingend für das Problem, das die Frage aufwirft.

Zum anderen könnte man aber auch sagen, dass Jamie die Frage einfach aus Neugier stellt. Es käme dann bei der Beantwortung nicht zwingend auf die Lehrbuchantwort an. Mit der Frage wurde vielleicht in erster Linie ein Gefühl der Verwunderung ausgedrückt. Vielleicht genügt es also schon, die Begeisterung Jamies einfach zu teilen, um die Frage zu adressieren? Die Frage selbst setzt dann keinen bestimmten Sinn voraus. Mit der Frage könnte das Kind einfach auf ein Phänomen aufmerksam machen, das zwar Gegenstand eines Gesprächs sein kann, das aber letztlich keiner besonderen wissenschaftlichen Erklärung bedarf.

Abhängig von den spezifischen Hintergründen und den Einstellungen der Gesprächspartner könnte jeder inhaltlich bezogene Text als Antwort genügen.

Kurz gesagt: Bei der ersten Variante wird unterstellt, dass das Kind weiß, was es fragt. Bei der zweiten wird unterstellt, dass es nicht weiß, was es fragt. Bei der ersten Variante gehen wir von einem objektiven und normativen Kriterium aus, das bestimmt, was als Erklärung der Frage gelten kann. Bei der zweiten Variante wird das Kriterium, das bestimmt, was als Erklärung gelten kann, von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, wie etwa dem Kontext und dem Hintergrundwissen der fragenden und antwortenden Person, ihrer Psychologie oder ihren soziokulturellen Bedingungen.

Beide Auffassungen bringen nun jeweils Probleme mit sich.

Geht man von einem objektiven und normativen Kriterium aus und behauptet man, dass Jamie die Frage in einem wissenschaftlichen Sinn stellt, dann setzt man voraus, dass das Kind schon in dem Moment, in dem es die Frage aufwirft, zumindest implizit über das Kriterium verfügt, was als wissenschaftliches Problem gelten kann und wie die Frage zu beantworten sei. Daraus entsteht aber die Schwierigkeit, wie ein solches Kriterium genau zu beschreiben ist. Darüber hinaus entsteht die Schwierigkeit, wie man begründen kann, dass auch dreijährige Kinder über ein solches Kriterium verfügen.

Geht man hingegen davon aus, dass der Kontext und die Dialogsituation die Art und Weise der Beantwortung bestimmen, dann stellt sich wieder das Problem, warum wir *überhaupt* bestimmte Warum-Fragen mit wissenschaftlichen Erklärungen beantworten sollten. Wenn man sagt, dass gleichlautende Warum-Fragen ganz unterschiedliche Bedeutungen haben können (je nachdem, wer sie in welchem Kontext stellt) und dass eine rationale Erklärung keinesfalls zwingend ist, dann sagt man letztlich auch, dass generell rationale Erklärungen weder objektiv noch zwingend sind. Man könnte dann die wissenschaftliche Erklärung frei unter anderen auswählen, weil die Gültigkeit einer Erklärung letztlich nur intersubjektiv und pragmatisch festgelegt würde. Diese Auffassung ist aber problematisch, weil mit ihr jede Erkenntnis-

unternehmung relativiert und generell Wissenschaft abgelehnt werden kann.

Die Probleme beider Auffassungen begleiten die Erkenntnistheorie schon seit ihren Anfängen. In Platons Dialog *Menon* werden sie zu einem vermeintlichen Paradox verschärft, formuliert in dem Satz,

»dass es also einem Menschen weder möglich ist, zu suchen, was er weiß, noch, was er nicht weiß; denn er würde ja wohl nicht suchen, was er weiß, – denn er weiß es ja, und für so jemanden ist eine Suche überflüssig – noch, was er nicht weiß, – denn er weiß ja nicht, wonach er suchen soll.« (Platon, *Menon*, 80d–e, 2018, 19)

Während Menon zunächst noch denkt, dass dies ein »schöner« Satz sei, weil man mit ihm streitsüchtig die Unmöglichkeit jeder wissenschaftlichen Untersuchung beweisen könnte, so ist für Sokrates genau das Gegenteil der Fall. Für Sokrates gewinnt man immer die Lösung eines Problems. Man muss nur ausdauernd nach ihr suchen. Da wir bereits die geometrischen Wahrheiten vor der Geburt geschaut hätten, seien Lernen und Untersuchen nichts anderes als ein Wiedererinnern. Der Mensch komme mit – implizitem – Wissen auf die Welt (Polanyi, 1983).

Platons Ideen sind eine mögliche Lösung für die beiden erkenntnistheoretischen Probleme: Nach Platon wissen wir, welche Erklärung jeweils angemessen ist, weil ein uns angeborenes mathematisch-geometrisches Wissen die Antwort schon beim Stellen der Frage vorgibt. Wir suchen wissenschaftliche Erkenntnis, weil wir unbewusst nach den Ideen streben, die uns angeboren sind. Die platonische Lehre vom Angeborensein des mathematisch-geometrischen Wissens hat aber einen Haken. Denn sie kann zwar erklären, warum wir objektiv-wissenschaftliche Erkenntnis haben können, sobald wir die richtigen Fragen stellen, und auch, warum uns die Lösungen für unsere gedanklichen Probleme als intuitiv richtig erscheinen. Aber sie kann nicht erklären, warum wir überhaupt erst eine Frage stellen müssen, um zu einer Erkenntnis zu kommen. Das ist die Kritik, die John Locke (1690/1975) formuliert.

Nach Locke dürfen wir nicht einfach dasjenige voraussetzen, was wir erst aus dem Bedürfnis der Vernunft heraus entdecken müssen (Lo-

cke, 1690, 1, II, §9/1975, 52). Denn wir können nicht einfach behaupten, dass wir über bestimmte logische Prinzipien von vornherein verfügen, ohne nicht auch zu zeigen, wie sich diese Prinzipien begründen. Um zu zeigen, wie der Mensch zu seinem logischen-mathematischen Wissen kommt, bedarf es für Locke daher einer empirischen Theorie der Erkenntnis, die zugleich auch eine Psychologie der geistigen Entwicklung in der frühen Kindheit ist. Tatsächlich löst Locke mit diesem Gedanken nicht nur die neuzeitliche Debatte der Erkenntnistheorie aus, wie sie von Leibniz in den *Nouveaux Essais* (1704/1999) aufgenommen wird. Locke begründet damit auch die Psychologie der Entwicklung, also ebenjene Disziplin, die sich mit dem Aufbau der kindlichen Denkstrukturen beschäftigt.

Jean Piaget (1973a) hat ausgehend von seiner Untersuchung des früh-kindlichen Warums – auch in kritischer Auseinandersetzung mit Locke und in Anlehnung an Kant – eine Erkenntnistheorie entwickelt, die er als genetische Erkenntnistheorie bezeichnet. Diese Theorie beschreibt den allmählichen Übergang von den ersten Empfindungen und Handlungen des Kindes über die Warum-Fragen hin zu den schlussfolgernden Schemata der formalen und empirischen Wissenschaften. Ähnlich wie für Leibniz (1704/1999) genügt Piaget die empiristische Theorie nicht. Der Verstand zeige vielmehr eine eigene Aktivität, die nicht allein durch das Empfangen von Sinnesdaten zu erklären ist. Das Warum sowie die Schemata wissenschaftlicher Erklärungen und logischer Begründung sind für Piaget jedoch nicht angeboren, sondern entwickeln sich im Laufe der Kindheit aus der biologischen Aktivität des Organismus. Das logisch-kausale Denken bilde sich in einer Stufenfolge heraus, die erst mit dem Eintritt in das Erwachsenenalter ihren Abschluss findet.

In der Erkenntnistheorie lassen sich so drei grundlegende Ansätze unterscheiden: den innatistischen, den empiristischen und den konstruktivistischen. Platon, Locke und Piaget sind jeweils Vertreter einer dieser Auffassungen. Immer geht es darum, zu erklären, wie Wissenschaft und rationale Erkenntnis zu rechtfertigen sind, um letztlich einen *archimedischen Punkt* (Putnam, 1982) zu finden, der als fester Bezugs-punkt wissenschaftliche Normen und Verfahren begründen kann. Doch wo liegt dieser Punkt? Begründen wir das wissenschaftliche Denken in

angeborenen logisch-geometrischen Strukturen? In der Psychologie? In der Biologie? In unseren sozialen und dialogischen Praktiken? Der Ansatz, dem in dieser Arbeit die Aufmerksamkeit gilt, besteht darin, den festen Bezugspunkt der wissenschaftlichen Methode in den Mechanismen des Fragens generell und in denen des Warumfragens im Besonderen zu suchen. Es geht also darum, die Gesetzmäßigkeiten und Dynamiken aufzudecken, die uns allgemein dazu bringen, dass wir wissenschaftliche Fragen stellen können und auch stellen sollen.

Der Gedanke, dass sich bestimmte Fragen regelrecht aufdrängen, findet sich bei Kant: Die menschliche Vernunft habe das besondere Schicksal, dass sie durch Fragen belästigt wird, die sie nicht abweisen kann; denn sie sind ihr durch die Natur der Vernunft selbst aufgegeben (KvV AVII/1998, 5). In dieser Untersuchung geht es jedoch nicht um die Fragen, welche die Vernunft *nicht* beantworten kann, sondern um die Fragen, deren Beantwortung uns von Anfang an als möglich erscheint. Dennoch argumentiere ich im Sinne von Kants Ansatz, nach dem die Verstandestätigkeit unsere Erkenntnis formt. Statt aber die Fragen als selbstverständlichen Ausdruck der Vernunft aufzufassen, soll die Natur der Vernunft mit der Fähigkeit des Warumfragens begründet werden. Vernunft und Wissenschaft entspringen demnach unserer Fähigkeit, nach Erklärungen zu suchen. Wenn wir die Metafrage ›Warum *warum?*‹ stellen, dann fragen wir also, welche empirischen Bedingungen und mentalen Zustände zu einer Warum-Frage führen. Zwei Aspekte sind es, die zur Beschreibung der Warum-Frage besonders geeignet erscheinen: Erstens das Gefühl der Neugier – Verwunderung oder *thaumázein* –, das uns in bestimmten Situationen Fragen auferlegt, die wir nur auf eine einzigartige Weise beantworten können. Zweitens die Situation des Dialogs, die durch das Hin und Her von Warum-Frage und Erklärung bestimmte logische Strukturen verlangt. Diese beiden Begriffe – Neugier und die Struktur der Erklärung – sollen in dieser Untersuchung präzisiert und für weitere Überlegungen zugänglich gemacht werden.

1.2 Probleme der Warum-Frage

Dass die Beschäftigung mit dem Metawarum zu erkenntnistheoretischen Problemen, aber auch zu Einsichten führt, wundert nicht, wenn man sich die Funktionen der Warum-Fragen im menschlichen Denken klarmacht. Warum-Fragen haben sowohl im Alltagsdenken als auch im formalen wissenschaftlichen Denken direkt damit zu tun, wie wir Menschen zu Wissen kommen. Mit dem Warum erfragen wir Theorien, kausale Abhängigkeiten und Wirkungen, Gründe oder Zwecke. Generell führt die logisch-semantische Beschreibung von Fragen – nicht nur den Warum-Fragen, sondern auch den Satzfragen und den Wie-, Was- und Welches-Fragen – zu abstrakten Gegenständen (Künne, 2007) wie Zahl, Menge, Proposition, Typ, Relation und Funktion (Belnap & Steel, 1976). Die Struktur von Frage und Antwort ist zentral für das menschliche Denken und ganz besonders für das vernünftige, wissenschaftliche Denken. Fragen sind Werkzeuge, um Ideen und Rechtfertigungen zu bewerten, Hypothesen aufzuwerfen und Experimente zu planen. Fragen sind Werkzeuge zur Wahrheit. Besonders die Warum-Fragen stehen für Neugier und wissenschaftliche Entdeckungsprozesse. Die Fokussierung auf Fragen und besonders auf die Warum-Fragen verspricht daher Einsichten zu erkenntnistheoretischen Problemen.

Betrachtet man die epistemologischen Debatten in der Geschichte der Philosophie seit der frühen Neuzeit, erkennt man aber, dass umgekehrt die Warum-Fragen selten explizit im Vordergrund standen. In der modernen Wissenschaftstheorie gab es zwar immer wieder Arbeiten zum Thema Warum-Frage und Erklärung (Hempel, 1965; Hempel & Oppenheim, 1948; Hintikka, 1981; Hintikka & Halonen, 1995; Koura, 1988; Pearl, 2018; Sintonen, 1999; Skow, 2016; Van Fraassen, 1980; Salmon, 1978). Auch wurde gefragt: Warum fragen wir *warum*? (Salmon, 1978). Und: Was wissen wir (über das), was wir nicht wissen? (Bromberger, 1992). Doch die Zahl solcher Arbeiten ist klein im Vergleich zu denen, die sich generell mit Problemen der Erkenntnistheorie beschäftigen und die das Fragen nicht in den Fokus rücken. Es entsteht der Eindruck, dass immer eher die Antworten im Zentrum des Interesses lagen und

das Warumfragen als eigenständiger Gegenstand eher eine Rolle im Hintergrund spielte.

Ein Grund für dieses Ungleichgewicht dürfte sein, dass gerade die Warum-Frage bei der Analyse Probleme macht. Das offensichtlichste Problem ist die Schwierigkeit, dass die Metasprache, mit der man das Phänomen Frage untersucht, ihrerseits Begriffe wie *Frage*, *Problem*, *Antwort* usw. gebrauchen muss. Es ist sprachlich daher nicht immer eindeutig, über welche Ebene man gerade spricht. Ein weiteres Problem ist, dass die Warum-Frage, wenn man sie auf sich selbst anwendet, zu einem unendlichen Regress zu führen scheint. Nicht nur kann man jede Antwort auf eine Warum-Frage mit einem weiteren Warum hinterfragen, man könnte auch das Metawarum unendlich weiterführen, was es gänzlich absurd macht (Salmon, 1978).

Das wohl größte Problem bei der Beschäftigung mit der Warum-Frage sind aber ihre Mehrdeutigkeiten. Warum-Fragen gelten als vage. Wie Belnap und Steel (1976) in ihrer Logik von Frage und Antwort bemerken, werden Warum-Fragen meist aus einem Gefühl des *vague puzzlement* gestellt. Dieses Gefühl des *vague puzzlement* mache die Warum-Frage zwar philosophisch interessant. Es sei aber auch der Grund für die Schwierigkeit, die Warum-Frage formal zu analysieren, denn – im Gegensatz zu den anderen Fragetypen – repräsentierten Warum-Fragen ihre Antwortmöglichkeiten nicht notwendigerweise in der Frage. Die komplexen wissenschaftlichen Warums lassen sich nicht einfach in eine Form bringen, die klarmacht, welche Erklärung die richtige ist, denn vorher müsste spezifiziert werden, was überhaupt als Erklärung auf die Frage gelten kann (Belnap & Steel, 1976, 86).

Dass das philosophische Nachdenken über das Warum selten explizit stattgefunden hat, dürfte aber auch in tradierten Vorbehalten gegenüber der Warum-Frage begründet liegen. Gerade die Philosophie der frühen Neuzeit grenzt sich von Aristoteles' Lehre der *aitiai* ab. Descartes (1642/2009) und Spinoza (1677/2015) betonen die physikalische Beziehung von Ursache und Wirkung. Für Francis Bacon (1620/2009, 281) ist die finale Erklärung, die Zweckursache, »nicht nur nutzlos, sondern für die Wissenschaften geradezu schädlich«. Lediglich Leibniz

(1714/2014) sieht alle Antwortmöglichkeiten auf das Warum noch in Harmonie miteinander.

Etwas unglücklich ist die Bezeichnung des finalen Erklärungstyps als *teleologisch*. Der Neologismus *Teleologie* wurde erst im 18. Jahrhundert von Christian Wolff eingeführt. Seine »Lehre von den Zielen« sollte die Physik vervollständigen, war aber ein Versuch, theologisches Denken in die Physik zu reimportieren (Buchenau, 2011). Vor allem die positivistische Tradition im logischen Empirismus zeigt sich auch wegen dieser Zuschreibungen skeptisch gegenüber der Warum-Frage (Carnap, 1966/1995). Ernst Mach (1906) und Pierre Duhem (1906/1991) erwägen sogar, die Begriffe Ursache und Erklärung ganz aufzugeben: Physik ziele nicht auf Ursachen, sondern auf abstrakte, mathematisch beschreibbare Gesetzmäßigkeiten. Bis heute wird immer wieder angeführt, dass das moderne wissenschaftliche Denken damit begann, dass Galileo das aristotelische Warum durch das empirische Wie ersetzt (Burtt, 1924/2003, 73).

Hinzu kommt, dass die Warum-Frage stark mit dem frühkindlichen Denken assoziiert ist. Gerade Jean Piaget (1923/1975, 1926/1988) hat das Warum jüngerer Kinder als ein primitives, naives, präkausales, teleologisches und metaphysisches Warum interpretiert. Eine »erwachsene« Wissenschaftsphilosophie musste sich von einem solchen Warum natürlich abgrenzen, wenn es ihr um die Explikation objektiver und normativer Kriterien wissenschaftlichen Erklärens gehen sollte. Das alltägliche Warum und die Warum-Fragen von Kindern seien daher ein Thema der Psychologie, aber keines der Wissenschaftstheorie (Hempel, 1965, 426).

Diese Skepsis gegenüber der Warum-Frage in der Wissenschaftstheorie auf der einen Seite und die offensichtliche Relevanz des Warum-fragens für die menschliche Kognition auf der anderen Seite bilden nun eine Motivation für diese Untersuchung. Gerade weil das Warum aus unterschiedlichen Gründen in der Erkenntnistheorie weniger beachtet wurde, lassen sich vielleicht gerade dort neue Entdeckungen machen.

1.3 Stand der Forschung und Erkenntnisziele

Mit dem Metawarum rücken zwei miteinander verwandte Probleme in den Vordergrund: Erstens das Problem der epistemischen Neugier. Zweitens das Problem der Angemessenheit der Erklärung.

Die erste Frage – das Problem der epistemischen Neugier – ist die Frage, wie zu begründen ist, dass uns die Vernunft Fragen auferlegt, deren Antworten komplexe theoretische Erkenntnisse verschaffen, die wir als wahr, universell und objektiv gültig erachten. Hierzu verfolgt die Untersuchung das Ziel, die Neugier der wissenschaftlichen Suche möglichst genau zu beschreiben und von anderen Typen der Neugier abzugrenzen.

Mit der Rede von Typen der Neugier wird impliziert, dass diese mit Typen von Erklärungen korrespondieren. Eine moderne Typentheorie der Erklärung wurde in der Wissenschaftstheorie bereits eingefordert. Van Fraassen (1980, 131–132) etwa erkennt in Aristoteles' Lehre der vier Erklärungstypen einen Ansatz, um bestimmte Probleme bei der Explikation des wissenschaftlichen Erklärungsbegriffs zu erhellen. Van Fraassens Theorie liefert zur Frage, wie unterschiedliche Erklärungstypen als Antworten auf unterschiedliche Arten des Warum-Fragens verwendet werden, wichtige begriffliche Unterscheidungen (van Fraassen, 1980, 141–142). Auch Kitcher (2004, 216; Grimm, 2008) gibt zu bedenken, dass es bestimmte Typen von Fragen sind, für die in der Wissenschaft Erklärungsantworten gesucht werden. Grimm (2008) zeichnet mit Bezug auf Kitcher (2004) die Umrisse einer solchen Typentheorie, wobei er diese aus verschiedenen Typen der Neugier ableitet. Er unterscheidet zwischen *prudential curiosity* und *epistemic curiosity*, wobei er die epistemische Neugier folgendermaßen charakterisiert:

»As a first approximation, we can try to capture the distinction as follows: whereas epistemic curiosity essentially responds to our sense of puzzlement, prudential curiosity responds to some basic prudential concern of ours (such as a concern for survival etc.), but not in a way that essentially involves a sense of puzzlement.« (Grimm, 2008, 737)

Der Ausdruck *sense of puzzlement* evoziert selbstverständlich den Begriff der Verwunderung, *thaumázein*, der schon Platon und Aristoteles als Ausgangspunkt aller Vernunfttätigkeit galt. Doch auch in der modernen Psychologie wird der Typ der epistemischen Neugier besonders hervorgehoben. Berlyne (1954) etwa unterscheidet die epistemische Neugier von der perzeptuellen Neugier, der Suche nach neuen Sinnesreizen. Die epistemische Neugier hingegen drückt sich in Fragen aus (Inan, 2017). Ein Ziel dieser Untersuchung ist nun, die epistemische Neugier als ein kognitives Gefühl hinreichend zu beschreiben, um zu zeigen, wie ein solches Gefühl entsteht und wie aus einem solchen Gefühl komplexe Warum-Fragen hervorgehen, die nur mit einzigartigen, theoretisch-gesetzesartigen Zusammenhängen adressiert werden können.

Die zweite Frage – das Problem der Angemessenheit der Erklärung – ist die Frage, wie es zu erklären ist, dass mit dem Wörtchen *warum* ganz unterschiedliche Operationen angefragt werden können. Wir können zum Beispiel sowohl Begründungen als auch kausale Erklärungen damit erfragen (Salmon, 1978). Daher möchte ich hier die verschiedenen Sinnebenen der Warum-Frage identifizieren und das versteckte Kriterium explizieren, welcher Typ von Erklärung für das jeweilige Warum angemessen ist. Das ist insofern relevant, da die Sinnunterschiede des Warums für die Explikation des wissenschaftlichen Erklärungsbegriffs Schwierigkeiten bereiten. Letztlich führten diese Schwierigkeiten in der Wissenschaftstheorie zum Disenss darüber, ob überhaupt hinreichend allgemeine, abstrakte und strukturelle Elemente rationalen Erklärens expliziert werden können.

Vereinfacht gesagt stehen sich in der Wissenschaftstheorie die pragmatischen und traditionellen Ansätze gegenüber (Woodward & Ross, 2021). Traditionelle Ansätze vertreten eine normative, an objektiven Kriterien orientierte Erklärungsauffassung und halten die Explikation struktureller Elemente für möglich und für geboten. Idealtypisch für diese Auffassung ist das Hempel-Oppenheim-Schema, auch als deduktiv-nomologisches Modell der Erklärung bezeichnet, kurz D-N-Modell (Hempel & Oppenheim, 1948; Hempel, 1965). Nach Hempel und Oppenheim (1948) muss eine Antwort auf eine Warum-Frage dem Schema eines deduktiven Schlusses entsprechen, wobei mindestens eine Prämisse ein

empirisches Gesetz enthält. Ganz im Sinne der Grundüberzeugungen des logischen Empirismus folgt eine wissenschaftliche Erklärung einem Inferenzschema, dessen Sätze mit der Beobachtung übereinstimmen. Das D-N-Modell ist einfach und elegant. Es schien perfekt geeignet, die Warum-Frage von ihrer metaphysischen Aura zu befreien und für die Physik annehmbar zu machen.

Wie sich aber bald herausstellte, ist das klassische D-N-Modell anfällig für Gegenbeispiele. Beim Hempel-Oppenheim-Schema kann man die Erklärungsrichtung nicht ohne Weiteres umkehren, obwohl dies von der logischen Form her möglich sein sollte. So erklärt etwa der Luftdruck den Anzeigewert am Barometer, aber umgekehrt der Wert der Barometeranzeige nicht den Luftdruck. Diese sogenannte Erklärungsasymmetrie lässt sich an vielen weiteren Beispielen zeigen: Die Höhe eines Turms erklärt die Länge des Schattens, aber umgekehrt erklärt die Länge des Schattens nicht die Höhe des Turms (Bromberger, 1966; Salmon, 1989). In der Wissenschaftstheorie wurden wegen dieses und anderer Probleme des Hempel-Oppenheim-Schemas alternative Ansätze entwickelt, um die relevante Beziehung zwischen Explanandum, der zu erklärenden Frage, und dem Explanans, der erklärenden Antwort, zu bestimmen. Salmon (1984, 19) etwa definiert die Relevanzbeziehung als eine kausale. Wissenschaftlich erklären bedeutet demnach, die kausal relevanten Prozesse und Interaktionen für das zu erklärende Ereignis anzugeben (Hitchcock, 1995; Salmon, 1984, 275).

Tatsächlich haben die kausalen Theorien der Erklärung keine Schwierigkeiten mit der Erklärungsasymmetrie. Doch sie haben ihre eigenen Schwierigkeiten. Denn wissenschaftliches Erklären ist nicht immer auf kausale Zusammenhänge angewiesen. Evident wird dies zum Beispiel bei logischen Begründungen und mathematischen Beweisen. Auch diese haben zweifellos erklärenden Charakter, aber sie werden in der Regel nicht als kausale Mechanismen verstanden. Wichtig ist zu betonen, dass der Kausalitätsbegriff heute eine präzise Beschreibung gefunden hat: Es existieren ausgearbeitete Theorien kausaler Erklärungen (Cartwright, 1979; Lewis, 1986; Pearl, 2009; Woodward, 1997). Dennoch kann man begründet behaupten, dass nicht jede wissen-

schaftliche Erklärung eine kausale Erklärung im Sinne dieser Theorien ist.

Grundsätzlich ergibt sich so generell ein Problem für das objektiv-normative Programm. Nimmt man für die Relevanzbeziehung objektive Kriterien wie Kausalität oder nomologisches Herleiten an, dann lassen sich zwar wissenschaftliche Erklärungen damit beschreiben, aber es finden sich leicht Gegenbeispiele, sodass die objektiven Kriterien als nicht hinreichend erscheinen (Achinstein, 2010, 137).

Der alternative Ansatz besteht dann darin, die relevante Beziehung zwischen Frage und Erklärung pragmatisch zu bestimmen. Pragmatische Ansätze stellen subjektive Faktoren wie individuelle Interessen und Überzeugungen in den Vordergrund und beziehen den jeweiligen Kontext des Warums ein (Woodward & Ross, 2021). So geht van Fraassens (1980) in seiner Theorie der wissenschaftlichen Erklärung davon aus, dass das Kriterium für die Adäquatheit wissenschaftlicher Erklärungen vom Kontext und vom Hintergrundwissen abhängig ist. Je nachdem, worauf die fragende Person neugierig ist, ist dann einmal diese und einmal jene Erklärung adäquat. Das Kriterium wissenschaftlicher Erklärungen lässt sich für van Fraassens so als »the respect-in-which a reason is requested« (van Fraassens, 1980, 142) interpretieren.

Das Problem nämlich, wie eine Warum-Frage wie die von Jamie zu interpretieren sei, stellt sich ganz ähnlich in der Wissenschaftstheorie. Wenn es ein Kriterium für die relevante Beziehung zwischen Warum und Erklärung gibt (wie es die traditionellen Ansätze annehmen), wie ist dieses Kriterium über den Kausalitätsbegriff hinaus genau zu bestimmen? Darauf gibt es bisher keine überzeugende Antwort. Nimmt man aber an, dass jenes Kriterium durch den Kontext und von den miteinander dialogisierenden Personen festgelegt wird, wie lässt sich dann die Normativität wissenschaftlichen Denkens allgemein begründen? Kitcher und Salmon (1987) etwa bemerken zu den pragmatischen Ansätzen, dass durch das Unbestimmtlassen der relevanten Beziehung, Erklärungen immer nur relativ zur fragenden Person erfolgen. Die Erklärung erfülle auf diese Weise immer nur ein rein subjektives Wissensbedürfnis. Genau deshalb bleibe aber offen, wie eine subjektive

Erklärungsrelation von einer genuin wissenschaftlichen Erklärungsrelation abzugrenzen ist.

Um einen Ansatz für die beiden Probleme des Metawarums zu entwickeln – dem Problem der epistemischen Neugier und dem Problem der Angemessenheit der Erklärung –, folgt die Untersuchung nun einer Anregung Woodwards (2021, Fußnote 27): Statt das Erklärungskriterium durch Verweis auf einen Kontext und die intersubjektive Psychologie vollständig zu *relativieren*, kann es auch *de-relativiert* werden, indem explizit gemacht wird, wie das fragliche Kriterium vom Kontext abhängt. Anders ausgedrückt: Die scheinbare Kontextabhängigkeit kann auch dadurch entstehen, dass das relevante Kriterium nicht explizit gemacht wurde.

Was ist nun dieses bisher verborgene relevante Kriterium der Erklärungsbeziehung? Hier kommt die Rede der Erklärungstypen ins Spiel, die seit Aristoteles' Unterscheidung der *aitiai* immer präsent war. Die Explikation verschiedener Sinnebenen des Warumfragens oder Typen der Erklärung ermöglichen es, auf den kognitiven Prozess, der zur Frage führt, rückzuschließen. Eine Warum-Frage ist dann immer in einem bestimmten Sinn gemeint (auch wenn dieser Sinn der fragenden Person nicht notwendigerweise bewusst sein muss). Diese Sinnebenen sind aber weder beliebig noch unbeschränkt mannigfaltig. Sie sind vielmehr eindeutig und in ihrer Variation begrenzt. Das bisher verborgene Relevanzkriterium, also das, was die Angemessenheit einer Erklärung bestimmt, lässt sich durch die Beschreibung der Typen auf verschiedene Weisen identifizieren, wobei ich es an dieser Stelle noch unspezifisch als einen *Grad der Verwunderung* oder *Typ der Neugier* bezeichne. Im Lauf der Untersuchung zeigt sich aber, dass es präziser als *Modus des Urteils* zu fassen ist, mit dem ein Sachverhalt mit einem Warum hinterfragt wird und das den jeweiligen Erklärungstyp vorbestimmt.

Die Unterscheidung von Erklärungstypen allein liefert aber noch keine Begründung für die Objektivität wissenschaftlicher Erklärungen. Das Kriterium der Angemessenheit der Erklärung verlangt daher auch einen Erklärungstyp, der vor allen anderen und im besonderen Maße das wissenschaftliche Denken auszeichnet. Es braucht eine Hierarchie der Typen, die sich in ihrem Erklärungswert unterscheiden. Ansonsten

wäre die Theorie der Typen rein deskriptiv. Die epistemische Neugier ist aber objektiv in dem Sinne, dass sie nicht nur die wahre Erklärung einfordert, sondern für bestimmte Fragen auch eine einzigartige, abstrakt mathematisch-geometrische Erklärungsweise. Es handelt sich dabei um jenen Modus des Warums, der komplexe, theoriebezogene Erklärungen verlangt. Dieses Warum ist der universale Typ des Warums. Die anderen Typen hingegen können mit der Psychologie oder der Situation der fragenstellenden Person variieren.

Die Typenhierarchie garantiert, dass beim universalen Typ das Relevanzkriterium vollständig vom Kontext und der persönlichen Psychologie abgelöst werden kann. Das epistemische Warum (das komplexe Warum) markiert so innerhalb der Neugier einen *archimedischen Punkt*, der unser Warumfragen auf ein kontextunabhängiges Kriterium spezifiziert, das hinreichend allgemein, abstrakt und ›strukturell‹ in dem Sinne ist, dass es für eine Reihe von Erklärungen mit unterschiedlichen Inhalten und in einer Reihe von unterschiedlichen Kontexten gilt (Woodward & Ross, 2021). Dessen Struktur wird dann in einem kognitiven Gefühl – der *Verwunderung* – aufgezeigt, indem dieses Gefühl und seine auslösenden Bedingungen möglichst genau beschrieben werden. Dieses Gefühl ist es, das *uns Fragen auferlegt*, die wir im Dialog nur in abstrakt wissenschaftlicher Weise beantworten können.

1.4 Methoden

Der erste methodische Ansatz dieser Arbeit beruht darauf, das Warum nicht nur als den Grund wissenschaftlichen Denkens, sondern auch als Teil des Alltagsdenkens zu verstehen. Angenommen wird also eine Kontinuität zwischen dem Alltagsdenken und dem formaleren Wissenschaftsdenken. In dieser Arbeit untersuche ich daher neben der Logik und Semantik der Warum-Fragen im Hinblick auf wissenschaftliche Erklärungen zunächst die Psychologie des Warums in der alltäglichen Dialogsituation. Die Warum-Fragen von Kindern im Alter zwischen drei und sieben liefern dafür relevante Beispiele, denn die wissenschaftliche

Neugier von Kindern ist nicht nur ein sprichwörtliches Phänomen. Susan Isaacs (1931) begründet es so:

»But the behavior of intelligent young children in fact suggests that, at a very much earlier age than is usually supposed, they are actually reaching out themselves to a view of the world which, when it is fully developed and articulated, can only be called a scientific one.« (Isaacs, 1931, 178)

Das Bild vom *Kind als Wissenschaftler* ist in den letzten Jahren in der Kognitionspsychologie immer wieder verwendet worden, um das früh-kindliche Lernen zu beschreiben (Gopnik, 1996). Die *Child-as-Scientist*-Theorie (Goddu & Gopnik, 2022; Gopnik, 2012; Gopnik & Meltzoff, 1998; Karmiloff-Smith, 1988; Karmiloff-Smith & Inhelder, 1974) oder, etwas allgemeiner, die *Theorie-Theorie* der kognitiven Entwicklung (Carey, 1985) beschreiben die kognitive Entwicklung in der frühen Kindheit als einen Forschungs- und Theoriebildungsprozess. Keil (2022) argumentiert in seinem Buch *Wonder – Childhood and the Lifelong Love of Science*, dass wir alle mit der Fähigkeit zur *Verwunderung* geboren werden. Diese Fähigkeit ermöglicht es uns von frühester Kindheit an, auf natürliche Weise intuitiv Wissenschaft zu betreiben.

Der *Child-as-Scientist*-Ansatz ist in der Forschungspraxis eng an wissenschaftstheoretische Bezüge angelehnt. Vor allem die interventionistische Auffassung kausaler Inferenz (Pearl, 2009; Woodward, 2003) liefert Modelle für verhaltenspsychologische Experimente (Gopnik, 2022). Computationale Ansätze wie etwa der bayesianische Wahrscheinlichkeitsbegriff und die shannonsche Informationstheorie, die auch für wissenschaftstheoretische Debatten zentral sind, sind für die empirische Erforschung frühkindlichen Denkens weitere wichtige Bezugspunkte (Gopnik et al., 2004a; Ruggeri & Feufel, 2015). Wenn wir mit Hempel (1965, 333) feststellen, dass die Motivation jeder wissenschaftlichen Unternehmung in der reinen intellektuellen Neugier liegt, dann erscheint es angebracht, angesichts seiner Verwendungsweise in der heutigen kognitiven Psychologie der Kindheit vom *Kind als Wissenschaftler* zu sprechen.

Für eine Untersuchung der Warum-Frage im Alltagsdenken sind die spontanen Warum-Fragen von Kindern besonders ergiebig. Studien zeigen, dass die Motivation kindlicher Fragen aller Evidenz nach die Suche nach kausalen und begründenden Informationen ist (Berlyne & Frommer, 1966; Chouinard, 2007; Chu & Schulz, 2018; Frazier, Gelman & Wellman, 2009, 2016). Generell scheinen die Neugier und das Frageverhalten jüngerer Kinder ebenso wie das adäquate Antworten ihrer Bezugspersonen eine zentrale Rolle beim Begriffsaufbau und bei der sprachlich-intellektuellen Entwicklung zu spielen (Chouinard, 2007). Darüber hinaus sind die Grundprobleme der Erkenntnistheorie immer auch Probleme der kognitiven Psychologie der Kindheit. Das vermitteln bereits die Untersuchungen zu den frühkindlichen Warum-Fragen von Sully (1896), Piaget (1923/1975) und Isaacs (1930), aber auch die neuere empirische Forschung (Carey, 1985; Gopnik et al., 2004a; Gopnik, 2012; Gopnik & Meltzoff, 1998; Gopnik & Wellman, 2012; Karmiloff-Smith, 1988). Es liegt daher nahe, die kindlichen Warum-Fragen in die Untersuchung einzubeziehen. Die hier anfangs gewählte Methode entspricht also derjenigen Piagets (1923/1975, 1926/1988), der ebenfalls aus einem erkenntnistheoretischen Interesse die Warum-Fragen jüngerer Kinder erforscht.

Jedoch gehe ich in meiner Untersuchung von anderen Prämissen aus als Piaget. Nach seiner Auffassung fehlt jüngeren Kindern die Fähigkeit zum kausalen und begründenden Denken. Für Piaget sind die frühkindlichen Warum-Fragen Ausdruck einer Grundverwunderung, diese hat jedoch keinen kausal-wissenschaftlichen Sinn. Die kindliche Sprache, so Piaget, sei »statisch, d.h. deskriptiv und weit davon entfernt, die Ursache für ein Phänomen darzulegen« (Piaget, 1923/1975, 32). Es ist für Piaget zum Beispiel undenkbar, dass jüngere Kinder mit ihren Warum-Fragen nach Begründungen suchen (Piaget, 1923/1975). Solche begründungssuchenden Fragen lauten – explizit formuliert – etwa ›Warum denkst du, ist es wahr, dass ...?‹ oder ›Warum behauptest du als wahr, dass ...?‹ und erfordern eine Beantwortung gemäß argumentativ-deduktiver Strukturen. Da sich für Piaget diese Strukturen erst stufenweise im Individuum im Verlauf der Kindheit entfalten müssen, tauchen sie nach seiner Theorie erst spät in der Entwicklung auf.

In dieser Arbeit versuche ich jedoch zu zeigen, dass Piagets Argumentation in Bezug auf die frühkindlichen Warum-Fragen kaum schlüssig ist und auch den neueren empirischen Befunden widerspricht. Am Alltagswarum der natürlichen Fragen jüngerer Kinder wird vielmehr deutlich, dass gerade in den Dialogsituationen bereits unterschiedliche Sinnebenen des Warums und verschiedene Typen des Erklärens vorausgesetzt werden müssen. Die Sinnebenen sind also nicht – wie Piaget meint – bei jüngeren Kindern vermischt oder allein dem finalen Typ zuzurechnen. Es ist zwar durchaus plausibel anzunehmen, dass der Grund der Frage oder das gedankliche Problem hinter der Frage jüngeren Kindern metakognitiv nicht zugänglich ist (Carruthers, 2017, 2018). Dreijährige Kinder können nicht unbedingt erklären, wie ihre Frage gemeint ist und was ihnen als angemessene Antwort gelten könnte. Kennzeichnend für das frühkindliche Denken ist mehr eine fragende Haltung, die sich als Zustand der Verwunderung oder des Puzzlements ausdrückt. Doch dieser Zustand ist bei genauerer Betrachtung nicht an sich undifferenziert und vage, sondern korrespondiert mit den gleichen Strukturen, die auch die abstrakten wissenschaftlichen Erklärungen auszeichnen. Auch zeigt sich, dass jüngere Kinder auch Fragen stellen, die begründungssuchend sind und damit auf argumentativ-deduktive Strukturen zielen. Piagets Theorie, nach der sich die abstrakten Denkfunktionen sowie die Erklärungstypen erst in einer Stufenentwicklung herausbilden, kann daher bezweifelt werden. In meiner Untersuchung kindlicher Warum-Fragen soll hingegen deutlich werden, dass die Differenzierung von Sinnebenen schon bei den kindlichen Warum-Fragen vorausgesetzt werden muss.

Die Identifikation der jeweiligen Sinnebene einer Warum-Frage in Alltagsdialogen führe ich anschließend methodisch weiter, indem ich zeige, dass die Typisierung auch auf die klassischen Beispiele in der Erklärungsdebatte in der Wissenschaftstheorie übertragen werden kann, etwa auf das Turm-Schatten-Beispiel, das immer wieder als Gegenbeispiel zum D-N-Modell angeführt wurde. Hinsichtlich der Differenzierung von Typen unterscheiden sich die alltäglichen Warums jüngerer Kinder und wissenschaftlich forschender Erwachsener nämlich nicht. Auch in der logisch-semantischen Untersuchung wird also

deutlich, dass verschiedene Sinnebenen ein zentrales Kennzeichen von Warum-Fragen und der mit ihnen korrespondierenden Erklärungstypen sind. In erklärungssuchenden Dialogen im Alltag geht es häufig gerade darum, das gedankliche Problem hinter der Warum-Frage zu entschlüsseln, um es durch eine Erklärung adäquat aufzulösen. Genau diese Offenlegung der Sinnebene des Warums ist aber auch bei den wissenschaftlichen Warum-Fragen geboten. Denn der Typ der Erklärung verändert sich je nachdem, welches Problem in der Frage vorausgesetzt wird.

Dadurch tritt bei den wissenschaftstheoretischen Lehrbuchbeispielen ein Aspekt in den Vordergrund, der in den traditionellen Erklärungsansätzen der Wissenschaftstheorie zurückgewiesen wurde, nämlich der Aspekt des Verstehens. Kurz gesagt: Wir müssen verstehen, wie die Frage gemeint ist, um das Warum adäquat zu erklären. Dieser Verstehensaspekt stärkt allerdings überraschenderweise die traditionellen Erklärungsansätze. Das objektive und normative Kriterium, welcher Erklärungstyp relevant ist, ergibt sich jeweils aus der Sinnebene der Frage. Mithilfe der Differenzierung von Typen lässt sich dann auch die Anfälligkeit für Gegenbeispiele des klassischen D-N-Modells auflösen. Wird der Sinn der Frage explizit gemacht, sind entweder kausale oder deduktiv-nomologische Erklärungen relevant.

In der traditionellen, am logischen Empirismus orientierten Wissenschaftstheorie hatte der Aspekt des Verstehens jedoch einen schweren Stand:

»Great caution must be exercised when we say that scientific explanations have value in that they enable us to understand our world, for *understanding* is an extremely vague concept. Moreover—because of the strong connotations of human empathy the word ›understanding‹ carries—this line can easily lead to anthropomorphism.« (Salmon, 1989, 127)

Tatsächlich hat das Verstehen, warum eine Warum-Frage gestellt wurde, etwas mit Empathie zu tun, mit der Fähigkeit, die Perspektive der fragenden Person einzunehmen und zu erkennen, auf welchen Typ von

Erklärung die Frage zielt. Wieso aber soll Empathie nach Salmon zu Anthropomorphismus führen?

Der Grund liegt in bestimmten positivistischen Annahmen innerhalb der Wissenschaftstheorie. Die Skepsis gegenüber der Warum-Frage war auch darin begründet, dass ein Teil der Warum-Fragen als Fragen nach einem ›Sinn‹ oder nach ›Absichten‹ interpretiert werden können. Solche *finalen* Warum-Fragen zielen auf ein Verstehen von Handlungsgründen (›Warum geht man spazieren? – ›Damit man gesund bleibt.‹ (Aristoteles, *Physikvorlesung*, II 3, 194a3)). Zu Anthropomorphismen kommt es dann, wenn solche Zuschreibungen von Intentionen und menschlichen Zwecken generell als einzige Sinnebene des Warums erscheinen. Spinoza beschreibt diesen Zusammenhang in einem Abschnitt seiner *Ethik*:

»Es folgt zweitens, daß Menschen alles um eines Zweckes willen tun, nämlich um ihres Vorteils willen, auf den sie aus sind. Daher kommt es, daß sie immer nur die Zweckursachen des einmal Vollbrachten zu wissen wünschen und zufrieden sind, sobald sie sie vernommen haben, sehen sie doch keinen Anlaß, sich hier weitere Fragen zu stellen.« (Spinoza, 1677/2015, 87)

Gerade weil uns finale oder ›teleologische‹ Erklärungen eines Warums durch Handlungsbegründungen vertraut sind, können sie suggestiv plausibel im Sinne von Pseudo-Erklärungen erscheinen, die keine tieferen, wissenschaftlichen Fragen mehr zulassen (Hempel, 1942). Phänomene ausschließlich in Bezug auf menschenähnliche Zwecke zu erklären ist daher anthropomorphistisch.

Die berechtigte Skepsis gegenüber ›teleologischen‹ Pseudo-Erklärungen sollte jedoch nicht zu der Auffassung führen, dass Empathie und Verstehen keinen Platz in wissenschaftstheoretischen Erörterungen zur Warum-Frage hätten. Im Gegenteil: Das Heraushalten des Verstehensaspekts ist für eine allgemeine Theorie der Erklärung schädlich. Denn Verstehen bedeutet nicht nur, Handlungen zu verstehen, sondern auch Positionen und Begründungen. Die logischen Begründungen sind aber ein wichtiger Erklärungstyp und für die menschliche Rationalität un-

entbehrlich. Insbesondere das D-N-Modell der Erklärung ist auf die beweisartigen Strukturen in Erklärungen angewiesen.

Piagets Theorie wäre daher ein schlechter Bezugspunkt für eine an normativen und objektiven Erklärungskriterien interessierte Theorie. Denn für Piaget erklärt sich der angebliche Anthropomorphismus des Kindes daraus, dass Kinder das Warum nur in jenem Handlungssinn begreifen würden, während die anderen Sinnebenen, wie das deduktive Herleiten oder die kausale Abhängigkeit, beim Kind noch nicht ausdifferenziert seien (Piaget, 1923/1975). Indem Piaget aber sowohl das kausale als auch das begründungssuchende Warumfragen bei jüngeren Kindern bestreitet, bestreitet er implizit auch die generelle Bedeutung des Dialogs für das normative Verhältnis von Warum-Frage und adäquater Antwort. Durch das Ausblenden der Verstehensaspekte fallen dann auch die Kriterien von Beweis und Rechtfertigung heraus. Genau diese sind für eine klassische Erklärungsauffassung im Sinne des D-N-Modells aber von Bedeutung. Weist man jedoch – irrtümlicherweise mit Verweis auf Piagets Theorie – die Alltagspsychologie von Warum und Erklärungsantwort zurück, dann entgehen einem auch die feineren Relationen, welcher Typ von Erklärung jeweils angemessen ist. Die Unterschiede zwischen kausalen und formalen Erklärungsrelationen bleiben dann unexpliziert.

Die Ablehnung der Verstehensaspekte in der positivistisch geprägten Wissenschaftstheorie hat aber noch einen weiteren Grund. Mit dem Begriff des Verstehens geht auch das Konzept der Verständnisunterschiede einher. Hempel (1965) nennt als Beispiel, dass ein mathematischer Beweis den Gelehrten als elegant erscheint, während er für die Laien nichtssagend ist (sie haben den Beweis nicht verstanden). In der traditionellen Auffassung des Erklärungsbegriffs galt die Verstehensdimension daher zusätzlich als problematisch. Da das individuelle Verständnisvermögen von Individuum zu Individuum variieren kann, verbiete sich für die objektiven Wissenschaftsdisziplinen ein psychologisches Konzept von Erklärung, so etwa Hempel. Es gehe nicht darum, wie eine richtige Erklärung am besten für welches Level der Expertise verstehbar wird, sondern darum, die objektive Erklärungsrelation zu

explizieren, ohne Rückgriff auf die Personen, welche die Erklärung entgegennehmen (Hempel, 1965).

Man kann Hempel hier jedoch widersprechen. Auch wenn es Verständnisunterschiede bei Menschen gibt, bedeutet das nicht zwangsläufig, dass nur rigoros ausgeführte wissenschaftliche Theorien erklärend sind. Denn Erklärungen können auch intuitiv auf einem bestimmten Level der begrifflichen Expertise ein Warum beantworten. Würden wir nur vollständig explizierte Erklärungen als Antworten gelten lassen, ließen wir gerade dem Suchen und Entdecken, also der Neugier keinen Raum, denn diese speist sich gerade aus Unklarheiten und Inkommensurabilitäten. Die epistemische Neugier des Warumfragens kann man durchaus als ein Gefühl des Nichtverstehens beschreiben. Selbst wenn wir eine Erklärung noch nicht vollständig verstehen, so können wir im Dialog erkennen, dass potenziell ein immer besseres Verstehen möglich ist. Die Kriterien wissenschaftlicher Erklärung sollten daher zwar streng, aber nicht zu streng sein, um das alltägliche und intuitive Fragen nicht auszuschließen.

Gerade an den Fragen jüngerer Kinder lässt sich beobachten, wie die Mechanismen der Warum-Frage funktionieren. Wenn wir ihren Fragen einen epistemischen Sinn unterstellen, erkennen wir, dass sie bestimmte Typen von Erklärungen verlangen. Wenn Kinder aber bereits im Alter von drei Jahren auch Fragen aufwerfen, die letztlich auf abstrakte wissenschaftliche Erklärungen zielen, dann ist das auch ein Hinweis darauf, dass unsere Neugier nicht einfach nur biologisch, psychologisch oder pragmatisch zu erklären ist, sondern dass sie rationalen Normen des Nachdenkens folgt. Denn wäre unsere Neugier bloß ein Trieb oder ein psychologischer Zwang zum Verstehen, der rein evolutionär oder kulturell begründet ist, dann könnten wir erwarten, dass sich die wissenschaftlichen Fragen erst in einem späteren Alter entwickeln, wenn die Erklärungen von praktischem Nutzen sind. Kinder scheinen aber wissenschaftliche Erklärungen zu erwarten, obwohl sie praktisch nichts damit anfangen können. Man kann aber annehmen, dass Kinder intellektuell etwas damit anfangen können, weil wissenschaftliche Erklärungen ihrem Gefühl von Verwunderung entspricht. Diese Verwunderung entsteht durch ihre aktive und eigenständige Auseinandersetzung mit der

erfahrenen Wirklichkeit. Die Fragen von Kindern können daher als ein Ausdruck einer eigenständigen und freien Aktivität ihres Verstandes interpretiert werden.

Würden wir hingegen annehmen, dass sich das wissenschaftlich differenzierte Warumfragen biologisch erst im Übergang zum Erwachsenenalter entwickelt, dann ginge die Freiheit der Überlegung innerhalb rationaler Normen verloren. Dann müssten wir schließen, dass unsere abstrakten wissenschaftlichen Theorien und unser mathematisch-geometrisches Verständnis das Resultat einer natürlichen Entwicklung sind und nicht das Ergebnis einer allgemeinen vernunftgeleiteten freien Tätigkeit. Wir hätten dann aber auf ein Merkmal menschlicher Erkenntnis verzichtet, das ihr aber zweifelsohne zukommt, nämlich auf die freiwillige geistige Arbeit, die für die Entdeckung und Entwicklung adäquater Erklärungen nötig ist. Diese kognitive Arbeit geschieht im Dialog, sie ist an eine Öffentlichkeit gerichtet. Gingen wir hingegen von einem progressiven und naturalistischen Modell der Erkenntnis aus, dann bräuchten wir für unsere wissenschaftliche Erkenntnis nicht viel mehr zu tun als älter zu werden. Kriterien wissenschaftlicher Erklärungen wie Wahrheit, Schlüssigkeit, empirischer Gehalt und Adäquatheit der Erklärungsrelevanz würden ihre Bedeutung verlieren.

Der methodische Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Untersuchung der Strukturen von Warum-Fragen und den dazugehörigen Erklärungsantworten. Ein entscheidender Aspekt bei der Metafrage ›Warum warum?‹ ist aber die Frage, wieso wir aus der zweckfreien epistemischen Neugier Fragen stellen, deren Beantwortung abstrakte theoretische Einsichten liefert. Mein tieferes Interesse gilt daher den kognitionspsychologischen Mechanismen, die uns dazu bringen, nach allgemeinen und abstrakten Gesetzmäßigkeiten zu fragen (im Gegensatz zu den Warums, die lediglich auf Ursachen und Zwecke gerichtet sind). Mein methodischer Ansatz besteht hier darin, die strukturelle Grundlage der epistemischen Neugier im kognitiven Gefühl der Verwunderung zu identifizieren. Bisherige Ansätze haben diesen Zustand mit informationstheoretischen Begriffen wie Überraschung und Glubensgraden beschrieben. Jedoch ist die epistemische Verwunderung, die beim Stellen von Warum-Fragen auftritt, nicht zwangsläufig eine

Verletzung von Erwartungen. Vielmehr zeigt sie sich, dass Gefühl der Verwunderung komplexer beschrieben werden muss. Die Neugier, aus der wir heraus fundamentale Warum-Fragen zu stellen, ist nicht bloß eine Reaktion auf das Unerwartete oder das Unbekannte ist, sondern vielmehr grundlegender mentaler Zustand, aus dem heraus wir die für unsere Vernunft notwendigen Probleme erschaffen.

Berücksichtigt man, dass die Metafrage ebenfalls in verschiedenen Hinsichten gestellt werden kann, muss man das ›Warum warum?‹ nicht mehr fürchten. Je nachdem, welche Art und Weise des Urteils wir in der Metafrage voraussetzen, erhalten wir einen anderen Erklärungstyp und die Frage gerät nicht in einen infiniten Regress. Ihre Vagheit wird durch verschiedene Typen der Erklärung expliziert. Gleichzeitig zeigt sich aber, dass die Inkommensurabilität – das *thaumázein* – seinerseits mit einer Erklärung belegt werden kann, die gesetzesartig, einzigartig und geometrischer Natur ist. Für die Beantwortung der Metafrage erscheint das Warum dann nicht mehr als Frage, sondern als Antwort. Es erklärt sich ohne Widersprüche und endlose Rekursionen selbst – sofern wir die Typenunterscheidung streng beibehalten. Das Warum ist aller metaphysischen Implikationen entkleidet. Es markiert den Anfangs- und den Endpunkt menschlichen Denkens, aber entspannt dazwischen die Welt rationaler Erkenntnis.

1.5 Roadmap und Limitationen

Diese Untersuchung erforscht die Warum-Frage in fünf Schritten. Der erste Schritt beschäftigt sich mit der Frage, ob die kindliche Neugier dem gleichen epistemischen Bedürfnis folgt wie das wissenschaftliche Denken von Erwachsenen. Zwei Auffassungen des kindlichen Geistes werden gegenübergestellt: Die genetisch-konstruktivistische Auffassung Piagets und die empiristische Auffassung Lockes. Ich sehe vor allem Piagets Interpretation kritisch und zeige, welche Argumente die heutige Entwicklungspsychologie anführt, um die Übereinstimmung des frühkindlichen Lernens mit dem wissenschaftlichen Forschungsprozess zu behaupten. Im zweiten Schritt untersuche ich die Warum-

Fragen von Kindern zwischen dem dritten und siebten Lebensjahr. Ich argumentiere dort gegen Piagets Auffassung, dass die Warum-Fragen von Kindern keinen intellektuellen Sinn hätten. Gerade an Piagets Beispielen lässt sich zeigen, dass ein bestimmter Typ kindlicher Warum-Fragen in ihrer epistemischen Funktion wissenschaftliche Probleme aufwerfen.

Der dritte Schritt meiner Argumentation besteht darin, das Verhältnis von Warum-Frage und Antwort genauer zu untersuchen. Dazu identifiziere ich zunächst sowohl die objektiv-logischen als auch die intersubjektiv-psychologischen Aspekte der Warum-Frage und betrachte sie getrennt voneinander. Dadurch wird es beispielsweise möglich, wissenschaftliche Erklärungen von Alltagserklärungen zu unterscheiden, ohne diese als fundamental verschieden voneinander aufzufassen. Ein Aspekt der Pragmatik von Warum-Fragen und Erklärungen lässt sich dann direkt in die semantische Analyse der Warum-Frage übersetzen, nämlich der Aspekt der Relevanzrelation oder der Typen-Adäquatheit. Berücksichtigt man die verschiedenen Typen von Warum-Fragen, dann klären sich die Unstimmigkeiten zwischen den einzelnen wissenschaftstheoretischen Modellen explanatorischen Denkens auf. Dies wird im vierten Schritt gezeigt: Ausgehend vom Grundschema von Hempels deduktiv-nomologischer Auffassung lassen sich zwei Grundtypen der Warum-Frage offenlegen und zugleich zeigen, warum Hempels Modell für Gegenbeispiele anfällig ist. Eine neue Fassung des deduktiv-nomologischen Modells erweist sich dann gegenüber den notorischen Gegenbeispielen als immun.

Der fünfte Schritt besteht schließlich darin, einen Ansatz zu finden, das Gefühl der Verwunderung genauer zu bestimmen. Dazu unterscheide ich zunächst zwei grundlegende Richtungen des induktiven Schließens, mit denen sich der Prozess des Fragenstellens verstehen lässt. Diese beiden Richtungen lassen sich mit dem Begriff der Überraschung bzw. der Information und der bayesianischen Wahrscheinlichkeitsauffassung beschreiben. Diese beiden fundamentalen Arten des Fragenstellens stellen eine wichtige Grundvoraussetzung für unsere Konzepte und die propositionale Struktur der Sprache dar. Sie scheinen jedoch nicht ausreichend, um den psychologischen Zustand bei

den komplexen Warum-Fragen zu beschreiben. Eine Präzisierung des *thaumázein* liefert aber Erklärungsansätze dafür, warum diese komplexen Warum-Fragen nur in abstrakt-geometrischer Weise beantwortet werden können.

Ich behandle in dieser Untersuchung das Thema der Warum-Frage grundsätzlich. Dennoch können dabei nicht alle Aspekte des Warum-Fragens und Erklärens berücksichtigt werden. Zwei wesentliche Aspekte werden daher hier nur oberflächlich behandelt, obwohl sie das Gesamtbild vervollständigen. Der erste Zusammenhang, den ich hier nicht in der Tiefe behandle, ist der Zusammenhang von Warum-Frage und *Theory of Mind* (Amsterlaw & Wellman, 2006; Dennett, 1978; Wimmer & Perner, 1983). Dieser ist deshalb von Bedeutung, da die Warum-Frage in der frühen Kindheit genau ab dem Entwicklungszeitraum beobachtet werden kann, in welchem Kinder *False-belief*-Tests bestehen, was als Ausweis von *Theory-of-Mind*-Fähigkeiten gilt. Ausblenden konnte ich den Zusammenhang von geteilter Intentionalität und Warum-Frage nicht, eine Analyse der *Theory of Mind*-Debatte wäre für diese Untersuchung zu umfangreich gewesen. Ich näherte mich aber diesem Kontext, wenn ich von epistemischer Empathie, den Verstehensaspekten der Erklärung oder von Triangulation (Davidson, 1982) spreche. Der zweite Zusammenhang, der hier nur gestreift wird, obwohl er ebenfalls essenziell ist für das generelle Verständnis der Warum-Frage ist, betrifft die finalen Erklärungen. Eine Typentheorie der Erklärung ist nicht vollständig, wenn der finale Erklärungstyp unanalysiert bleibt. Eine angemessene Analyse der finalen Warum-Frage hätte aber die notwendige Begrenzung dieser Untersuchung überschritten. Ich habe mich daher entschieden, eine Interpretation von Aristoteles' Lehre der vier Erklärungstypen, die den finalen Fragetyp erhellt, nicht als eigenständiges Kapitel aufzunehmen, sondern lediglich einige Ideen daraus darzustellen.

2. Kindliche Warum-Fragen als Problem der Erkenntnistheorie

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts – mit dem Aufstieg der Psychologie zur Einzelwissenschaft – kristallisierte sich die Überzeugung heraus, dass die empirische Untersuchung der kindlichen Denkentwicklung auch Einsichten für den menschlichen Erkenntnisprozess generell bereithält (Darwin, 1877/2010; Sully, 1896; Taine, 1877). Besondere Aufmerksamkeit bekommt dabei die frühkindliche Neugier, die sich im Alter von drei Jahren in Fragen ausdrückt (Rasmussen, 1922; Scupin & Scupin, 1910; Stern & Stern, 1907). Vor allem Jean Piaget ist mit seiner Theorie der geistigen Entwicklung berühmt geworden. Für Piaget ist die Untersuchung der kindlichen Fragen der Königsweg zum kindlichen Denken:

»Nichts könnte besser in die Logik des Kindes einführen als die Untersuchung der spontanen Fragen.« (Piaget, 1923/1975, 191)

Die Motivation, die Logik des Kindes zu verstehen, begründet Piaget mit seinem erkenntnistheoretischen Interesse. Sein Forschungsprogramm bezeichnet er später als genetische Erkenntnistheorie. Deren Ziel ist die »Rekonstruktion« (Piaget, 1973b, 7) der geistigen Entwicklung von der Kindheit bis zum Erwachsenenalter.

Für Piaget hat die psychologische Rekonstruktion der Entstehung menschlicher Intelligenz für die Philosophie unbedingte Relevanz. Die Untersuchung des kindlichen Denkens zeige, dass die Entwicklung menschlicher Erkenntnis und die Geschichte der Wissenschaft generell

unter den gleichen evolutionären Bedingungen und nach den gleichen Gesetzmäßigkeiten von »Transformation« und »Reorganisation« (Piaget, 1973b, 10) verlaufe wie die kognitive Entwicklung in der Kindheit. Von der psychologischen Erforschung des kindlichen Denkens – besonders im Hinblick auf Kausalität, Logik und mathematische Vorstellungen – seien daher Erkenntnisse zu erwarten, die in der formal orientierten Wissenschaftstheorie zu einem vertieften Verständnis führen sollen (Piaget, 1973b, 21).

Piaget (1973b) vertritt dabei eine naturalistisch-genetische Auffassung: Nach ihr gibt es eine natürlich verlaufende Entwicklung von der kindlichen Logik hin zur erwachsenen Logik – und dadurch implizit auch eine Art Übersetzungsproblem (Quine, 1960/2013) zwischen den kindlichen Fragen und dem erwachsenen Verständnis der Frage. Nach Piaget (1923/1975) können Kinder ihre Warum-Fragen stellen, ohne dabei Gründe, Ursachen oder Gesetze einzufordern. Jüngere Kinder haben weder einen Sinn dafür, dass das als wahr Behauptete gerechtfertigt werden muss, noch, wie etwas kausal oder mechanisch zu erklären ist.

In diesem Kapitel zeige ich zunächst, wie bestimmte Interpretationen frühkindlichen Frageverhaltens mit verschiedenen erkenntnistheoretischen Auffassungen zusammenhängen. Grundsätzlich wird eine Parallelität zwischen wissenschaftstheoretischen und entwicklungspsychologischen Konzeptionen behauptet. Die genetische Auffassung menschlicher Kognition, nach der sich die menschliche Erkenntnisfähigkeit stufenweise entwickelt, wird jedoch von mir kritisiert. Anschließend stelle ich den sozialen Kontext des Dialogs vor, in dem kindliche Warum-Fragen im Alltag gestellt werden, und gebe Beispiele für solche Dialogsituationen. Dabei fällt auf, dass sich die Sinnebenen von Warum-Fragen unterscheiden und die gegebene Erklärung von der Sinnebene abhängt. Diese Unterscheidung der Sinnebenen kontrastiere ich mit anderen Typenauffassungen von Erklärungen und zeige erste Übereinstimmungen auf. Letztlich wird die Frage, ob jüngeren Kindern implizit solche Typunterscheidungen bei ihren Warum-Fragen unterstellt werden müssen, zu einem Entscheidungskriterium dafür, welche erkenntnistheoretische Auffassung die wissenschaftliche Suche des Menschen besser erklären kann.

2.1 Die Entwicklungsauffassung des Geistes

Die Fragen von Kindern beschäftigen John Locke in seinen *Gedanken zur Erziehung* (Locke, 1693/1989):

»The native and untaught Suggestions of inquisitive Children, do often offer things, that may set a considering Man's Thoughts on work. And I think there is frequently more to be learn'd from the unexpected Questions of a Child, than the Discourses of Men, who talk in a road, according to the Notions they have borrowed, and the Prejudices of their Education.« (Locke, 1693, § 120/1989, 185)

Für Locke sind Fragen, die Kinder stellen, auch für einen Erwachsenen ein Anlass zum Nachdenken. Sie sollen ernsthaft und wahrheitsgemäß beantwortet werden – und zwar in einer Weise, die Kinder verstehen und die sie nicht durch ausufernde Erklärungen ermüdet. In Lockes pädagogischen Überlegungen sind die Fragen von Kindern Ausdruck von Neugier.

»Encourage therefore his Inquisitiveness all you can, by satisfying his Demands, and informing his Judgement, as far as it is capable.« (Locke, 1693, § 122/1989, 185)

Die entgegengesetzte Position findet sich bei Jean-Jacques Rousseau. Rousseau (1762/2009) warnt davor, die Fragen des Kindes vollständig zu beantworten, da die Neugier sonst auf lange Sicht beschädigt werde:

»Fragt es euch, so antwortet nur soviel, wie nötig ist, seine Neugier wachzuhalten, nicht aber um sie zu befriedigen. Hört auf, wenn es nicht mehr zum Gegenstand fragt, sondern umherschweift und euch mit albernen Fragen quält. Ihr könnt dann sicher sein, daß es ihm nicht um die Sache geht, sondern darum, euch mit seinen Fragereien zu plagen. Man muss weniger auf seine Worte achten als auf das Motiv, das ihn zum Reden treibt.« (Rousseau, 1762/1998, 164)

Für Rousseau stellt ein Kind – wobei er hier ein Kind im Alter von zwölf Jahren vor Augen hat – auch eine »Masse dummer und überflüssiger Fragen« (Rousseau, 1762/2009, 173). Das Kind soll daher erst lernen, den Grund für seine Frage zu artikulieren, ehe man seine Fragen beantwortet.

Man kann Rousseaus Ausführungen so verstehen, dass die Warum-Fragen von Kindern nur dann einen Sinn haben, wenn Kinder den Grund ihrer Fragen explizit machen können. Nach Rousseau darf das Wissen vom Lehrenden auch nicht direkt vermittelt, sondern es muss vielmehr vom Kind selbst entwickelt werden. Im Gegensatz zu Locke, für den Kinderfragen per se interessant sind und für den das Beantworten der Fragen von Kindern zu weiteren Fragen führt, darf für Rousseau der Hunger nach Wissen nie ganz gestillt werden. Im Gegenteil: Das Kind soll durch Fragen des Erwachsenen zum Nachdenken angeregt werden und es soll selbst die Antworten darauf finden (Rousseau, 1762/2009, 174).

Anhand der pädagogischen Überlegungen von Locke und Rousseau lassen sich in der aufklärerischen Tradition zwei entgegengesetzte Auffassungen im Hinblick auf die Fragen von Kindern und damit auf den menschlichen Geist identifizieren. Die eine Auffassung, vertreten durch Locke, besagt, dass die Fragen von Kindern erkenntnissuchend und dadurch an sich interessant sind. Auch Erwachsene können durch die Fragen von Kindern ins Nachdenken gebracht werden. Da die Fragen von Kindern auf Urteilen gründen, sollen sie ernsthaft und nach bestem Wissen beantwortet werden. Erwachsene sollen daher mit Kindern gemeinsam nachdenken:

»It will perhaps be wondered, that I mention Reasoning with children: and yet I cannot but think that the true Way of Dealing with them. They understand it as early as they do Language; and, if I misobserve not, they love to be treated as Rational Creatures, sooner than is imagined.« (Locke, 1693, § 81/1989, 142)

Diese Auffassung spiegelt Lockes Erkenntnistheorie wider, die er in seiner *Abhandlung über den menschlichen Verstand* (Locke, 1690/1975) darlegt: Von Geburt an ziehen die sinnlich vermittelten Dinge der Welt und ihre

Veränderlichkeit die Aufmerksamkeit des Kindes an und schreiben die *ideas*, die primitiven Vorstellungen wie in eine Wachstafel in den Geist ein (Locke, 1690, I, II, § 5/1975, 49–51).

Das Kind ist daher von Anfang an geistig aktiv und stellt Fragen, sobald es sprechen kann. Erst später – durch Reflexion – lernt ein Mensch, die kognitiven Operationen zu erkennen und entwickelt ein explizites Wissen von den fundamentalen Denkprinzipien, dem Prinzip des Widerspruchs und dem Prinzip der Identität (Locke, 1690, I, II, § 20/1975, 58). Dieses Wissen wird nach Locke aber nur von wenigen Menschen erreicht, da das abstrakte Nachdenken selten gepflegt wird. Es ist zwar auch im Erwachsenenalter noch lernbar, aber nur unter großen Anstrengungen. Das Nachdenken soll daher von Jugend an praktiziert und geübt werden (Locke, 1706/1993, 23–24).

Durch das sorgfältige Beantworten der Fragen von Kindern und das Ernsthören ihrer Rationalität, wobei Locke an Kinder in einem Alter von drei Jahren oder sieben Jahren denkt (Locke, 1693, § 81/1989, 142), bleibt ihnen die Neugier erhalten. Deshalb können sie später die letzten Prinzipien reflektieren und dadurch Logik universell anwenden.

Rousseau wendet sich explizit gegen Lockes Forderung, mit Kindern nachzudenken:

»Mit Kindern zu räsonieren war Lockes Leitsatz. Heute ist das große Mode. Der Erfolg aber scheint mir nicht für seine Empfehlung zu sprechen. Ich kenne nichts Dümmeres als altkluge Kinder. Von allen Fähigkeiten entwickelt sich die Vernunft, die gewissermaßen nur aus allen anderen zusammengesetzt ist, am schwersten und am spätesten. Und gerade ihrer will man sich bedienen, um die anderen zu entwickeln!« (Rousseau, 1762/2009, 68)

Rousseaus Auffassung lässt sich ebenfalls im Kontext seiner übrigen Philosophie verstehen: Analog zur natürlichen Entwicklung der menschlichen Gesellschaft aus dem freien Naturzustand hin zum bürgerlichen Zustand verläuft für ihn auch die kindliche Entwicklung stufenartig von den kindlichen Neigungen und Trieben hin zur jugendlichen und schließlich zur erwachsenen Vernunft. In den ersten

Lebensjahren entwickeln sich der Körper und die Sinne, die Vernunft aber erst langsam ab einem Alter von zwölf Jahren.

Auch für Rousseau ist das Ziel von Erziehung die Entwicklung der Fähigkeit zum Nachdenken (»Wenn die Kinder vernünftig wären, dann brauchte man sie nicht zu erziehen.« Rousseau, 1762/2009, 68). Aber gerade eine Erziehung durch die Praxis des *reasoning* stünde dem entgegen. Der »unvermeidliche Kreislauf« (Rousseau, 1762/2009, 69) aus Warum-Fragen und Erklärungen muss durchbrochen werden, denn das Kind könne dem Erwachsenen nicht folgen. Die Vernunftentwicklung verlaufe nach einem natürlichen Plan, der nicht durch Menschenhand gestört werden darf:

»Die Natur will, daß Kinder sind, ehe sie Männer werden. Kehren wir diese Ordnung um, so erhalten wir fröhreife Früchte, die weder reif noch schmackhaft sind und bald verfaulen: Wir haben dann junge Gelehrte und alte Kinder. Die Kindheit hat eine eigene Art zu sehen, zu denken und zu fühlen, und nichts ist unvernünftiger, als ihr unsere Art unterschieben zu wollen.« (Rousseau, 1762/2009, 69)

Die Vernunft entwickelt sich für Rousseau erst gegen Ende einer natürlichen Stufenabfolge. Diese folgt einem generellen natürlich-evolutio-nären Prozess vom Einfachen zum Komplexen, vom sinnlich Konkreten zum geistig Abstrakten. Die individuelle geistige Entwicklung erinnert insofern an die Entstehungs- und Kulturgeschichte der Menschheit, die ebenfalls als genetisch-progressiv gedacht wird. An Rousseaus Überle-gungen in seiner Auseinandersetzung mit Locke wird die naturalistische Position noch mal klarer: Fragen haben genau dann keinen Sinn, wenn der Grund der Frage nicht explizit gemacht werden kann. Die menschliche Erkenntnis sei letztlich in den Gesetzmäßigkeiten der Natur bzw. des Lebens begründet. Mit ihnen entwickle sich auch stufenweise der Sinn des Warums.

Ausgehend von Rousseaus Idee der Entwicklungsauffassung der Vernunft lässt sich eine entwicklungspsychologisch-pädagogische Traditionslinie identifizieren, die von Rousseau über Pestalozzi bis zu Herbert Spencer reicht (Tomlinson, 1996) und dann weiter von Spencer

zu Dewey und Piaget (Egan, 2002). Eine solche naturalisierte Auffassung, die Spencer (1919) ausarbeitet (Egan, 2002), stützt sich auf die Rekapitulationstheorie, wie Haeckel (1874) sie formuliert. Nach Haeckels biogenetischem Grundgesetz zeichnet die Ontogenese, d. i. die Entwicklung des Individuums, die Phylogenie nach, also die stammesgeschichtliche Entwicklung. Die Rekapitulationstheorie hinterlässt Spuren in der Entwicklungspsychologie. Denn diese setzt bereits in ihrem Namen eine geistige Entwicklung voraus und führt über Baldwins (1911) genetische Erkenntnistheorie direkt zu Piaget (Koops, 2015).

In der Biologie wurde die Rekapitulationstheorie schon früh kritisiert und durch andere Erklärungsparadigmen ersetzt (Gould, 1977). In der evolutionären Anthropologie blieb sie aber präsent: So erklärt etwa Wynn (1985) anhand von prähistorischen Fundstücken die Evolution der menschlichen Intelligenz mithilfe von Piagets Stufenmodell. Auch in der Wissenschaftstheorie zeigt sich der Einfluss der genetisch-progressiven Theorie des Geistes (Tsou, 2006): Kuhn (1962/2012) deutet an, dass Piaget sein Denken inspiriert hat:

»A footnote encountered by chance led me to the experiments by which Jean Piaget has illuminated both the various worlds of the growing child and the process of transition from one to the next.« (Kuhn, 1962/2012, vi)

In der Fußnote zu dieser Textstelle in *Structures* fährt er fort:

»Because they displayed concepts and processes that also emerge directly from the history of science, two sets of Piaget's investigations proved particularly important: The Child's Conception of Causality, trans. Marjorie Gabain (London, 1930), and Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant (Paris, 1964).« (Kuhn, 1962/2012, vi, Fußnote 2)

Auch Karl Popper, der seine *Logik der Forschung* (Popper, 1935) als evolutionäre Erkenntnistheorie versteht (Popper, 1984, 68) und eine darwinistische Erklärung für ihre »genetischen Trends« (Popper, 1984, 293)

sucht, stimmt mit Piagets progressiv-konstruktivistischer Auffassung des Geistes überein. Zu Poppers Verhältnis zu Piagets genetischer Erkenntnistheorie schreibt etwa ter Hark (2009):

»Popper was familiar with Piaget's work, and what must have struck him upon reading his work was the similarity with his own epistemology. Indeed, he even sent a copy of his Objective Knowledge (Popper 1972) to Piaget noting the similarity between their views, especially at the level of world 2.« (ter Hark, 2009, 177)

Es ist nun zunächst interessant, festzustellen, dass Piagets genetische Erkenntnistheorie einen Einfluss auf die historisch reflektierende Wissenschaftstheorie hatte. Die genetisch-konstruktivistische Theorie der Erkenntnistheorie nach Piaget sieht den menschlichen Geist in einem Prozess der permanenten Annäherung an eine objektive Realität (Harlow et al., 2007). Diese Annäherung vollzieht sich in einem dynamischen Prozess von Transformation und Reorganisation (Piaget, 1973b). Poppers Übereinstimmung mit Piaget trifft insofern zu, denn die »Welt 2« (Popper, 1984, 112), die Erkenntnis oder das Denken im subjektiven Sinne, charakterisiert den Übergang von physischen Handlungen (»Welt 1«) zu den objektiven Denkinhalten (»Welt 3«) (Popper, 1984, 161–162). Genau einen solchen Prozess will Piaget mit der Dynamik von Assimilation und Akkommodation des Organismus im Verhältnis zu seiner Umwelt beschreiben (Piaget, 1967/1992a).

In der heutigen kognitiven Psychologie der Kindheit taucht diese Theoriendynamik in der Theorie-Theorie wieder auf (Carey, 1985; Karmiloff-Smith, 1988). »Theoriendynamik« (Stegmüller, 1985, 284) meint jene Veränderungsschritte, die wissenschaftliche Theorien durch neue Theorien ersetzen oder modifizieren und die wir als wissenschaftlichen Fortschritt beobachten. Gleichgültig, ob eine modulare Grundlage für diese Theorienanpassungen wie bei Carey (2011) oder ob eine Theorie-Theorie nach dem Motto »theories all the way down« (Gopnik, 1996, 510) angenommen wird: In beiden findet sich der Rückbezug auf die historisch orientierte Wissenschaftstheorie Poppers und Kuhns. Gemeinsam ist ihnen ein evolutionsbiologisches Bild, wobei hier der Begriff »evo-

lutionär zunächst im Sinne eines Lernprozesses zu verstehen ist, der bestimmte Neuordnungen hervorbringt.

Ich möchte hier aber gegen die naturalistische oder genetische Auffassung der Erkenntnistheorie argumentieren. Die Theoriodynamik stelle ich zur Erläuterung meiner Kritik an der genetischen Auffassung zunächst in den Vordergrund, denn sie wird häufig als Evidenz für die genetische Erkenntnistheorie oder Entwicklungspsychologie angenommen (Downes, 1999).

Man kann natürlich nicht bestreiten, dass in der wissenschaftlich-technischen Entwicklung ein Fortschritt erkennbar ist. Ebenso wenig lässt sich bestreiten, dass man im Verlauf der Kindheit Entwicklungen beobachten kann, wie sie etwa Carey (2011) und Gopnik und Meltzoff (1998) mit ihrer entwicklungspsychologischen Theoriodynamik beschreiben. Was ich aber hier kritisieren möchte, ist die Auffassung, dass das, was diese Entwicklungen hervorbringt, nämlich die Fähigkeit, *warum?* zu fragen und dadurch Kausalität und logische Zusammenhänge vorauszusetzen, selbst einer stufenartigen Entwicklung unterworfen sind.

Betrachtet man allein die domänenpezifische Wissensentwicklung, dann erscheint die Theoriodynamik vielmehr das Resultat fortgesetzten Warumfragens und menschlicher Erklärungspraxis zu sein – und nicht umgekehrt, die Fähigkeit, *warum?* zu fragen, das Resultat einer Stufenentwicklung. Die Veränderung von Theorie und der Fortschritt im menschlichen Wissen kommt eher daher, dass weitergehende und kritische Warum-Fragen überhaupt gestellt werden dürfen. Wissenschaftlicher Fortschritt entsteht also, wenn das Warumfragen ernstgenommen und in gemeinsamer gedanklicher Anstrengung – über die gesamte Lebensspanne und über Generationen hinweg – nach Antworten gesucht wird (»building ideas in shared endeavors«, Rogoff & Toma, 1997, 473). Die Theoriodynamik wäre dann die kreative und eigenständige Leistung geistig kooperierender Menschen und nicht die Folge biologischer Entwicklungsgesetze.

Meine Kritik an der genetischen Erkenntnistheorie zielt vor allem darauf, dass man die wissenschaftliche Neugier oder Erkenntnisfähigkeit, also die menschliche Sapienz oder Rationalität, als das Produkt

eines Stufenprozesses auffasst. Die Annahme einer Stufenentwicklung vom Ganzheitlichen zu einer immer stärkeren theoretischen Reduktion wird von Piaget (1959/1992b, 13–14) etwa im Sinne einer Annäherung an die objektive Realität oder das Apriori verstanden. Durch die implizite oder explizite Annahme der Rekapitulationsvorstellung werden bestimmte Beobachtungen im frühkindlichen Verhalten auf die ganze Kultur- und Wissenschaftsgeschichte der Menschheit übertragen bzw. zueinander parallel gesetzt.

Auf den unteren Stufen steht dann das mythisch-kindliche Denken, auf den höchsten Stufen das fortgeschrittene, wissenschaftliche Denken. Auguste Comte (1839/1923) etwa fasst die geistige Entwicklung explizit als eine Stufenfolge auf. Diese verläuft vom magischen, dann theologischen Kind über die metaphysische Jugendlichkeit hin zur erwachsenen positiven Wissenschaft.

Das wesentliche Problem einer solchen Auffassung liegt darin, dass sie die universelle Neugier des Menschen als Ausdruck einer natürlichen Dynamik begreift. Sie erkennt sie nicht als eine aktive Leistung, die zu jedem Zeitpunkt und in jeder Gesellschaftsform in einer willentlichen und freiwilligen kognitiven Anstrengung besteht, welche unabhängig davon ist, was die Natur, oder welche Autorität auch immer, als wahr setzt und die durch einfache und komplexe Fragen selbstständig zu den Bedingungen von Wahrheit gelangt. Was der genetischen Theorie der Erkenntnis entgeht, ist die gedankliche Freiheit, das eigenständige Denken, das sich in einer Frage ausdrückt. Kurz gesagt: Die genetische Erkenntnistheorie liefert kein Kriterium für die Erklärung, warum eine Überzeugung eingenommen oder verworfen werden sollte oder warum eine Erklärung adäquat ist oder nicht. Ein Folgeproblem der genetischen Auffassung ist dann, dass sie dazu neigt, die ersten Stufen als primitiv und irrational zu betrachten und quasi von oben auf sie herabzusehen, oder dass sie, wenn sie diese Hierarchisierung vermeiden will, indifferent und relativistisch wird.

Beides hat auch Auswirkungen auf unsere Konzeption vom Lernen in Schule und Kindergarten. Egan (2002) etwa kritisiert in seiner Auseinandersetzung mit Spencer, Dewey und Piaget die naturalistisch-biologistische Theorie der geistigen Entwicklung *als falsch von Anfang an*, weil

sie die Bedeutung von intellektuellem Anspruch und dialogischer Interaktion für die kognitive Entwicklung unterschätzen. In der Praxis führt dies zu einer Trivialisierung der Schul- und Kindergartencurricula: Die spannenden, d.h. intellektuell anspruchsvollen Fragen, welche die Kinder eigentlich interessierten, würden erst in den höheren Klassen aufgegriffen. Auch für Matthews (2008, 2009), einem Vertreter der pädagogischen Praxis des Philosophierens mit Kindern, neigt die genetische Auffassung zu einer defizitären Sicht auf Kinder. Die *deficit conception of childhood*, welche Kindern intellektuelle Fähigkeiten abspricht, ignoriere nicht nur die vielen Beispiele für ihre originären philosophischen Gedanken, sondern schränke auch Erwachsene in ihren Vorstellungen darüber ein, wie sie mit Kindern sinnvoll umgehen können (Matthews & Mullin, 2018).

Die zwei entgegengesetzten Auffassungen des kindlichen Geistes, wie sie sich in den Aufklärungspädagogiken von Locke und Rousseau widerspiegeln, gehen mit verschiedenen erkenntnistheoretischen Konzeptionen einher, dem Empirismus und dem Konstruktivismus. Diese beiden Konzeptionen machen unterschiedliche empirische Vorhersagen in Bezug auf die frühkindliche Warum-Frage. In der genetisch-konstruktivistischen Auffassung *entwickeln* sich die Gründe für die Warum-Frage. Die Motive, *warum?* zu fragen, differenzieren sich aufgrund eines natürlichen Entwicklungsgesetzes vom Einfachen zum Komplexen immer weiter aus. Die Warum-Fragen der jüngeren Kinder haben daher keinen Sinn oder, genauer gesagt, keinen wissenschaftlich-epistemischen Sinn. Ihr Grund liegt nicht in der freien intellektuellen Neugier, sondern vielmehr in der natürlichen Anpassung des Organismus an seine Umwelt. Der Sinn der Warum-Frage ist nach dieser Auffassung nichts anderes als der innere Zustand des sich entwickelnden Geistes. Erst am Ende dieses Entwicklungsprozesses seien die Gründe differenziert, sodass dann erst die Frage tatsächlich das ausdrücke, was wir als wissenschaftliche Erwachsene darunter verstehen. Erst dann wird nach der genetischen Auffassung die Frage in einem ganz bestimmten Sinn gestellt und beantwortet.

Wie ich jedoch im Weiteren zeigen möchte, artikulieren auch Kinder mit einigen ihrer Warum-Fragen einen wissenschaftlich-epistemischen

Sinn, der kaum anders verstanden werden kann, als dass er in einem gemeinsamen wissenschaftlichen Denkprozess beantwortet werden sollte. Beobachtet man wie Locke, dass die kindlichen Fragen auch Erwachsenen philosophisch zu denken geben, dann erscheint das als empirische Bestätigung dafür, dass wir aus irgendeinem Grund zu diesen spezifischen Fragen angeregt werden. Für Locke geschieht diese Anregung durch die sinnliche Erfahrung und die damit einhergehenden Urteile. Geht man hingegen wie Piaget (1959/1992b, 56) davon aus, dass nicht sinnlich-mentale Zustände, sondern natürliche Entwicklungsge setze den Sinn der Warum-Frage bestimmen, dann liegen die Gründe der Warum-Fragen nur in den Bedingungen der biologischen Reifung und nicht in der Mentalität von Überlegung und Schlussfolgerung. Die empiristische wie auch die konstruktivistische Konzeption gründen auf jeweils eigenen Urteilstheorien. Diese möchte ich im Folgenden kurz umreißen.

2.2 Die Urteilstheorien von Locke und Piaget

Nach einer einfachen Definition ist ein logisches Urteil die Behauptung eines Sachverhalts oder einer Proposition als wahr. Ist p eine Proposition, dann steht der Ausdruck „ p ist wahr“ für das Urteil (Martin-Löf, 1987). Um den Unterschied zwischen Piagets genetischer Auffassung und Lockes empiristischer Auffassung des Urteils deutlich zu machen, muss man zunächst verstehen, dass beide von einer gemeinsamen Position ausgehen. Diese Position lehnt die innatistische und metaphysische Auffassung ab, nach der das Kriterium wissenschaftlicher Erkenntnis in der unbestreitbaren Übereinstimmung mit den logisch-geometrischen Grundsätzen *a priori* im Geist besteht. Die jeweilige Aufgabe von Locke und Piaget ist es daher, zu erklären, wie wir ohne angeborene logische Prinzipien zu abstrakten und generellen Urteilen kommen, die ebendiese Prinzipien beinhalten.

Der Weg, den beide dazu einschlagen, ist jedoch verschieden. Bei Locke ist das Urteil schon von Beginn an objektiv, einfach durch das Gegebensein der Sinneserfahrung. Die logisch-geometrischen Prinzi-

pien werden erst im Verlauf der Jugend durch diskursive und reflexive Praxis entdeckt, was für Locke daran ersichtlich ist, dass Kinder einem allgemeinen Prinzip wie dem Widerspruchsprinzip nicht zustimmen könnten. Deshalb können für Locke die logischen Prinzipien auch nicht angeboren sein. Jedoch können Kinder sinnvolle Fragen stellen, da sie das intuitive Wissen unmittelbar aus der Wahrnehmung gewinnen (Locke, 1690, 4, XIV, § 2/1975, 531). Auch Lockes Erkenntnistheorie ist eine psychologische Entwicklungstheorie. Denn auch wenn für Locke Kinder schon früh vernünftig denken können, so verfügen sie dennoch noch nicht über jene Prinzipien, welche die Wissenschaft etwa in Form logischer Gesetze herausstellt.

Lockes Auffassung eröffnet ein Problem, das die innatistische Theorie nicht hat. Der Innatismus geht davon aus, dass der menschliche Geist von Geburt an über logisch-geometrisches Wissen verfügt. Folgt man dieser Theorie, können die kognitiven Prozesse einfach durch die Logik erklärt werden. Doch gerade dieses Voraussetzen angeborener logischer Prinzipien führt nach Ansicht von Locke zu einem Widerspruch, da wir die abstrakten logischen Prinzipien ebenso entdecken müssen wie unsere über die Sinne gewonnenen Erkenntnisse. Für Locke kann aber nicht das angeboren sein, was wir entdecken müssen, denn wir hätten keinen Grund, das zu suchen, was uns schon angeboren ist. Kinder entdecken empirische Wahrheiten und stimmen deshalb den empirischen Sätzen zu. Mit den analytischen Sätzen jedoch könnten sie nichts anfangen. Nach Locke kommt die empirische Erkenntnis daher vor der analytischen: Erkenntnis ist nichts anderes als die über die Sinne vermittelte Wahrnehmung der Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung von Ideen. Das Urteilen ist das aktive Verbinden oder Trennen verschiedener Ideen durch Bejahen oder Verneinen eines Satzes (Locke, 1690, 4, XIV, § 4/1975, 653).

Für Piaget ist die empiristische Auffassung Lockes jedoch zu simpel, um die Logik und das mathematische Wissen zu erklären. Die Rolle des Organismus erscheint ihm als zu passiv. Außerdem entspricht die Auffassung für ihn nicht dem, was man bei Kleinkindern beobachten kann, da diese aktiv mit der physikalischen Welt interagieren (Piaget, 1959/1992b, 371). In Lockes Urteilstheorie fehle daher das Handlungsele-

ment. Für Piaget gelangen wir zum primären Urteil hingegen durch eine Handlung, einer Interaktion mit der Umwelt, der Assimilation. Piaget spricht dann auch konsequent von Assimilationsakt (Piaget, 1959/1992b, 56). Das junge Kind sei in diesem Akt von Anfang an vollkommen an die Umwelt angepasst. Dieser Handlungsaspekt des Urteils tritt mit der sensomotorischen Aktivität des Säuglings in Erscheinung. Die erste entscheidende Stufe sei daher die Konstruktion eines konstanten, vom Kind unabhängig existierenden individuellen Objekts, auf der aufbauend dann ein Prozess der fortschreitenden »Objektivierung« (Piaget, 1959/1992b, 281) beginnt. An dessen Ende stehen schließlich Repräsentationen und logische Operationen (Furth, 1986, 116). Das objektive Urteil, das bei Locke schon durch die klare und unterschiedene Wahrnehmung der einfachen Ideen gegeben ist (Locke, 1690, 2, II, § 1/1975, 119), wird bei Piaget erst auf den höheren, operationalen Stufen erreicht. Die Fragen von Kindern könnten daher nicht in dem Sinn gestellt sein wie die Fragen von Erwachsenen, sondern in einem Sinn, der diesem Handlungsaspekt des Urteils entspricht.

Für das Warumfragen in der Kindheit hat dies nach Piagets Theorie folgende Konsequenz: Stellt ein Kind in der präoperationalen Phase, also im Alter zwischen drei und sieben Jahren, eine Warum-Frage, dann liegt der Frage kein objektiver Grund zugrunde, sondern ein ganzheitliches Urteil, in dem Subjekt und Objekt noch annähernd übereinstimmen. Da Objekte bereits als permanent erfahren werden, versucht das Individuum, sich an die Eigenschaften des Gegenstandes anzupassen, d.h. zu akkommodieren. Der natürliche Sinn der Warum-Frage ist daher für Piaget, nach einer Regel oder einem Schema zu suchen, das dem Kind aus seiner eigenen Aktivität bekannt ist, um noch aktiver mit der Welt zu interagieren. Nach Piagets Vorhersage muss das dazu führen, dass die Warum-Fragen von Kindern dieses Alters in einem ganz bestimmten kindlichen Sinn gestellt werden. Sie folgen also einer spezifischen »Logik des Kindes« (Piaget & Inhelder, 1980, 12) oder einer »Intelligenz des Kindes« (Piaget, 1972, 60), die aber letztlich nicht mit der Logik und Intelligenz des Erwachsenen vergleichbar seien.

Zu beachten ist, dass Piaget den kindlichen Warum-Fragen den wissenschaftlich-epistemischen Sinn abspricht. Das bedeutet aber nicht,

dass sie für Piaget keinen Sinn haben. Die Fragen haben einen organischen oder naturalistischen Sinn, der sich im Verlauf der Kindheit durch den stufenartigen Prozess der »Objektivierung« (Piaget, 1959/1992b, 281) erst ausdifferenziert. Piaget (1923/1975) deutet diesen speziellen kindlichen Sinn der Frage folgendermaßen: Kinder würden noch nicht zwischen einem motivationalen und kausalen Sinn der Frage bzw. zwischen einem sozialen und logischen Sinn der Warum-Frage unterscheiden. Im Weltbild des Kindes seien daher anthropomorphistische, finalistische, quasi-psychologische Erklärungen vorherrschend.

2.3 Neuere Theorien zur frühkindlichen Kognition

Die heutige kognitive Psychologie der Kindheit stellt Piagets Theorie der Entwicklung theoretisch und experimentell infrage (Babakr et al., 2019). Nicht aufgegeben hat sie aber Piagets grundsätzliche Überzeugung, dass die Untersuchung des frühkindlichen Denkens ein erkenntnistheoretisches Projekt ist. Im Gegenteil – die heutige Entwicklungspsychologie sieht sich bestärkt darin, die wissenschaftliche Neugier mit dem Lernmechanismus in der Kindheit gleichzusetzen. Denn in empirischen Untersuchungen zeigen Kinder vernünftiges Denken viel früher als von Piagets Stufentheorie der Entwicklung vorhergesagt (Gopnik, 1996a). Vor allem die kausalen Schlussfolgerungen von Kindern, ihr frühes domänenpezifisches Wissen und die Bedeutung von sprachlicher Interaktion in der frühen Kindheit widersprechen Piagets genetischer Auffassung, nach der das logisch-kausale Denken auf frühen Entwicklungsstufen unausgereift ist.

Erste Evidenz gegen Piagets Theorie lieferten etwa Karmiloff-Smith und Inhelder (1974). Experimentell gestützt argumentieren sie, dass Kinder schon im Alter von sechs Jahren über implizite physikalische Theorien verfügen, die sie – zögerlich – anpassen oder aufgeben, wenn die beobachtete Realität mit der Theorie nicht übereinstimmt. Karmiloff-Smith (1988) stellt daher fest, dass Kinder sich bei ihren spontanen Entdeckungen wie typische Wissenschaftler verhalten.

Karmiloff-Smith (1988) hebt folgende Aspekte frühkindlichen Lernens im Hinblick auf den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess besonders hervor: Auffällig am frühkindlichen Lernprozess ist das experimentierende Verhalten, bei dem Kinder im Spiel mit Gegenständen willentlich unterschiedliche kausale Bedingungen ausprobieren und deren unmittelbaren Effekte beobachten. Dieses Verhalten hat zwar auch schon Piaget beschrieben. Karmiloff-Smith (1988) betont aber die »Theoriegeladenheit« (Hanson, 1958/1965, 19) dieses Vorgehens: Die untersuchten Kinder identifizierten neue Erfahrungen zunächst als Instanzen eines bekannten theoretischen Zusammenhangs. Beobachtungen aber, die ihrer impliziten Theorie widersprachen, interpretierten die Kinder als lokale Abweichungen. Konnten sie eine Theorie jedoch angesichts widersprechender Fakten nicht mehr aufrechterhalten, suchten sie nach einer neuen Theorie.

Ein wichtiger Faktor im Theorieaufbau bei Kindern sind nach den heutigen Ansätzen in der Entwicklungspsychologie die Irritationen, die durch Anomalien ausgelöst werden. Susan Carey (1985) charakterisiert das natürliche Lernen in der Kindheit daher als einen Konzeptwandel (*conceptual change*) – analog zum Theoriewandel in der Wissenschaftsgeschichte (Kuhn, 1962/2012). Nach ihrer Theorie des Begriffserwerbs beruht das begriffliche Verstehen auf einem angeborenen kognitiven Kernsystem (*core cognition*) (Carey, 2011). Dieses System der Kernkognition ermögliche etwa die mentale Repräsentation physikalischer Objekte und die Unterscheidung zwischen kausalem und intentionalem Geschehen (Carey & Spelke, 1996). Nach Carey ist das kognitive Kernsystem Grundlage für den Erwerb intuitiven, domänenpezifischen Wissens. Obwohl für Carey das Kernsystem angeboren ist, vollzieht sich der Lern- und Begriffsbildungsprozess analog zum Theoriewandel in der Wissenschaft. Man bezeichnet diese Theorie der konzeptuellen Entwicklung deshalb auch als Theorie-Theorie (Gopnik & Wellman, 1992; Murphy & Medin, 1985).

Noch stärker wird die Rolle von Theorien im begrifflichen Lernen von Kindern innerhalb der Theorie-Theorie nach der »theories all the way down«-Auffassung (Gopnik, 1996, 510). Nach diesem Ansatz ist der natürliche Lernprozess von Kindern durchweg als Theorieerwerb zu ver-

stehen (Gopnik & Meltzoff, 1998). Es existiert nur ein grundlegender domänenübergreifender Mechanismus, in dem wissenschaftliche Theoriebildung und intuitives kindliches Lernen vollständig miteinander identifiziert werden (Gopnik, 2012). Gopnik (1996b) vertritt die Hypothese, dass Wissenschaft aus dem gleichen Erklärungsbedürfnis motiviert sei wie das kindliche Forschen und Lernen. Auch für Gopnik ergeben sich aus der Übereinstimmung von kognitiver Entwicklung und dem Entdeckungsprozess der Wissenschaft für die Wissenschaftstheorie wichtige Einsichten. Das spontane, intrinsisch motivierte Theorie-Lernen in der frühen Kindheit sei direkt mit der Frage verbunden, wieso Menschen überhaupt in der Lage seien, etwas über das Universum zu verstehen (Gopnik, 1996). Nach der *Theory Theory to the Max* (Stich & Nichols, 1998) sind kindliches Begriffslernen und wissenschaftlicher Theoriebildungsprozess im Grunde das gleiche Phänomen.

Gopniks radikale Theorie-Theorie, nach der wissenschaftlich forschende Erwachsene wie Kinder denken, wurde vielfach kritisiert (Downes, 1999; Faucher et al., 2002; Fine, 1996; Solomon, 1996). Ein grundsätzliches Problem entsteht zum Beispiel durch die Frage, wie die Gleichsetzung von wissenschaftlicher Forschung und frühkindlichem Lernen generell gerechtfertigt werden kann. Gopnik und Meltzoff (1998) und Gopnik (1996) begründen die *Scientist-as-Child*-Hypothese mit evolutionspsychologischen Überlegungen: Die Evolution habe Kinder mit einem Mechanismus zur Theoriebildung ausgestattet, den wir uns im Erwachsenenalter in der wissenschaftlichen Praxis zunutze machen.

Das Problem einer solchen naturalistischen Begründung der wissenschaftlichen Erkenntnisfähigkeit ist, dass eine evolutionspsychologische Begründung des logisch-kausalen Denkens allein noch nicht erklärt, warum wissenschaftliche Erklärungen zwingend die adäquaten Antworten auf menschliche Warum-Fragen sind (Fine, 1996). Nimmt man an, dass unsere wissenschaftlichen Fähigkeiten in einem Prozess natürlicher Auslese entstanden sind, gewinnt man dadurch noch kein Kriterium für die Verlässlichkeit der wissenschaftlichen Denkweise. Stattdessen erhält man nur, was man schon voraussetzt, nämlich dass unsere wissenschaftlichen Fähigkeiten deshalb so gut funktionieren, weil sie sich als vorteilhaft für unser Überleben herausgestellt haben.

Wie jedoch der Prozess der Evolution es schaffen soll, dass ausgerechnet unser kognitives System die Welt adäquat erfasst, bleibt, wie auch Gopnik (1996) sagt, mysteriös (Fine, 1996).

Dieses Problem evolutionär-naturalistischer Begründungen betrifft auch Piagets Auffassung, nach der die menschliche Erkenntnis in biologischen Entwicklungsprozessen begründet ist. Sowohl Piaget als auch die Theorie-Theorie teilen eine unreflektierte Grundannahme, die seit den Anfängen der Kindheitsforschung immer wieder aufgestellt wird (Downes, 1999). Diese Grundannahme besteht darin, dass Kinder in ihrer konzeptuellen Entwicklung Merkmale früherer Stufen der menschlichen Denkevolution zeigen würden. Die geistige Entwicklung wird also ähnlich zur »Rekapitulationstheorie« verstanden, nach der der menschliche Embryo Merkmale früherer Stufen der physischen Entwicklung aufweise (Haeckel, 1874; Taine, 1877).

Zwar behauptet die Theorie-Theorie nicht, Kinder seien in ihrem Denken primitiver oder weniger ausgeklügelt, sondern hebt im Gegenteil die kausalen und inferentiellen Fähigkeiten in der Kindheit besonders hervor. Dennoch geht die Theorie-Theorie mit ihren evolutionspsychologischen Begründungen implizit von einem sich ausdifferenzierten Entwicklungsverlauf aus, an deren Ende erst die Erkenntnis der Wahrheit steht. Der kognitive Prozess des Testens und Verwerfens von Theorien wird dann als Ausdruck evolutionärer Prozesse verstanden; evolutionärer und wissenschaftlicher Fortschritt verhalten sich demnach analog.

Die Begründung der Theorie-Theorie in evolutionären Prozessen ist vielleicht ihr größter Schwachpunkt. Denn einerseits kann ihr dadurch leicht die empirische Grundlage abgesprochen werden. Schließlich ist es auch evident, dass Menschen Fehlkonzepte, Vorurteile und widersprüchliche Theorien annehmen, an denen sie trotz widersprechender Evidenz festhalten. Andererseits bleibt der wissenschaftliche Erkenntnisprozess unterbestimmt, wenn man ihn nur als Prozess des Hypothesentestens versteht (Downes, 1999).

Die Kritik an den naturalistischen Voraussetzungen der Theorie-Theorie ist mit einem weiteren Kritikpunkt verbunden, denn sie reflektiert nicht ausreichend die sozialen und normativen Aspekte von

Wissenschaft (Faucher et al., 2002; Solomon, 1996). Die Gleichsetzung von kindlichem Begriffsbildungs- und wissenschaftlichem Theoriebildungsprozess scheine zwar als Heuristik für das kindliche Verhalten noch zu funktionieren. Es bleibe daher fraglich, inwiefern dadurch Erkenntnisse für die Wissenschaftstheorie zu erwarten sind (Solomon, 1996).

Genau für diese Umkehrung der Betrachtung argumentiere ich jedoch hier: Nicht nur sind die Begriffe der Wissenschaftstheorie hilfreich, um frühkindliches Lernen zu verstehen, sondern umgekehrt kann die Beobachtung kindlichen Neugierverhaltens auch neue Einsichten für die Wissenschaftstheorie liefern. Gopniks *Scientist-as-Child*-Hypothese wird plausibel, wenn man sie von ihren evolutionär-naturalistischen Voraussetzungen löst und stattdessen die Sprache und insbesondere das Schema von Warum-Frage und Erklärung mehr in den Blick nimmt. Diese dialogische Perspektive stärkt gerade die normativen und objektiven Aspekte wissenschaftlicher Erkenntnis: An den Schemata von Frage und Antwort wird deutlich, wie Menschen tatsächlich in einem Gespräch aufeinander und auf Gegenstände Bezug nehmen und wie Fragen beantwortet werden sollen.

Relevant ist dabei, dass Menschen in einem »Prozess der kooperativen Kommunikation« (Tomasello, 2009, 364) zu Ideen kommen (»building ideas in shared endeavors«, Rogoff & Toma, 1997, 473; Rogoff, 1990). Diese anthropologische Sicht in der kognitiven Psychologie der Kindheit wurde in letzter Zeit als wichtige Ergänzung zur Theorie-Theorie eingefordert: Statt Kinder als quasi-autonome Lernende zu betrachten, sollte der Dialog, in dem eine Frage gestellt und beantwortet wird, mehr beachtet werden (Harris, 2012, 2020; Harris et al., 2018).

Den Dialog, der sich aus bestimmten Warum-Fragen von jüngeren Kindern entwickeln kann, verstehe ich zunächst als ein *shared scientific thinking* (Crowley et al., 2001). Diese Interaktionsform lässt sich auch als Ausdruck eines generellen *sustained shared thinking* beschreiben (Hildebrandt et al., 2016; König, 2010; Siraj-Blatchford et al., 2002). *Sustained shared thinking* kann als Methode des Philosophierens mit jüngeren Kindern (Scheidt, 2011) oder als ein Navigieren im Raum der Gründe beschrieben werden (Hildebrandt & Musholt, 2020). In der Praxis des

shared scientific thinking greifen erwachsene Bezugspersonen im Alltag das Warum auf und geben entweder kürzere Erklärungen basierend auf ihrem Wissen oder nehmen sich Zeit für ausführlichere und vollständigere Erklärungsgespräche (Callanan & Oakes, 1992; Crowley et al., 2001).

2.4 Warum-Fragen von Kindern

Das Phänomen der frühkindlichen Warum-Fragen systematisch empirisch zu untersuchen, ist nicht leicht zu realisieren. Kinder stellen ihre Fragen spontan in Alltagssituationen und meist im familiären Umfeld, sodass für Studien im Grunde die gesamte Konversation eines Kindes aufgezeichnet und transkribiert werden muss oder Eltern und andere Bezugspersonen Notizen anfertigen müssen (Callanan & Oakes, 1992; Chouinard, 2007; Hickling & Wellman, 2001). Ein anderer methodischer Ansatz ist, dass Warum-Fragen bei Kindern durch Stimuli-Items, wie Bilder, Gegenstände etc., ausgelöst werden (Berlyne & Frommer, 1966; Frazier, Gelman & Wellman, 2009). Der dritte, eher qualitativ orientierte Ansatz besteht darin, einzelne Warum-Fragen aus der Konversation mit Kindern herauszustellen und zu klassifizieren (Isaacs, 1930; Piaget, 1923/1997; Sully, 1896).

Insgesamt existieren, verglichen mit der Menge an sonstigen Forschungsergebnissen zu frühkindlicher Kognition und Sprache, relativ wenige Studien, die sich explizit mit Warum-Fragen befassen. Empirisch wurde jedoch gezeigt, dass Kinder Warum-Fragen gezielt in epistemischen, also erkenntnisbezogenen, problematischen Situationen stellen und dass es um das dritte Lebensjahr herum einen deutlichen Anstieg von Warum-Fragen gibt, der danach wieder zurückgeht (Hickling & Wellman, 2001; Chouinard, 2007).

Es ist klar, dass kindliches Warumfragen von Kind zu Kind stark variieren kann. Ein Zusammenhang zwischen individueller Intelligenz und dem Stellen von Warum-Fragen wurde jedoch nicht beobachtet (Tizard, Carmichael & Pinkerton, 1983): Lediglich die Häufigkeit von Warum-Fragen hängt davon ab, wie viel Konversation mit dem Kind in

der Familie gepflegt wird bzw. wie sehr das Fragenstellen von den sozialen Bezugspersonen anerkannt wird, und auch davon, ob die Fragen adäquat beantwortet werden. Es lässt sich – trotz geringer Datenlage – auch festhalten, dass die Menge und Frequenz explanatorischer Fragen vom kulturellen und sozialen Kontext abhängen. Gauvain, Munroe und Beebe (2013) etwa zeigen, dass Kinder – abhängig von Familie und Gesellschaft – weniger oder mehr Erklärungsfragen stellen. Zwei Faktoren scheinen zu diesem Unterschied beizutragen. Zum einen verbringen Kinder in manchen Familien mehr Zeit mit erwachsenen Bezugspersonen, was sich direkt auf die Anzahl der Warum-Fragen auswirkt. Zum anderen kann das Warum auch als Infragestellung der erwachsenen Autorität betrachtet werden, weshalb das explanatorische Fragenstellen in manchen Familienkulturen schon früh unterbunden wird (Gauvain, Munroe & Beebe, 2013).

Grundsätzlich ist zu sagen, dass im Alltag der Anteil kausaler und begründungssuchender Fragen lediglich einen geringeren Anteil an der Gesamtmenge kindlicher Fragen einnimmt und dass die von mir hier untersuchten problemaufwerfenden Warum-Fragen einen noch geringeren Prozentsatz ausmachen (Davis, 1932; Smith, 1933). Mir geht es hier jedoch nicht um die verschiedenen Erklärungspraxen in Familienkulturen oder um inter- oder intraindividuelle Unterschiede, sondern um die Rolle der Warum-Frage im Erkenntnisprozess generell.

Am folgenden Beispiel möchte ich zeigen, wie das wiederholte Aufgreifen von Erklärungen in Warum-Fragen zu abstrakten wissenschaftlichen Theorien führen kann. Es handelt sich um eine – eventuell fiktive – Dialogsequenz der dreijährigen Sarah mit ihrem Vater, dem Chemiker Stephen McNeill (2011):

»SARAH: Daddy, were you in the shower?
 DAD: Yes, I was in the shower.
 SARAH: Why?
 DAD: I was dirty. The shower gets me clean.
 SARAH: Why?
 DAD: Why does the shower get me clean?
 SARAH: Yes.

DAD: Because the water washes the dirt away when I use soap.

SARAH: Why?

DAD: Why do I use soap?

SARAH: Yes.

DAD: Because the soap grabs the dirt and lets the water wash it off.

SARAH: Why?

DAD: Why does the soap grab the dirt?

SARAH: Yes.

DAD: Because soap is a surfactant.

SARAH: Why?

DAD: Why is soap a surfactant?

SARAH: Yes.

DAD: That is an EXCELLENT question. Soap is a surfactant because it forms water-soluble micelles that trap the otherwise insoluble dirt and oil particles.

SARAH: Why?

DAD: Why does soap form micelles?

SARAH: Yes.

DAD: Soap molecules are long chains with a polar, hydrophilic head and a non-polar, hydrophobic tail. ...

SARAH: Why?

DAD: Why do the molecules have a hydrophilic head and a hydrophobic tail?

SARAH: Yes.

DAD: Because the C-O bonds in the head are highly polar, and the C-H bonds in the tail are effectively non-polar.

SARAH: Why?

DAD: Because while carbon and hydrogen have almost the same electronegativity, oxygen is far more electronegative, thereby polarizing the C-O bonds.

SARAH: Why?

DAD: Why is oxygen more electronegative than carbon and hydrogen?

SARAH: Yes.

DAD: That's complicated. There are different answers to that question, depending on whether you're talking about the Pauling or Mulliken electronegativity scales. The Pauling scale is based on homonuclear versus heteronuclear bond strength differences, while the Mulliken

scale is based on the atomic properties of electron affinity and ionization energy. But it really all comes down to effective nuclear charge. The valence electrons in an oxygen atom have a lower energy than those of a carbon atom, and electrons shared between them are held more tightly to the oxygen, because electrons in an oxygen atom experience a greater nuclear charge and therefore a stronger attraction to the atomic nucleus! Cool, huh?

(pause)

SARAH: I don't get it.

DAD: That's OK. Neither do most of my students.« (McNeill, 2011)

Aus der Quelle geht nicht hervor, ob diese Konversation real so geschehen ist, ob sie gänzlich fiktiv oder bloß literarisch übertrieben wurde. Aber das ist in diesem Fall auch nicht entscheidend. Der Punkt ist vielmehr, dass ein Warum-Regress (Lipton, 2004, 21) in der hier demonstrierten Art schon nach einigen Rekursionen zu einem Abstraktionslevel führt, das die fundamentalen Annahmen einer Wissensdomäne zum Gegenstand hat.

Das Konversationsbeispiel verdeutlicht auch, dass es eine bestimmte Art des Warumfragens ist, die zu solchen fundamentalen Einsichten führt. Die Frage nimmt immer wieder die Erklärung der vorherigen Frage auf. Jedoch handelt es sich bei diesem Aufgreifen nicht um eine Art des Erklärens, bei der das zeitlich jeweils vorhergehende Ereignis als Erklärung dient. Denn es wäre in dem Dialog auch möglich gewesen, das Warum auf das Ereignis zu beziehen statt auf die kausalen Eigenschaften. Wäre die Kette der Warum-Frage auf Ereignisse bezogen, dann hätte die Frage in der dritten Wendung des Dialogs gelautet: ›Warum warst du schmutzig?‹, und die Antwort wäre vielleicht gewesen: ›Weil ich im Garten gearbeitet habe.‹ Die Frage ›Warum hast du im Garten gearbeitet?‹ hätte dann beantwortet werden können mit ›Weil ich das Laub entfernt habe.‹ usw.

Ein fortgesetzter Warum-Dialog würde in einer potenziell unendlichen Kette immer wieder Ereignisse oder Absichten in der Antwort nennen, die Teil der Geschichte des Ereignisses sind, auf das sich die Ursprungsfrage bezieht. Die Art des Warumfragens hingegen, bei der

immer wieder die vorherige generische Erklärung aufgegriffen wird, ist allerdings spannender oder interessanter. Sie führt auch zu tieferen Erklärungen. Das ewige Fragen nach Ereignissen und Absichten erscheint hingegen bald langweilig und hat schließlich auch keinen Sinn mehr (Colwell, 1996).

Bei der Dialogsequenz mit der dreijährigen Sarah handelt es sich nicht um einen Dialog im Sinne eines *shared scientific thinking* (Crowley et al., 2001), d.h. um ein länger andauerndes Erklärungsgespräch. Stattdessen vermittelt ihr Vater kürzere, aber dafür elaborierte Theoriebestandteile. Das Beispiel zeigt aber, dass ein wiederholtes Aufgreifen der Erklärung zu abstrakten wissenschaftlichen Modellen und Theorien führt. Ein realistischeres Beispiel für ein *shared scientific thinking* von Kindern und Erwachsenen ist der folgende Dialog von Beth (3; 10) und ihrer Mutter:

»Child: Is our roof a sloping roof?

Mother: Mmmm. We've got two sloping roofs, and they sort of meet in the middle.

Child: Why have we?

Mother: Oh, it's just the way our house is built. Most people have sloping roofs so that the rain can run off them. Otherwise, if you have a flat roof, the rain would sit in the middle of the roof and make a big puddle, and then it would start coming through.

Child: Our school has a flat roof, you know.

Mother: Yes it does actually, doesn't it?

Child: And the rain sits there and goes through?

Mother: Well, it doesn't go through. It's probably built with drains so that the water runs away. You have big blocks of flats with rather flat sort of roofs. But houses that were built at the time this house was built usually had sloping roofs.

...« (Tizard & Hughes, 1984, 124)

Die Fragen der noch nicht vierjährigen Beth und die überlegten Antworten ihrer Mutter zeigen die »power of a puzzling mind« (Tizard & Hughes, 1984, 123). Beths Fragen vermitteln einen Gedankenprozess, an dessen Ende Einsichten in grundlegende Zusammenhänge stehen.

Meine zentrale Annahme ist nun, dass die Warum-Fragen von Kindern in vielen Fällen aus einer bestimmten kognitiv-affektiven Einstellung heraus gestellt werden, für die im Prozess der Beantwortung nur das generische Aufgreifen adäquat ist. Ein Aufgreifen des Sachverhalts als Einzelereignis ist hingegen in diesen Fällen nicht adäquat.

Die beiden Arten des Warumfragens und -beantwortens sind auch Thema des zweiten Beispiels für die epistemische Kraft des Warums. Richard Feynman, bekannt als »Great Explainer« (LeVine III, 2009), wurde in einem Fernsehinterview (Feynman, 1983) gefragt, warum sich Magnete an ihren Polen abstoßen. Feynmans Antwort bezieht sich zunächst auf die Schwierigkeit, Warum-Fragen in der passenden Weise zu beantworten:

»Of course, it's an excellent question. But the problem, you see, when you ask why something happens, how does a person answer why something happens? For example, Aunt Minnie is in the hospital. Why? Because she went out, slipped on the ice, and broke her hip. That satisfies people. It satisfies, but it wouldn't satisfy someone who came from another planet and who knew nothing about why when you break your hip do you go to the hospital. How do you get to the hospital when the hip is broken? Well, because her husband, seeing that her hip was broken, called the hospital up and sent somebody to get her. All that is understood by people. And when you explain a why, you have to be in some framework that you allow something to be true. Otherwise, you're perpetually asking why. Why did the husband call up the hospital? Because the husband is interested in his wife's welfare. ...

And you begin to get a very interesting understanding of the world and all its complications. If you try to follow anything up, you go deeper and deeper in various directions. For example, if you go, ›Why did she slip on the ice?‹ Well, ice is slippery. Everybody knows that, no problem. But you ask why is ice slippery? That's kinda curious. Ice is extremely slippery. It's very interesting. You say, how does it work? You could either say, ›I'm satisfied that you've answered me. Ice is slippery; that explains it,‹ or you could go on and say, ›Why is ice slippery?‹ and then you're involved with something, because

there aren't many things as slippery as ice. It's very hard to get greasy stuff, but that's sort of wet and slimy. But a solid that's so slippery? Because it is, in the case of ice, when you stand on it (they say) momentarily the pressure melts the ice a little bit so you get a sort of instantaneous water surface on which you're slipping. Why on ice and not on other things? Because water expands when it freezes, so the pressure tries to undo the expansion and melts it. It's capable of melting, but other substances get cracked when they're freezing, and when you push them they're satisfied to be solid.

Why does water expand when it freezes and other substances don't? I'm not answering your question, but I'm telling you how difficult the why question is. You have to know what it is that you're permitted to understand and allow to be understood and known, and what it is you're not. You'll notice, in this example, that the more I ask why, the deeper a thing is, the more interesting it gets. We could even go further and say, ›Why did she fall down when she slipped?‹ It has to do with gravity, involves all the planets and everything else. Nevermind! It goes on and on.« (Feynman, 1983/2012)

Feynman unterscheidet hier zwischen Ketten von Warum-Fragen: solchen, die *kinda curious* sind, und solchen, die zwar kurzfristig den Fragestellenden zufriedenstellen, aber die nicht zu den interessanteren wissenschaftlichen Erkenntnissen führen. Die neugierige Art des Warumfragens drückt eine Verwunderung aus. Hier ist es das Wundern darüber, dass etwas Festes wie Eis rutschig ist, obwohl man diese Disposition eigentlich von schmierigen Substanzen erwarten würde. Die Antwort auf diese Frage führt dann direkt zur nächsten *kinda-curious*-Warum-Frage, die eine Anomalie des Wassers thematisiert: ›Warum dehnt sich Wasser aus, wenn es gefriert, und andere Substanzen nicht?‹ Die *kinda-curious*-Frage hat eine kontrastierende Struktur und drückt eine Verwunderung oder epistemische Neugier aus, die im Prozess der Beantwortung dann zur Bildung wissenschaftlicher Theorien führt. Die Warum-Frage hingegen, die nach der Erklärung eines einzelnen Ereignisses fragt, stellt eher eine praktische Neugier. Sowohl an Feynmans Beispiel als auch an der Dialogsequenz der dreijährigen Beth fällt also auf, dass nur eine ganz bestimmte Art des Fragens *kinda curious* ist. Diese Art des

wiederholten Fragens führt zu abstrakten wissenschaftlichen Erklärungen, während die andere Art und Weise des Fragens es nicht tut.

Feynman liefert auch einen Hinweis dafür, wieso dieser Unterschied leicht zu übersehen ist: Beim Erklären eines Warums muss ein Ordnungsrahmen bzw. Bezugssystem spezifiziert werden. Diesen Hinweis Feynmans interpretiere ich folgendermaßen: Zunächst enthält er eine Art Definition der Erklärung. Eine Erklärung beantwortet die Warum-Frage innerhalb eines bestimmten Ordnungsrahmens, in dem das, was erklärt wird, wahr sein kann. Des Weiteren zeigt Feynman, dass eine Warum-Frage die Tendenz zur Mehrdeutigkeit hat. Die Person, an welche die Warum-Frage gerichtet ist, kann den Sinn der Frage potenziell missverstehen und sie innerhalb eines Rahmens beantworten, der vom Bezug der fragestellenden Person abweicht.

Derartige Missverständnisse verweisen auf ein grundlegendes Problem der Warum-Frage, das etwa in der soziologischen Interview-Forschung früh thematisiert wurde (Lazarsfeld, 1935): Um eine Warum-Frage beantworten zu können, muss für den Antwortenden die Hinsicht, in der ein Grund gesucht wird, bekannt oder spezifiziert sein. Bleibt diese Hinsicht unklar, etwa weil sie einfach vorausgesetzt und nicht explizit gemacht wird, und die antwortende Person antwortet innerhalb ihres abweichenden Verständnisses der Frage, dann passt die Antwort nicht zur eigentlichen Frage. Die Antwort ist dann nicht erklärend.

2.5 Der Sinn einer Warum-Frage

Den im vorherigen Abschnitt festgestellten Unterschied zwischen den verschiedenen Arten des Warum-Fragens möchte ich nun deutlicher darstellen. Im Folgenden bezeichne ich den Ordnungsrahmen als den Sinn einer Warum-Frage. Für die Pluralbildung spreche ich von Sinn-ebenen. Kurz gesagt ist der Sinn einer Frage ein bestimmter Typ von Antwort, während die Bedeutung der Frage die wahre Antwort ist. Die sprachphilosophische Unterscheidung von Sinn und Bedeutung stammt von Frege (1891/2002). Auf die Frage bezogen kann die Bedeutung einer Frage auch etwa als eine endliche Menge sich gegenseitig ausschlie-

ßender Antworten definiert werden (Hamblin, 1958; van Fraassen, 1980, 140).

Der Sinn ist hingegen mehr mit dem aktiven Gedankenprozess verbunden, der zu der Frage führt. Am besten versteht man den Sinn als Ausdruck einer fragenden Haltung oder einer bestimmten kognitiv-affektiven Einstellung (Carruthers, 2017, 2018; Friedman, 2013). Üblicherweise gehen wir davon aus, dass Menschen ihre Fragen stellen, weil sie metakognitiv feststellen, dass sie eine Lücke in ihrem Wissen füllen müssen. Carruthers (2017, 2018) argumentiert jedoch, dass es einfacher ist, Fragen als Ausdruck einer *questioning attitude* zu charakterisieren. Diese Haltung ist zum Beispiel eine bestimmte Art der Verwunderung. Jüngere Kinder könnten daher leicht eine Fragehaltung einnehmen, ohne dass ihnen der Sinn der Frage metakognitiv zugänglich sein muss.

Die kognitiv-affektive Einstellung kann auch als der Grund oder Motivation zur Frage interpretiert werden: Die fragende Person fragt deshalb, weil sie in einer bestimmten Beziehung zum Thema der Frage ein epistemisches Gefühl der Neugier verspürt. Dennoch ist der Sinn der Frage nicht unbedingt gleichzusetzen mit einer bewussten epistemischen Absicht der fragenden Person. Sinn und Absicht wären nur dann miteinander identisch, wenn der Grund der Frage der fragenden Person metakognitiv bewusst ist und die Person artikulieren kann, warum sie die Frage stellt und warum sie einen bestimmten Typ von Antwort buchstäblich im Sinn hat. Sie könnte also etwa die antwortende Person korrigieren und sagen: »So meine ich die Frage nicht, ich meine sie in einem anderen Sinn. Der Sinn ist dieser und jener.«

Kann die fragende Person den Grund nicht artikulieren, besteht die Absicht einfach darin, dass die Frage wahr und dem Sinn entsprechend beantwortet wird. Die fragende Person setzt dann einfach darauf, dass die adressierte Person den Sinn ihrer Frage versteht. Die fragende Person muss also gar nicht wissen, welche Art von Frage sie stellt, und trotzdem verlangt die Frage einen bestimmten Typ von Antwort. Stellt zum Beispiel ein jüngeres Kind eine Warum-Frage, für deren Sinn eine wissenschaftliche Erklärung adäquat ist, dann bedeutet das nicht, dass das Kind sich dieses Sinns bewusst ist. Trotzdem wäre es ein Verstoß gegen

Logik und Semantik der Frage, wenn man meinte, die Frage des Kindes nicht in dem Sinn beantworten zu müssen, den die Frage voraussetzt.

Beobachtet man das Frageverhalten von Kindern, dann kann man auf den ersten Blick den Eindruck bekommen, Kinder würden ihre Fragen ohne Sinn oder in einem bestimmten Kind-Sinn stellen. Dazu das folgende, reale Beispiel eines Warum-Dialogs, der sich bei einer gemeinsamen Bilderbuchbetrachtung entspinnnt:

»Mother (Mo): ›he's a little boy who's painting.‹
 Child (Ch): ›why he painting?‹
 Mo: ›because he likes to paint.‹
 Ch: ›why he like to paint?‹
 Mo: ›because it's fun.‹
 Ch: ›why it's fun?‹
 Mo: ›because it's something he like (s) to do.‹
 Ch: ›why he like to do it?‹« (MacWhinney & Snow, 1985, z.n. Gauvain, Munroe & Beebe, 2013, 1160)

Das Beispiel kann den Eindruck vermitteln, das Kind würde ohne Sinn seine Fragen stellen. Jedoch lässt sich das wiederholte Nachfragen des Kindes auch so interpretieren, dass der Sinn der Frage hier von der Bezugsperson nicht adäquat erfasst wurde. Studien zum Frageverhalten von Kindern zeigen, dass Kinder Fragen wiederholen, wenn ihr Erklärungsbedürfnis nicht aufgegriffen wurde, und dass Kinder etwa nicht-zirkuläre Antworten der Erwachsenen bevorzugen und dass sie generell sensitiv gegenüber der Erklärungsqualität sind (Baum, Danovitch & Keil, 2008; Corriveau & Kurkul, 2014; Frazier, Gelman & Wellman, 2009, 2016; Mills et al., 2019).

Die Frage des Kindes, ›Warum malt er?‹, könnte daher auch in dem Sinn aufgegriffen werden, dass gefragt wird: ›Warum kannst du hier behaupten, dass er malt?‹ Versteht man die Frage in diesem Sinn als eine Frage nach der Evidenz oder der Begründung einer Meinung, also als Frage eines argumentativen Typs (Bova & Arcidiacono, 2013), dann eröffnet sich die Möglichkeit für eine andere Erklärungsantwort: ›Ich kann behaupten, dass er malt, weil ich sehe, dass er einen Pinsel in der Hand‹

hat und Farbe auf ein Papier aufträgt. Mein Punkt ist hier nicht, dass eine Bezugsperson immer eine solche elaborierte Antwort geben muss, um auf die Warum-Frage des Kindes angemessen zu reagieren. Die zwischenmenschliche Beziehung und der Dialog an sich haben sicher die größere Bedeutung. Mir geht es aber darum, zu zeigen, dass die kognitiv-affektive Einstellung, aus der heraus die Frage gestellt wird, auch bei Kindern variieren kann und dass nicht immer nur der gleiche Typ von Erklärung als Antwort angenommen werden muss. Die Sinnebene einer Warum-Frage, wie ich sie hier entwickle, korrespondiert mit einem bestimmten Typ der Erklärung.

2.6 Typen der Erklärung

Die Beobachtung, dass es unterschiedliche Typen von Erklärungen gibt, ist natürlich nicht neu. Die berühmteste Typisierung stammt von Aristoteles:

»We think we have scientific knowledge when we know the cause, and there are four causes: (1) the definable form, (2) an antecedent which necessitates a consequent, (3) the efficient cause, (4) the final cause.« (*Analytica posteriora*, II 11, 94a20, McKeon, 2001)

Das altgriechische *aitia* mit ›Ursache‹ oder *cause* zu übersetzen und im Sinne des von Hume geprägten Kausalbegriffs aufzufassen, macht es allerdings schwierig zu verstehen, was Aristoteles im Sinn gehabt haben dürfte. Die neuere Forschung übersetzt *aitia* daher mit Erklärung und versteht unter dem Begriff die Antwortmöglichkeit auf eine Warum-Frage (Falcon, 2019). Folgende Bezeichnungen bieten sich nun für Aristoteles' Typen an:

- (a1) formale,
- (a2) materiale,
- (a3) effektuale,
- (a4) finale Erklärungen.

In Leunissens (2007) Übersetzung wird die Stelle in der *Analytica posteriora* verständlicher:

»Since we think we have [scientific] knowledge when we know the explanation, and there are four types of explanation—one, what it is to be a thing and another, given what things being the case it is necessary for that to hold; another, what first initiated the motion; and fourth, the for the sake of what—all of them are brought out through the middle term.« (*Analytica posteriora.*, II 11, 94a20, Übersetzung Leunissen, 2007, 176).

Wie Leunissen (2007) zeigt, gebraucht Aristoteles einerseits den Ausdruck *hē aitia* (fem.; pl. *aitiai*) und andererseits den Ausdruck *to aition* (neut.; pl. *aitia*). *To aition* (vom Adjektiv *aitios*, das mit ›verantwortlich‹ oder ›schuldig‹ übersetzt werden kann) bezeichnet den Urheber oder das Agens für einen bestimmten Sachverhalt, während *hē aitia* ursprünglich die Anklage oder den Fall bezeichnet.

Leunissen (2007) merkt an, dass Aristoteles *aitiai* im Sinne größerer syllogistischer Formeln verwendet, die eine Warum-Frage beantworten, also im Sinne von Erklärungstypen, die bestimmte Schlussweisen darstellen. Wissenschaftliches Wissen ist für Aristoteles das Wissen von *hai aitiai*, also von Erklärungen. Dieses Wissen wird durch das hervorgebracht, was Urheber (*aitia*) dafür ist, dass ein Schluss gemacht werden kann. Diese Urheber oder kausalen Faktoren (*causes*) werden von Aristoteles als Wissensbedingungen angesehen:

»Knowing why is to know by means of *to aition* (75A35); this knowledge proceeds from *aitia* (76A19-20) that are primitive (78A25-6).« (Leunissen, 2017, 150, Fußnote)

In der heutigen Wissenschaftstheorie hat die Unterscheidung verschiedener Erklärungstypen immer noch Relevanz. Für van Fraassen (1980, 131–132) etwa bietet Aristoteles' Lehre einen Ansatz, um Einsichten in das Asymmetrie-Problem der Erklärung zu gewinnen. Nagel (1961, 15–20) listet zehn verschiedene Beispiele auf, wie Warum-Fragen in un-

terschiedlichen Kontexten jeweils eine bestimmte Erklärungsantwort verlangen. Er schlägt ebenfalls vier verschiedene Typen vor, denen seine Erklärungsbeispiele zugeordnet werden können (Nagel, 1961, 20–26):

- (n1) das deduktive Modell,
- (n2) probabilistische Erklärungen,
- (n3) funktionale oder teleologische Erklärungen,
- (n4) genetische Erklärungen.

Hier gehen zwar bestimmte Modelle von Erklärungen oder Erklärungstheorien mit Typen von Erklärungen durcheinander, Nagel vermutet aber »distinct logical patterns« (Nagel, 1961, 21), die in bestimmten Kontexten zu Präferenzen hinsichtlich des Erklärungstyps führen.

Im Hinblick darauf, wie zwingend die Korrespondenz zwischen Erklärungstyp und Sinnebene der Warum-Frage ist, muss man zwischen den logisch-semantischen Aspekten und pragmatischen Aspekten von Sprache unterscheiden. Die Pragmatik beschäftigt sich mit der Verwendung von Sprache im Alltag. In unserer alltäglichen Verwendung scheint der Zusammenhang von Sinnebene und Erklärungstyp weniger zwingend. Auch wenn sich logisch-semantisch verschiedene Typen des Warums unterscheiden lassen, heißt das noch nicht, dass wir in unseren alltäglichen Konversationen bewusst immer einen bestimmten Erklärungstyp erwarten (Ronfard et al., 2018).

Die Frage: »Warum ist Paul bei seiner Oma?« könnte effektual beantwortet werden mit: »Weil seine Eltern ihn mit dem Auto hingefahren haben« oder final mit: »Um mit der Oma in den Zirkus zu gehen.« Obwohl es sich um unterschiedliche Typen von Erklärungen handelt, könnte die fragende Person sich mit beiden Arten von Antworten zufriedengeben, sodass sie behaupten kann: »Ich weiß, warum Paul bei seiner Oma ist.«

Geht man aber davon aus, dass die Fragehaltung – eine »attitude of wondering« (Carruthers 2018, 131) – den Sinn der Frage bestimmt, dann lässt sich an dieser Beispielfrage ablesen, dass jeweils ein bestimmter Erklärungstyp unbewusst vorausgesetzt werden muss. Denn einmal würde die Person sich wundern, wieso Paul schon bei seiner Oma ist (etwa im Kontrast dazu, dass er sonst viel länger braucht, um dort hinzukommen, weil er sonst mit dem Bus fährt), und ein andermal würde sie wis-

sen wollen, zu welchem Zweck er diesmal bei seiner Oma ist (unter der Voraussetzung, dass Paul immer aus einem bestimmten Zweck bei seiner Oma ist). Die Besonderheit der Warum-Frage liegt darin, dass sie unterschiedliche Gründe und dadurch unterschiedliche Sinnebenen haben kann, obwohl die Frage gleichlautend ist.

Ein weiteres Beispiel macht diesen Unterschied deutlich: Eine Warum-Frage wird formuliert, indem einem Sachverhalt oder einer Proposition p das Interrogativ *Warum* vorangestellt wird. Sei p »Der Himmel ist blau.«, dann wird durch den Frage-Operator daraus »Warum ist der Himmel blau?«.

Die Antwort auf die Frage ist nun abhängig von ihrem Sinn. Eine Erklärungsantwort könnte etwa lauten: »Der Himmel ist blau, weil die Erde aufgrund ihrer besonderen Geschichte eine auf eine ganz bestimmte Weise zusammengesetzte Atmosphäre hat.« Und als Gegenbeispiele könnte man etwa den Mond nennen, dessen Himmel schwarz ist, oder den Mars, dessen Himmel rötlicher ist. In einem anderen Sinn würde man die Frage aber damit beantworten, dass aufgrund einer Eigenschaft der Moleküle der Atmosphäre vor allem blaues Licht zur Erde geworfen wird und im gleichen Zug die Rayleigh-Streuung erklären (Hoeppe, 1999).

Welchen Sinn die Warum-Frage jeweils hat, wird vom unbewussten Grund der Frage bestimmt, von jener »attitude of wondering« (Carruthers, 2018). Im ersten Fall ergibt sich diese Wundern schlicht aus dem Umstand, dass die Welt auch anders sein könnte. Die Frage »Warum ist der Himmel blau?« resultiert daraus, dass der Fakt des blauen Himmels contingent ist und mit anderen möglichen Welten kontrastiert. Eine weitere Bedingung muss genannt werden, damit der Sachverhalt als wahr behauptet werden kann. Sachverhalte oder Ketten von Sachverhalten, die zu dem Fakt nachvollziehbar führen, sind dann *Gründe*, *warum* etwas der Fall ist (Skow, 2016). Im zweiten Fall bezieht sich die Verwunderungshaltung auf die dispositionellen Eigenschaften des Gegenstandes: Wie ist es zu erklären, dass der Himmel tagsüber bei wolkenlosem Himmel blau, am Abend aber orange-rot ist?

In den späteren Kapiteln gehe ich genauer auf die Unterscheidung der verschiedenen Sinnebenen aus Graden der Verwunderung ein. Fest-

zuhalten ist aber, dass Warum-Fragen – abhängig von der jeweiligen Fragehaltung – unterschiedliche Typen von Erklärungen einfordern können.

2.7 Der epistemische Sinn kindlichen Warumfragens

In diesem Kapitel wurden zwei Perspektiven auf das kindliche Warumfragen diskutiert. Die erste, repräsentiert durch Piaget und Rousseau, geht davon aus, dass Kinder aus einem Gefühl der Unklarheit und Verwunderung Fragen stellen, bezweifelt bei Kindern aber ein echtes wissenschaftliches Erkenntnisinteresse. Die zweite Perspektive, vertreten durch Locke, erkennt bei den Warum-Fragen von Kindern ein Erkenntnisziel. Diese unterschiedlichen Ansichten spiegeln sich in zwei Theorien der menschlichen Erkenntnis wider, welche sich von den innatistischen Theorien – wie jener Platons – abgrenzen. Piagets Theorie betrachtet das Denken als einen natürlichen und letztendlich biologisch determinierten Entwicklungsprozess, der in Interaktion mit der physischen Umwelt stattfinde. Lockes Theorie hingegen betont, dass der Geist durch sinnliche Erfahrungen stimuliert würde. Beide Theorien befassen sich mit dem Problem, wie Urteile zustande kommen, und adressieren dabei die Frage, ob sich das frühkindliche Fragen vom wissenschaftlich-intellektuellen Fragen Erwachsener unterscheidet. Für Piaget existiert eine unüberbrückbare Kluft zwischen der wissenschaftlichen Intelligenz der Erwachsenen und der präkausalen Intelligenz des Kindes. Für Locke hingegen unterscheidet sich das intellektuelle Interesse von Kindern hinsichtlich ihrer Fragen und ihrer Neugier nicht von dem wissenschaftlich interessierter Erwachsener. Ein Kriterium, um diese erkenntnistheoretische Diskussion zu entscheiden, ist also, ob die Warum-Fragen von Kindern einen wissenschaftlich-intellektuellen Sinn haben oder nicht.

An unseren Alltagsfragen zeigt sich, dass das Warum in unterschiedlichen Sinnweisen gestellt werden kann. Grob lassen sich zwei Arten von Warum-Fragen identifizieren: solche, die sich auf allgemeine Phänomene beziehen und eine Verwunderung oder epistemische

Neugier ausdrücken (etwas erscheint als *kinda curious*), und solche, die aus einer praktischen Neugier gestellt werden und nach der Erklärung einzelner Ereignisse oder Handlungen fragen. Insbesondere die aus der epistemischen Neugier stammenden Fragen sind aus einer wissenschaftstheoretischen Perspektive von Bedeutung. Im Gegensatz zum zweiten Typ führen sie, wenn konsequent und adäquat beantwortet, nicht zu endlosen Rekursionen, sondern zu abstrakten wissenschaftlichen Theorien.

Um zu beurteilen, ob sich das frühkindliche Warum-Fragen von dem intellektuell-wissenschaftlichen Fragen Erwachsener fundamental unterscheidet, ist es wichtig, zu erkennen, ob bei den Fragen jüngerer Kinder eine Unterscheidung verschiedener Sinnebenen notwendig unterstellt und ob eine auf abstrakte Erklärungen zielende epistemische Neugier vorausgesetzt werden muss. Würde man hingegen annehmen, dass die Fragen jüngerer Kinder immer vage bezüglich der Sinnebenen sind oder dass ihre Fragen ausschließlich dem zweiten Typ angehören (z.B. nur Fragen nach Intentionen und Zwecken oder einfachen kausalen Beziehungen), dann könnte man ihnen wohl die Fähigkeit zum wissenschaftlich-intellektuellen Fragen absprechen. In diesem Fall würde die fehlende Typunterscheidung bei Kindern als Evidenz für eine Theorie dienen, nach der sich die Fragearten erst im Laufe eines natürlichen Entwicklungsprozesses herausbilden. Im gegenteiligen Fall – wenn die Fragen von Kindern die Typunterscheidung aufweisen – wäre dies ein Hinweis darauf, dass Kinder *Rational Creatures* im Sinne Lockes sind, die auch komplexe wissenschaftliche Fragen initiieren.

Piagets genetische Theorie hatte unzweifelhaft Einfluss auf die Wissenschaftstheorie. In diesem Kapitel habe ich jedoch gegen die Annahme argumentiert, dass sich die Erkenntnisfähigkeit naturalistisch und schrittweise entwickelt. Hauptkritikpunkt ist, dass mit der genetischen Auffassung entscheidende Merkmale von Wissenschaft und rationaler Erkenntnis verloren gehen, insbesondere die Aspekte der Rechtfertigung und des Beweises. Stattdessen sind diese Aspekte stärker in den spezifischen Bedingungen des Dialogs und des Frage-Answer-Schemas begründet. Diese Bedingungen zeigen sich bei den verschiedenen Typen von Erklärungen, die wir durch unterschiedliche

Warum-Fragen einfordern. Es kommt also ein sprachlicher Faktor hinzu, wenn es um die Begründung von Wissenschaft geht. Dies bedeutet jedoch nicht, dass wissenschaftliche Erkenntnis lediglich als soziale Konvention oder als intersubjektiv festgelegte Wahrheit zu verstehen ist. Die Erklärung muss stets adäquat für die Frage sein, die ein Individuum stellt. Im Fokus stehen daher die deduktiv-argumentativen Schemata von Warum-Fragen und ihrer Antworttypen. Neben der epistemischen Neugier, die aus noch zu benennenden Gründen zum intellektuell-wissenschaftlichen Warumfragen anregt, ist also die Dialogform für die Begründung von Wissenschaft von Bedeutung.

Im folgenden Kapitel gebe ich den Stand der empirischen Forschung zu frühkindlichen Warum-Fragen von Kindern detaillierter wieder, wobei die kritische Auseinandersetzung mit Piagets Interpretation im Fokus der Überlegungen steht.

3. Empirische Betrachtungen zu Warum-Fragen von Kindern

Die genetische Erkenntnistheorie, die sich Ende des 19. Jahrhunderts entwickelte, geht von der Annahme aus, dass sich in der individuellen kognitiven Entwicklung die evolutionäre Entwicklung der Spezies widerspiegeln (Sully, 1896, 8). Dadurch rückte die frühkindliche Kognition ins Zentrum wissenschaftlicher Untersuchungen. Denn wenn »zwischen dem Fortschritt in der logischen und rationalen Organisation der Erkenntnis und den entsprechenden psychologischen Formationsprozessen ein Parallelismus besteht« (Piaget, 1973b, 20–21), müssten sich die normativen Elemente des Denkens aus den Notwendigkeiten der Entwicklung des Organismus erklären lassen (Piaget, 1974). Die für das Alter von drei bis sieben Jahren typischen Warum-Fragen sind dabei besonders interessant zu beobachten. Piaget schreibt:

»Bei den Problemen, mit denen sich diese Untersuchung befaßt, bietet die Beobachtung eine erstrangige Informationsquelle an, nämlich das Studium der spontanen Fragen der Kinder. Die detaillierte Prüfung des Inhalts dieser Fragen gibt Aufschluß über die Interessen der Kinder auf den verschiedenen Altersstufen, und sie deckt viele Probleme auf, die sich dem Kind stellen, an die wir nie gedacht hätten oder die wir uns nie in dieser Form gestellt hätten. Die Untersuchung der Form solcher Fragen zeigt vor allem auch, auf welche Lösungen die Kinder implizit kommen, denn fast jede Frage enthält in der Art, wie sie gestellt wird, bereits die Antwort.« (Piaget, 1926/1988, 18)

Piaget vertritt die Ansicht, dass auch die Warum-Fragen und die frühkindliche Neugier einer genetischen Entwicklung folgen. Die wissenschaftliche Neugier ist nicht Ausdruck eines angeborenen Vernunftprinzips des zureichenden Grundes, sondern entwickelt sich für Piaget aus den Interaktionen des Kindes mit der physikalischen Umwelt. Wenn Piaget davon spricht, dass die Frage eines Kindes bereits die Antwort enthalte, dann mein Piaget damit nicht, dass sich aus der Art, wie sie gestellt wird, auf verschiedene Typen schließen lassen würde. Für Piaget (1923/1997) ist eher nur ein einziger Typ in den Fragen der Kinder erkennbar bzw. seien die Typen noch miteinander vermischt und undifferenziert. Da die sensumotorische Aktivität letztlich entscheidend für die Entwicklung der Logik sei, würden die Erklärungen, die jüngere Kinder mit ihren Fragen anstreben, nicht zwischen Motivation und Kausalität unterscheiden. Wissenschaftlich physikalische Erklärung für Naturphänomene könnten jüngeren Kindern daher nicht gegeben werden.

Was aber, wenn Piagets Hypothese über die kindlichen Warum-Fragen nicht zutrifft? Was, wenn die empirische Betrachtung zeigt, dass man Kindern sehr wohl verschiedene Typen in ihren Fragen unterstellen muss und dass Kinder Fragen stellen, die nach wissenschaftlich abstrakten Erklärungen verlangen? Hinsichtlich der wissenschaftlichen Neugier wäre die progressiv-genetische Sichtweise unzureichend. Das Vermögen und die Freiheit, differenziert und typunterschieden nach Erklärungen zu suchen, wären dann schon in der frühen Kindheit vorhanden. Gedankliche Autonomie und die Motive der fragenden Personen rückten dadurch stärker in den Vordergrund. Rationale Gründe für eine Warum-Frage werden daher wichtiger, ebenso die Qualität der Antwort und der Dialog. Anstelle einer progressiven-genetischen Theorie, nach der sich die menschliche Erkenntnisfähigkeit stufenweise entwickelt, traten Sprache, Dialog und generell die kooperative soziale Interaktion sowie die Fähigkeit zur Perspektivübernahme in den Vordergrund.

Ich möchte nun anhand beispielhafter Fragen von Kindern zeigen, dass Piagets Interpretation des frühkindlichen Warums kaum mit der Empirie in Einklang zu bringen ist. Meine Hypothese ist, dass Kinder mit ihren Warum-Fragen eine kognitiv-affektive Einstellung ausdrü-

cken, die bei einem bestimmten Typ von Frage adäquat nur durch Denkprozesse fortgeführt werden kann, an deren Ende wissenschaftliche Theorien und Modelle stehen. Diese Auffassung widerspricht klar Piagets genetischer Sicht, nach der die Kinderfragen keine intellektuelle Neugier ausdrücken. Bevor ich ausführlich auf Piagets Theorie des kindlichen Warums eingehe, betrachte ich James Sullys (1896) Untersuchung, da Piaget (1923/1997) sich ihren Interpretationen teilweise anschließt. An Piagets Interpretation der frühkindlichen Warum-Fragen wird dann aber deutlich, dass die Annahmen der genetischen Epistemologie über die Warum-Fragen von Kindern kaum haltbar sind. Die wenig später veröffentlichte Untersuchung von Isaacs (1930) verdeutlicht jedoch, dass das frühkindliche Warumfragen bereits differenziert ist. Seine Überlegungen stimmen auch besser mit aktuelleren Studien überein, die das kindliche Fragen systematischer untersuchen (Chouinard, 2007; Frazier, Gelman & Wellman, 2009). Aus Isaacs' (1930) Interpretation kindlicher Warum-Fragen lassen sich dann Einsichten gewinnen, die auch für die Bestimmung des Erklärungsbegriffs generell relevant sind, da sie die verschiedenen Hinsichten, in denen ein Warum gestellt und beantwortet werden kann, anhand der Alltagsfragen herausarbeitet.

3.1 James Sully: Kinder als Philosophen

Die Arbeit von James Sully (1896) ist meines Wissens die erste systematische philosophisch-psychologische Reflexion des frühkindlichen Warums. Sully beobachtet den Zeitraum des Warum-Fragealters von zweieinhalb bis vier Jahren. Seine Auffassung vom kindlichen Intellekt ähnelt auf den ersten Blick der Position Lockes:

»Children are in the complete sense little philosophers, if philosophy, as the ancients said, consists in knowing the cause of things.« (Sully, 1896, 79)

Sully stellt hier implizit einen Zusammenhang zu Platon und Aristoteles her, für die der Anfang von Philosophie und Wissenschaft die Verwunde-

rung (*thaumázein*) ist. Für Sully handelt es sich bei dieser Verwunderung um eine Erfahrung der Nicht-Übereinstimmung, die wiederhergestellt werden muss. Sully erklärt dieses Gefühl der Verwunderung mit der besonderen Perspektive eines Kindes auf die Welt. Kinder seien als Novizen ständig mit neuen und seltsamen Dingen konfrontiert, die in ihre Konzeption der bereits bekannten Welt eingefügt werden müssen. Kinder begegneten häufig einem Widerspruch zwischen Bekanntem und Unbekanntem. Um diesen Widerspruch aufzulösen, suchten sie mit ihren Warum-Fragen eine generelle Regel, welche die nicht zusammenpassenden Fakten wieder vereint. Sully vermutet, dass dieses Bedürfnis nach Regelhaftigkeit auch durch zirkuläre Antworten der Erwachsenen (»Why is the pavement hard? – >Because pavement is always hard.) zufriedengestellt werden könnte. Aus heutiger Sicht kann man hier auf aktuelle, systematischere Studien verweisen, die zeigen, dass Kinder im Kindergartenalter nicht-zirkuläre Antworten bevorzugen (Baum, Danovitch & Keil, 2008; Corriveau & Kurkul, 2014).

Sully (1896) zitiert eine ganze Reihe von Fragen, welche für ihn das Gefühl von Verwunderung ausdrücken, das durch einen Widerspruch von Bekanntem und Unbekanntem ausgelöst würde (»Why don't we see two things with our two eyes?«, Sully, 1896, 87; »Why putting my hand in water does not make a hole in it?«, Sully, 1896, 83). Auch liefert Sully einige Beispiele für Fragen von Kindern, bei denen das Verwunderungsgefühl gar nicht durch eine Erklärung adressierbar ist (»Why is there such a lot of things in the world if no one knows all these things?«, Sully, 1896, 84; »Why do I stand here where I stand?«, Sully, 1896, 89). Das Gefühl der Verwunderung erklärt für Sully auch, warum die Warum-Fragen bei Kindern in längeren Warum-Ketten vorkommen. Verwunderung sei bei Kindern so vorherrschend, dass sie gelegentlich völlig davon absorbiert würden und an der Erklärungsantwort der Erwachsenen kaum noch interessiert seien. Diese extreme kindliche Verwunderung scheint ihm daher ein eigener Geisteszustand zu sein, den er mit dem deutschen Wort »Grübelsucht« (Sully, 1896, 89) bezeichnet.

Für Sully sind die Fragen von Kindern aber unbedingt ernst zu nehmen. Die Fragen von Kindern, besonders die Warum-Fragen, seien an sich interessant und bedenkenswert und sie sollten auch wahr beant-

wortet werden. Sully stellt aber auch fest, dass es schwierig ist, den Warum-Fragen von Kindern angemessen zu begegnen, da ihre Fragen einerseits intellektuell anspruchsvoll sind, andererseits aber die Antworten für Kinder verständlich sein sollen:

»The truth is that to understand and to answer children's questions is a considerable art, including both a large and deep knowledge of things, and a quick sympathetic insight into the little questioners' minds, and few of us have at once the intellectual and the moral excellences needed for an adequate treatment of them.« (Sully, 1896, 90)

Für Sully liegt der Grund der Warum-Frage in einem Gefühl der Verwunderung, das sich aus der Begegnung mit Neuem ergibt. Ungeklärt bleibt aber bei Sully, ob er diese für Kinder so typische Verwunderung generell philosophisch-wissenschaftlichen Fragen unterstellen würde. Wenn Ja, dann würde für ihn zwischen den epistemischen Fragen von Kindern kein Unterschied zu den Fragen bestehen, die wir als Erwachsene stellen. Wenn Sully also bei Kindern eine Grundverwunderung sieht, dann würde er das rationale Erkenntnisinteresse von Kindern genau wie Locke anerkennen.

Andererseits unterstellt Sully den Kindern aber auch eine anthropomorphisierende Grundhaltung, die er ebenfalls mit der besonderen Situation des Kindes als Welt-Novize bzw. mit ihren frühen Handlungserfahrungen zu erklären versucht. Sully beobachtet nämlich bei den kindlichen Warum-Fragen auch einen Aspekt, der später Piaget als Bestätigung seiner Theorie dienen wird: Kinder würden annehmen, die ganze Welt sei von Menschen oder einem Wesen gemacht. Sully begründet diesen Hang zu einer anthropomorphisierenden Erklärungseinstellung – ganz ähnlich wie später Piaget – damit, dass Kinder ihre eigenen Handlungs- oder Produktionserfahrungen auf alles Mögliche übertragen würden. Entsprechend sei auch die Tendenz zu Intentionalismen in den Fragen der Kinder zu erklären: Kinder würden ausgehend von ihrer Erfahrung, dass Handlungen mit Absichten hervorgebracht werden, schließen, dass hinter allen Prozessen in der Welt eine Absicht steht. Das

ist genau die Idee, die Piaget aufgreift: Der Sinn der kindlichen Warum-Frage ist eine bestimmte Entwicklungsstufe, in der noch nicht hinreichend zwischen innerer und äußerer Welt unterschieden wird.

Ergänzend zu Sully möchte ich hier noch auf neuere Forschung eingehen, die ebenso eine Tendenz zu sogenannten teleologischen Erklärungen bei Kindern beobachtet und diese ähnlich begründet. Kelemen (1999) etwa argumentiert für eine wahllose Teleologie (»promiscuous teleology«) im Erklärungsdenken von Kindern. Die teleologische Grundeinstellung bei jüngeren Kindern sei eine »default explanatory strategy« (Kelemen, 2004, 299). Diese ist für Kelemen in einem generellen Bedürfnis nach Erklärung begründet. Das »desire to explain« (Kelemen, 1999, 245) führe immer dann zu teleologischen Erklärungen, wenn Kindern Wissen fehle. Keleman verweist auf ihre empirischen Befunde, dass die Bevorzugung teleologischer Erklärungen bei Kindern unabhängig von familiären Diskursen sei. Evidenz dafür sind Untersuchungen, bei denen vier bis fünf Jahre alte Kinder und Erwachsene gefragt wurden, »für was« bestimmte Objekte bzw. ihre Teile da seien, wobei ihnen explizit auch die Antwortmöglichkeit gegeben wurde, dass sie »für nichts« da sein könnten. Kinder waren im Gegensatz zu den Erwachsenen viel eher bereit, Objekten Zwecke zuzuschreiben, sodass Berge »zum Klettern« da seien und Wolken »zum Regnen«.

Gegen Kelemans (1999) Hypothese der wahllosen Teleologie lässt sich aus empirischer Sicht auf die frühkindliche Kognition allerdings einwenden, dass bei Kindern durchaus eine Selektivität hinsichtlich der Erklärungshaltung beobachtet werden kann. Nach der Theorie der selektiven Teleologie unterscheiden Kinder zwischen physikalischen Objekten und biologischen Objekten und schreiben eher biologischen Objekten Zwecke zu. In den Studien von Keil (1992, 1995) etwa bevorzugten Kinder im frühen Grundschulalter teleologische Antworten vor allem in der biologischen Domäne. Keil nimmt daher an, dass teleologische Erklärungen dann angewandt werden, wenn es um Eigenschaften von komplexen Systemen geht. So sind Kinder eher bereit, die Erklärung, eine Pflanze sei grün, damit es mehr Pflanzen gibt, zu akzeptieren, als die Erklärung, eine Pflanze sei grün, weil sie kleine Partikel enthält. Bei einem Smaragd hingegen bevorzugen Kinder, die Antwort mit den Par-

tikeln. Keil (1995) interpretiert dies im Sinne der Theorie-Theorie, nach der Domänen selbst von Erklärungen abhängen und zwar von *domains of explanation*, die wiederum von den kausalen Eigenschaften der Dinge abhängen.

3.2 Piagets Untersuchung kindlicher Warum-Fragen

Piagets (1923/1975, 191) explizite Annahme ist, dass eine Frage das epistemische Bedürfnis oder das Interesse des Fragenden enthüllt und damit Rückschlüsse auf die zugrunde liegende Logik zulässt. Es gibt daher für ihn keinen besseren Weg, die spezifische Logik des Kindes zu verstehen, als durch die Untersuchung seines Frageverhaltens. Dabei konzentriert sich Piaget besonders auf die Warum-Fragen. Piaget weiß, dass Kinder im Alter von drei Jahren besonders häufig Warum-Fragen stellen. Neben Sully (1896) haben Scupin und Scupin (1910), Stern und Stern (1907) und Rasmussen (1922) dieses Verhalten vor ihm beschrieben.

Für die Sterns (1907) beginnt zwischen zwei und drei Jahren das zweite Fragealter: Im ersten Fragealter wird nach Orten und Namen gefragt, im zweiten Fragealter nach Zeit und Kausalität. Piaget (1923/1975) hebt eine Beobachtung der Sterns besonders hervor: Die frühesten Warum-Fragen seien nicht »Zeichen einer theoretischen Wißbegierde, sondern affektiv-praktischer Natur« (Stern & Stern, 1907, 195). Sie drücken eine Form von Enttäuschung aus, etwa weil ein gewünschtes Objekt vorenthalten wird oder ein erwartetes Ereignis nicht eintritt. Die Frage für Piaget ist daher, wie sich der kindliche Geist von dieser affektiven Neugier hin zu einer generellen Neugier entwickelt und von dort zu einem intellektuellen Interesse, das er mit dem Suchen nach Ursachen und Gründen gleichsetzt. Zwischen diesen beiden Extremen – den Warum-Fragen aus affektiver Neugier und den Warum-Fragen aus intellektueller Neugier – muss nach Piaget eine Vielfalt an Nuancen von Warum-Fragen liegen, die es zu klassifizieren gilt.

Schon hieran wird Piagets naturalistisch-genetische Sicht auf die Kinderfragen deutlich: Das Kind hat eine ihm spezifische Logik, die sich in den Warum-Fragen ausdrückt. Es gibt eine natürlich ver-

laufende Entwicklung hin zu Fragen aus intellektueller Neugier. Die Sinnebenen der Warum-Frage differenzieren sich im Verlaufe dieses Prozesses immer weiter aus.

Piaget stützt seine Untersuchung der Warum-Fragen auf eine Sammlung spontaner Fragen, die ein Junge namens Del im Alter von sechs bis sieben Jahren an eine ihm vertraute Person, Liliane Veihl, richtete, bei der Del eine Art »Konversationsunterricht« (Piaget, 1923/1975, 192) genoss. Das Alter des Kindes weicht deutlich vom typischen Warum-Fragealter ab, das ungefähr um den dritten Geburtstag herum seinen Höhepunkt erreicht (Chouinard, 2007; Hickling & Wellman, 2001). Del liegt aber noch knapp innerhalb von Piagets präoperationaler Phase, die ungefähr zwischen dem dritten und dem siebten Lebensjahr anzusiedeln ist.

Zunächst nimmt Piaget eine Typisierung der Warum-Fragen vor. Er unterscheidet dabei drei Typen von Warum-Fragen (Piaget, 1923/1975, 194–196):

- (p1)** Warum der kausalen Erklärung
(einschließlich funktionaler Erklärungen),
- (p2)** Warum der Motivation,
- (p3)** Warum der Begründung.

Den Erklärungsbegriff (frz. »explication«) bezieht Piaget zunächst nur auf (p1). Zwar sind auch logische Begründungen bzw. mathematische Beweise für ihn Erklärungen. Er klammert sie für die Untersuchung allerdings aus, da sie nur für Kinder ab sieben eine Rolle spielen würden und jüngere Kinder sich nicht für sie interessierten. Das Warum der Motivation zieht auf Absichten, Handlungsmotive und psychologische Ursachen, das Warum der Begründung dagegen auf Regeln und Konventionen. Piaget weist nun auf ein für ihn grundsätzliches Problem bei den Fragen von Kindern hin: Es sei schwer, zu entscheiden, zu welchem Typ die Fragen eines Kindes gehören. Vor allem das Warum der Begründung sei bei Kindern noch undifferenziert und vermischt sich mit dem Warum der Motivation.

Piaget will aber gerade die Bedingungen der Warum-Fragen aus der Entwicklung begründen. Piagets frühe Entwicklungstheorie des Geis-

tes lässt sich daher auch in Bezug auf die Warum-Frage als Differenzierungsprozess verstehen: Die Sinnebenen der Frage sind beim Kind noch vermischt. Die unterschiedlichen Erklärungstypen, die wir als Erwachsene ganz selbstverständlich unterscheiden, sind nach Piaget in der besonderen Logik des Kindes wie in einem Keim angelegt, aber noch nicht organisch differenziert. Eine Warum-Frage verlangt daher Piagets Auffassung nach nicht notwendig einen passenden Erklärungstyp als Antwort.

Piaget ist dabei in völliger Übereinstimmung mit seiner Urteilstheorie, die ich oben skizziert habe: Die Warum-Frage hat ihren Sinn im Assimilationsakt, in einer Handlung oder einer Interaktion mit der Umwelt. Von einem erwachsenen objektiven Verständnis kann dabei für Piaget aber keine Rede sein. In diesem ursprünglichen Warum sind der anthropomorphe, finalistische, quasi-psychologische und kausale Sinn der Warum-Frage miteinander vermischt.

Für Piaget entspringen daraus dann zwei grundlegende Bedeutungstendenzen der Warum-Frage, einmal die sogenannte Präkausalität und einmal die psychologische Motivation. Bei der Präkausalität sind motivationale und kausale Typen der Warum-Frage noch nicht unterschieden. Sie differenzieren sich nach Piagets Theorie erst im Verlauf der kognitiven Entwicklung weiter zu funktionalen Warums einerseits (z.B. in Bezug auf Maschinen oder Werkzeuge) und zu kausal-mechanistischen Warums andererseits. Die motivationalen Erklärungen differenzieren sich später ebenfalls in Begründungen von Gebräuchen bzw. Regeln auf der einen und später in logische Begründungen auf der anderen Seite.

Die Entwicklung logischer Begründungen aus psychologisch-motivationalen Erklärungen in Piagets genetischem Programm will ich kurz erläutern: Für Piaget (1923/1975, 43) befindet sich das Kind vom zweiten bis zum siebten Lebensjahr in einer Art Zwischenzustand, dem Egozentrismus, in dem es beginnt, stärker zwischen Subjekt und Objekt zu differenzieren. Dabei entwickelt sich das Denken aus einem mythisch ge deuteten Naturzustand, in dem das Denken nur mit sich beschäftigt und innerlich ist, zu einem Denken, das nach außen gerichtet ist, und das beginnt, sich anderen mitzuteilen: Das Denken sozialisiert sich und passt

sich dadurch der Wirklichkeit an. Das bedeutet in Piagets Theorie, dass das Kind in einem Zustand ist, in dem es das Gefühl hat, etwas verstanden zu haben, aber diese Intuition nicht mitteilen kann. Im Gegensatz zur Denkform des Erwachsenen – dem mitteilenden Denken – fehlt es beim Kind nach Piaget an deduktiven Zwischenschritten, um seine Intuition für andere nachvollziehbar zu machen. Das egozentrische Denken des Kindes ist daher frei von der Notwendigkeit, Überzeugungen zu rechtfertigen und zu begründen (Piaget, 1923/1975, 52). Die Gespräche von Kindern untereinander enthielten, so Piaget, daher auch keine Begründungen oder kausalen Erklärungen, denn jedes Kind sei in seiner eigenen egozentrischen Perspektive eingeschlossen:

»Bei dem ersten Punkt muß man das Fehlen jeder eigentlichen Erklärung unter Kindern feststellen, wenn man unter Erklärung die kausale Erklärung versteht, die Antwort gibt auf die Frage ›warum‹ im Sinne von ›aus welcher Ursache‹ oder ›aus welchem Grunde‹.« (Piaget, 1923/1975, 32)

Piaget entwickelt anhand seiner genetischen Abfolge vom egozentrischen Denken des Kindes zum intelligenten Denken des Erwachsenen seine Hypothese von den zwei verschiedenen Logiken. Die Logik des Kindes springe direkt von der Prämisse zur Konklusion, lege keinen Wert auf Beweise und Rechtfertigungen, gebrauch Analogien und Bilder und sei von Werturteilen bestimmt. Die erwachsene Logik hingegen sei deduktiv, gebrauche ›wenn ..., dann ...‹-Sätze, führe Beweise, versuche, Bilder und Analogien durch Beweisführungen zu ersetzen und vermeide persönliche Werturteile (Piaget, 1923/1975, 53). Wenn Piaget also an späterer Stelle anführt, dass sich logische Begründungen oder mathematische Erklärungen aus dem psychologisch-motivationalen Warum entwickeln, dann bedeutet das für ihn, dass sich das Denken seiner eigenen Irrtümer und Regeln bewusst wird, da es sein Denken anderen gegenüber mitteilen muss:

»Bei der logischen Begründung wird das Denken seiner Selbstständigkeit, seiner eventuellen Irrtümer, seiner Konventionen bewußt: Es ver-

sucht dann nicht mehr die Dinge selbst zu begründen, sondern seine eigenen Urteile.« (Piaget, 1923/1975, 218)

In seinem Übergang vom mythischen, völlig auf den Körper und die Sinne bezogenen Denken hin zum mitteilenden Denken des Erwachsenen sucht das Kind für Piaget daher in allen Dingen eine psychologisch-moralische Notwendigkeit, d.h. es sucht überall nach Motiven, Zwecken und Gründen. Daher komme die Tendenz zu anthropomorphen, finalen und pseudologischen Erklärungen der Kinder.

3.3 Piagets Begriff der Vorkausalität

Piaget bezeichnetet die angebliche Abwesenheit von Erklärungen und von ›wenn ..., dann ...‹-Konstruktionen in der Logik des Kindes als Vorkausalität. Seine Begründung für diese These ist allerdings bemerkenswert: Das Kind habe noch kein Konzept vom Zufall. Sei kein rational-erwachsenes Konzept des Zufalls vorhanden, folge alles der psychologisch-motivationalen Notwendigkeit, der Vorkausalität (Piaget, 1923/1975, 200–201). In Piagets und Inholders (1975) Untersuchung zur Entwicklung des Zufallsbegriffs erläutert Piaget diesen Gedanken folgendermaßen:

»The Why is asking the reason for things in cases where a reason exists, but also quite often in cases where it does not; that is, in cases where phenomenon is fortuitous but where the child sees a hidden cause.« (Piaget & Inholder, 1951/1975, xvii)

Doch Piaget ist an diesem Punkt widersprüchlich. Zunächst ist nicht klar, von welchem Zufallsbegriff Piaget ausgeht. Zum einen scheint er damit stochastische Unabhängigkeit zu meinen: Das Eintreten eines Ereignisses verändert nicht die Wahrscheinlichkeit eines anderen Ereignisses. Wenn Kinder kein Konzept von stochastischer Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit haben, können sie auch keine Kausalität verstehen. Das wäre insofern plausibel, da Menschen tatsächlich dazu

zu neigen, bestimmte zufällige Korrelationen als in einem kausalen Zusammenhang stehend interpretieren, der aber eigentlich nicht vorhanden ist. Tatsächlich gehen solche akausalen Interpretationen mit magischem Denken einher, also etwa der Tendenz, vermeintlich sinnvolle Muster in zufälligen Strukturen zu erkennen, oder dem Glauben, durch bestimmte Handlungen Ereignisse auszulösen, die aber von der eigentlichen Handlung unabhängig sind. Dieses Verhalten kann jedoch nicht nur bei Kindern, sondern auch bei Erwachsenen beobachtet werden. Tatsächlich wird dabei aber eine Erklärung vermutet, wo in Wahrheit keine ist (Griffiths & Tenenbaum, 2007).

Piaget scheint aber zum anderen so etwas wie einen echten oder absoluten Zufall zu meinen, und zwar im Sinne eines einfach Gegebenseins: Manche Sachverhalte sind nach dieser Auffassung absolut zufällig, daher haben sie notwendig keine Erklärung. Piaget sagt, Del stelle seine Warum-Fragen, als sei alles vom Zufall völlig unabhängig. Das Kind habe noch nicht verstanden, dass Dinge »einfach gegeben sind« und dass nicht alles einer inneren Notwendigkeit folge wie die eigene Motivation:

»Das Kind fragt nämlich, als sei eine Antwort immer möglich, als seien die Phänomene vom Zufall völlig unabhängig. Der Begriff des ›Gegebenen‹ entgeht dem Kind völlig. Es weigert sich zuzugeben, daß es nach der Erfahrung zufällige Zusammentreffen gibt, die einfach ›gegeben‹, aber nicht begründet sind. Beim Kind finden wir also eine Tendenz nach Begründung um jeden Preis, einen spontanen Glauben, alles hänge mit allem zusammen, und es sei möglich, alles durch alles zu erklären.« (Piaget, 1923/1975, 210)

An dieser Stelle wird nun deutlich, dass Piaget in seiner Interpretation des frühkindlichen Warums mehrere Dinge durcheinanderbringt. Denn was Piaget hier explizit zurückweist, andererseits aber den Kindern unterstellt, ist das »Prinzip des Grundes« (Piaget, 1923/1975, 176), also das *Prinzip des zureichenden Grundes*, das nichts anderes bedeutet, als dass jede Proposition in eine Warum-Frage umgewandelt werden kann und dass nichts als gegeben hingenommen werden muss.

Es gibt tatsächlich eine philosophische Kritik, dieses Prinzip unbeschränkt gelten zu lassen (Inwagen, 2008). Piaget weist das Prinzip des zureichenden Grundes aber nicht zurück, weil es zu Paradoxien führt, wenn es unbeschränkt gelten soll. Piaget behauptet vielmehr, dass es Sachverhalte gebe, die keine Erklärung hätten, eben die »zufälligen« Sachverhalte, das »Gegebene«.

Piaget denkt dabei jedoch nicht an *brute facts*, also an Sachverhalte, bei denen man argumentieren kann, ob sie noch weiter erklärt werden können, da sie zu umfassend sind (»Warum existiert das Universum?«). Er scheint dabei an kontingente Wahrheiten zu denken. Doch genau solche Wahrheiten können potenziell erklärt werden. Dass hier ein Widerspruch in Piagets Argumentation zu erkennen ist, wird auch daran deutlich, welche Fragen von Del Piaget als »präkausal« bezeichnet: »Warum gibt es keine Quelle in unserem Garten?«, oder »Warum gibt es einen Petit Salève und einen Grand Salève?« (aber kein Kleines und Großes Matterhorn) (Piaget, 1923/1975, 201). Weitere Fragen, die für Piaget Evidenz dafür sind, dass Kinder kein Konzept vom »Zufall« hätten, sind etwa »Warum ist sie (eine Taube) wie ein Adler?«, (Betrachtet eine Ameise:) »Man sieht Rot und Grün, warum?« oder »Warum hat der Maikäfer immer so was (Fühler)?« (Piaget, 1923/1975, 203). Was Piaget umtreibt, ist nicht, dass Kinder nach dem Warum von allem fragen, sondern dass sie zu allem *warum?* fragen.

Man kann aber nicht annehmen, dass für diese Fragen Erklärungen unmöglich sind und dass solche Tatsachen einfach als gegeben hingenommen werden müssten. Es handelt sich zwar um kontingente Wahrheiten (eine Welt, in der Bern an einem See liegt, ist kein Widerspruch), aber das bedeutet ja gerade, dass es eine kausale Geschichte gibt, die zu ihrer Realisierung geführt hat. Auch die Frage »Warum ist sie (eine Taube) wie ein Adler?« ist keineswegs erkläруngslos. Die Frage ist hier zwar nicht eindeutig, da der Kontext unbekannt ist (ist *diese* eine Taube wie ein Adler oder sind alle Tauben wie ein Adler?), aber für beide Varianten lässt sich zumindest potenziell eine sinnvolle Erklärung angeben, welche die Beobachtungserfahrung von Del erklärt.

Ich möchte weiter unten noch auf andere kritische Punkte von Piagets Interpretation der Warum-Fragen eingehen, vorher aber eine ande-

re Interpretation der vermeintlich präkausalen Warum-Fragen von Kindern präsentieren.

3.4 Zwei Aspekte von Kausalität

Tatsächlich erscheinen aus einer erwachsenen Sicht manche Warum-Fragen, die Kinder stellen, nicht erkläzungswert zu sein. Erklärungswert bedeutet, dass eine Erklärung zwar möglich, aber praktisch nicht relevant ist. Es ist dann quasi nicht lohnend, eine Erklärung zu geben, woraus man schließen könnte, dass es überflüssig ist, die Frage zu stellen. Das scheint mir bei zwei Fragen, die Piaget vorstellt, annähernd erfüllt: »Warum gibt es keine Quelle in unserem Garten?« und »Frau Veihl findet einen Stock und hebt ihn auf: Warum ist der Stock größer als sie?« (Piaget, 1923/1975, 201).

Del scheint mit den beiden Fragen etwa zu sagen: »Eigentlich müsste in unserem Garten eine Quelle sein. Warum ist da aber keine?« oder »Eigentlich müsste der Stock kleiner sein als Frau Veihl, denn sonst sind die Stöcke immer kleiner, die Frau Veihl und andere aufheben. Warum ist der Stock diesmal größer als sie?« Versteht man letztere Frage in diesem Sinn, dann würden sie genau jene psychologische Notwendigkeit ausdrücken, die auch Piaget im Sinn hat. Der Grund der Frage wäre dann ein individuell-psychologischer, denn Del hat aus seiner individuellen Perspektive eine bestimmte Erwartung aufgebaut, die durch eine Beobachtung kontrastiert wird. Der Sinn der Frage besteht darin, einen Grund für Dels Erwartungsverletzung zu finden. Für den Erwachsenen muss die Frage hingegen nicht erkläruungsrelevant sein, da beide Ereignisse gleichermaßen möglich sind und das Ereignis kein Gefühl einer Erwartungsverletzung auslöst.

Noch deutlicher tritt diese Diskrepanz zwischen erkläruungsrelevant und nicht-erkläruungsrelevant bei der Frage nach der Quelle im Garten auf. Um ganz Piagets Interpretation jener affektiven Warum-Fragen zu entsprechen, könnte man die Frage so deuten, dass sie einen Wunsch Dels ausdrückt, nämlich den Wunsch, eine Quelle in seinem Garten zu haben. Jedoch hat auch dann die Frage einen epistemischen Sinn, der

übrigens genauso auch von einem Erwachsenen ausgedrückt werden könnte (›Warum gibt es diese Schuhe nicht in meiner Größe? Wo ich sie doch so gerne hätte!‹). Wenn uns als Erwachsenen die Sache aber trotzdem nicht erkläzungswert erscheint, dann dürfte das daran liegen, dass wir den Wunsch nach einer Quelle im Garten nicht so hochhalten bzw. die Mühe für zu groß erachten, dass wir den Aufwand auf uns nehmen würden, eine Quelle in unserem Garten zu realisieren (etwa indem wir einen Brunnen bohren oder unser Zuhause nur dort einrichten, wo eine Quelle ist).

Anhand von Piagets Annahme, Kinder hätten kein Konzept vom Zufall, könnte man Dels Fragen aber auch so deuten, dass das jeweilige Ereignis, das erklärt werden soll (greift-Stock-der-größer-ist-als-sie) genauso wahrscheinlich ist wie das Gegenereignis (greift-Stock-der-kleiner-ist-als-sie). Die Frage entspricht dann strukturell etwa der Frage ›Warum ist die Münze auf Kopf gefallen?‹ nach einem fairen Münzwurf. Wir können dann natürlich antworten: ›Das war Zufall, sie hätte auch auf Zahl fallen können. Es gab dafür keinen besonderen Grund.‹ Der Ausdruck ›kein besonderer Grund‹ zeigt an, dass wir im Gegensatz dazu Erklärungen kennen, für die in einer Erklärung besondere Gründe angegeben werden. Der Ausdruck ›Zufall‹ ist aber nur ein Platzhalter für unsere Unwissenheit. Denn eigentlich impliziert der Begriff ›Zufall‹ eine uns unbekannte kausale Geschichte oder kausale Kette, wie es zu dem Ereignis gekommen ist. Wenn wir daher sagen ›Dafür gab es keinen besonderen Grund‹, dann ist das gleichbedeutend mit ›Als Erklärung kann zwar eine Kausalkette prinzipiell angegeben werden, aber sie ist mir unbekannt. Ihre Kenntnis ist für mich auch nicht relevant.‹

An der Unterscheidung zwischen erklärbungsrelevanten und nicht-erklärbungsrelevanten Fragen wird nun deutlich, dass Piagets Interpretation, die Sinnebenen bei Kindern seien noch vermischt und würden aus einer spezifischen Kind-Logik heraus gestellt, nicht richtig sein kann. Denn egal, welchen Grund man für die Warum-Frage annimmt, hat die Frage in jedem Fall einen spezifischen Sinn. Das gilt auch, wenn die Adressatin der Frage diesen Sinn nicht zuordnen kann oder dem fragenden Kind die jeweilige Sinnebene nicht bewusst ist.

Durch den Handlungsaspekt, den Piaget selbst unter Rückbezug auf Sully einbringt, lässt sich die Unterscheidung verschiedener Typen von Warum-Fragen noch weiter verfeinern. Sully und Piaget begründen den von ihnen beobachteten kindlichen Hang zu einer anthropomorphisierenden Erklärungseinstellung bei Kindern damit, dass Kinder ihre eigenen Handlungs- oder Produktionserfahrungen auf alles Mögliche übertragen würden. Kinder würden ausgehend von ihrer Erfahrung, dass Handlungen mit Absichten hervorgebracht werden, davon ausgehen, dass hinter allen Prozessen in der Welt eine Absicht steht. Für einige Fragen von Kindern (aber auch von Erwachsenen) trifft dies sicher zu. Dies aber für alle kindlichen Fragen zu unterstellen, scheint viel zu voraussetzungsstark. Gerade Piagets Beispiele zeigen, dass bei Del die verschiedenen Erklärungstypen der Frage eben nicht vermischt, sondern vielmehr differenziert sind. Die Fragen sind epistemisch sinnvoll, weil sie angepasst an die jeweilige Situation zu Erkenntnis führen.

So ist etwa die Frage zu einem kontingenten Ereignis in der Vergangenheit genau dann sinnvoll, wenn die Rekonstruktion der kausalen Geschichte für die Zukunft bedeutsam ist.

Wenn wir die kausalen Faktoren beim Münzwurf etwa ermitteln könnten und so bei zukünftigen Würfen die Münze immer auf »Kopf« landen lassen könnten, dann wäre die Frage schon relevant. Allgemein können wir sagen, dass die Antwort auf eine Warum-Frage genau dann relevant bzw. eine Tatsache erklärenswert ist, wenn wir die Möglichkeit haben, zu erkennen, wie ein Ereignis erzwungen oder hervorgebracht, d.h. wie es durch das Herbeiführen eines anderen Ereignisses produziert oder verhindert und dadurch determiniert werden kann. Eine Warum-Frage hingegen erscheint irrelevant und die Tatsache nicht erklärenswert, wenn die kausale Abhängigkeit zwar vorausgesetzt, aber das Ereignis, von dem es abhängt, nur potenziell der Erkenntnis zugänglich ist, aber aktuell nicht identifizierbar ist. Solche Prozesse bezeichnen wir dann als stochastisch oder »zufällig«, obwohl sie natürlich genauso von anderen Ereignissen abhängig sind.

Am Beispiel des Münzwurfs wird das folgendermaßen plausibel. Das Ergebnis eines fairen Münzwurfs ist physikalisch abhängig von den Ausgangsbedingungen, die mit der menschlichen Hand verbunden sind: al-

so von der Lage der Münze vor dem Wurf und dem Impuls, mit dem die Münze mit dem Daumen hochgeschleudert wird (Diaconis, Holmes & Montgomery, 2007). Dass der Münzwurf als Zufallsorakel funktioniert, liegt daran, dass diese Faktoren bei jedem Wurf minimal voneinander abweichen und wir sie kaum willentlich kontrollieren können. Ist nun ein Münzwurf erfolgt und zum Beispiel das Ereignis ›Kopf‹ eingetreten, dann ist die Frage ›Warum Kopf?‹ kausal nicht mehr relevant, denn die Faktoren können nicht mehr manipuliert werden. Der Sachverhalt hat zwar eine Erklärung, ist aber nicht mehr erklärbar, weil wir keine Chance haben, die Randbedingungen zu rekonstruieren.

Anders verhält es sich aber, wenn die Frage ›Warum Kopf?‹ vor dem Münzwurf gestellt wird. Der Sachverhalt, der in der Frage formuliert wird, ist dann ein erwünschter Outcome – ein Ziel. Der Sinn der Frage besteht dann darin, experimentierend herauszufinden, wie durch willentliche Kontrolle der Hand dieser Outcome immer wieder herbeigeführt werden kann. Das ist bei einem komplexen System wie der Münze natürlich schwierig. Dennoch ist es möglich, durch regelmäßiges Training (oder durch den Bau einer Maschine) das Ereignis ›Kopf‹ einigermaßen zuverlässig zu reproduzieren (Diaconis, Holmes & Montgomery, 2007). Wird bei einem solchen mechanisch kontrollierten System dann prospektiv die Frage ›Warum Kopf?‹ gestellt, erscheint sie uns relevant: Der besondere Grund kann reproduziert und nutzbar gemacht werden. Eine solche prospektive Warum-Frage lässt sich auch ohne Probleme in eine Wie-Frage umformulieren, etwa:

(Q1) Wie muss ich den Wurf der Münze manipulieren, damit sie auf Kopf landet?

Der finale Charakter einer solchen, zu einer Wie-Frage umformulierbaren Warum-Frage ist unverkennbar: In der Gegenwart werden Bedingungen hergestellt, damit in der Zukunft ein bestimmtes Ereignis mit Sicherheit eintritt.

Der Unterschied, ob ein Effekt durch willentliche Manipulation prospektiv hergestellt wird oder ob retrospektiv für ein Ereignis eine Ursache vermutet wird, entspricht nun zwei unterschiedlichen, aber komplementären Auffassungen von Kausalität. Diese beiden Auffassungen –

die man auch als Gegensatz von Akteurs- und Ereigniskausalität (Keil, 2014) bezeichnen kann – wurden in der Kausalitätsforschung vielfach herausgearbeitet (Hall, 2004; Pearl, 2009, 316): Der Abhängigkeitsbegriff der Kausalität bezeichnet die Notwendigkeit einer Ursache für einen Effekt, der Produktionsbegriff bezeichnet die Möglichkeit oder Kapazität eines Ereignisses, einen Effekt hervorzubringen. Diese beiden Begriffe von Kausalität korrespondieren auch eng mit den logischen Begriffen von notwendiger und hinreichender Bedingung (Pearl, 2009, 316).

Der Fokus auf dem Produktionsaspekt der Kausalität begründet die Motivation für das kindliche Warumfragen nun besser als die Annahme, Kinder hätten kein Konzept vom Zufall. Tatsächlich passt sie auch besser zu Piagets Urteilstheorie. Eine sensumotorische Aktivität führt nach Piagets Theorie zu bestimmten Effekten, die auf die eigene Wirksamkeit zurückgeführt werden. Das Experimentieren, bei dem ein Kind einfach irgendetwas tut und dann beobachtet, was passiert, und das Re-Produzieren von dadurch entdeckten Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen durch eine Handlung ist dann gleichbedeutend damit, Urteile zu fällen. Diese Erklärung Piagets, nach der das Denken sich aus der physikalischen Interaktion mit den Gegenständen entwickelt und nicht aus der Beobachtung und Einschreibung von Sinnesdaten, wie es Locke annimmt, stimmt auch mit dem tatsächlich beobachtbaren Verhalten von Kindern überein. Pearl (2009, 252) begründet den Vorteil des Experiments und der kausalen Intervention gegenüber dem statistischen Schlussfolgern aus der reinen Beobachtung explizit mit Verweis auf das kausale Lernen in der Kindheit:

»The independence is accomplished by subjecting the object of interest to the whims of one's volition in order to ensure that the manipulation is not influenced by any environmental factor likely to produce the putative effect. Thus, for example, a child can infer that shaking a toy can produce a rattling sound because it is the child's hand, governed solely by the child's volition, that brings about the shaking of the toy and the subsequent rattling sound. The whimsical nature of free manipulation replaces the statistical notion of randomized experimentation and serves to filter sounds produced by the child's ac-

tions from those produced by uncontrolled environmental factors.« (Pearl, 2009, 252)

Die Warum-Fragen, die jüngere Kinder zu allem möglichen stellen, würden also tatsächlich auf ihre eigene Volition und ihre sensumotorischen Aktivitäten Bezug nehmen. Allerdings nicht in dem Sinn, dass sie ihre eigene Wirksamkeit unbewusst auf die Natur übertragen und einen Macher hinter allem vermuten, sondern in dem Sinne, dass sie die Welt als einen Ort erleben, in dem die kausalen Eigenschaften der Dinge für die eigenen Zwecke nutzbar gemacht werden können. Die Warum-Fragen wären dann einfach eine sozial-kommunikative Strategie, aus dem Erfahrungswissen der Älteren kausal-interventionistisches Wissen abzuleiten.

Selbst wenn Kinder also vermeintlich sinnlose Warum-Fragen stellen, die der Form nach wie die Frage: »Warum ist die Münze auf Kopf gefallen?« strukturiert sind, die gewöhnlich mit »Das war Zufall!« beantwortet werden, so bedeutet das gerade nicht, dass Kinder immer einen universalen Sinn voraussetzen, bei dem alles mit allem zusammenhängt. Eher würde es genau das Gegenteil bedeuten. Einer Person nämlich, die permanent nur retrospektiv contingente Einzelfakten hinterfragt, muss es an einem generischen Sinn mangeln. Umgekehrt würde eine Person, die alles in einem großen Sinn sieht und die über kein Konzept von Kontingenz verfügt, überhaupt keine Warum-Fragen stellen müssen, weil sie für alles schon eine Erklärung hat. Die Annahme, dass keine Wirkung ohne Ursache und keine Wahrheit ohne Grund ist, steht im Widerspruch zu der Annahme, alles sei gegeben und absolut zufällig. Naheliegender ist also die Vermutung, dass Kinder in der Lage sind, ihre Fragen kontextabhängig anzupassen. Ein Teil der Kinderfragen könnte dann etwa als Fragen nach kausalen Interventionsmöglichkeiten interpretiert werden. Dels Frage, »Warum ist der Stock größer als sie?«, wäre dann so zu verstehen, dass Frau Veihl mit der Auswahl des größeren Stocks etwas bezuwecken muss, d.h. einen bestimmten kausalen Effekt hervorbringen möchte.

3.5 Exkurs: Galileos interventionistische Kausalitätstheorie

Bevor ich weiter auf Piagets Interpretation des kindlichen Warums eingehe, möchte ich in diesem Kontext kurz am Beispiel Galileos für die These argumentieren, dass die frühkindliche Neugier im Hinblick auf kausale Interventionsmöglichkeiten mit der wissenschaftlichen Neugier übereinstimmt. Ich gründe diese Überlegung auf die zentrale Bedeutung von kausaler Intervention und Experiment sowohl für die wissenschaftliche Methode als auch für das frühe physikalische Lernen in der Kindheit. Entgegen der häufig zitierten Annahme, nach der die wissenschaftliche Revolution Galileos darin bestand, das aristotelische Warum durch das empirische Wie zu ersetzen (Burtt, 1924/2003, 73), finden sich Belege, dass auch Galileo der aristotelischen Tradition und ihrer Lehre von den vier Erklärungsfaktoren verbunden ist (Machamer, 1978, 162).

Dennoch zeigt sich, dass Galileo durch das Experiment den Produktionsaspekt der Kausalität systematisch für das Verstehen der Natur nutzt und die Warum-Frage dadurch prospektiv als Wie-Frage stellt. Die Parallele von Galileos Kausalverständnis zu den modernen, interventionistischen Kausalitätstheorien von Woodward (1997) und Pearl (2009) lässt sich dann auch belegen (Ducheyne, 2006). Dass diese Kausalitätsauffassung sowohl für die wissenschaftliche Methode als auch für das Lernen in der Kindheit zutreffend ist, wird evident, gerade wenn man sehr junge Kinder bei ihren physikalischen Explorationen beobachtet: Typisch ist etwa das Verhalten, einen Gegenstand immer wieder fallen zu lassen oder die Festigkeit von Gegenständen zu prüfen (Mogel, 2008, 50). Galileos experimentale Methode folgt nun diesem Prinzip ganz praktisch, etwa indem er mit Kugelbahnen experimentiert oder Balken mit Gewichten belastet, bis sie brechen (Machamer, 2017). Der Unterschied zwischen dem intuitiven und natürlichen Kausallernen in der Kindheit und Galileos Ansatz besteht darin, dass Galileo als Erwachsener seine Beobachtungen planmäßig und systematisch aufzeichnet und in ein geometrisches Ordnungssystem stellt.

Mit Piagets Beobachtungen hinsichtlich früher kausaler Exploration und seiner Objektivierungstheorie steht diese Übereinstimmung zwi-

schen erwachsener Wissenschaft und kindlichem Lernen nicht im Widerspruch. Das Problem mit Piagets Theorie des Lernens ist vielmehr, dass er Kindern ein anthropomorphistisches und nicht-mechanisches Weltbild unterstellt, obwohl schon an seinen Beispielen gerade das Gegen teil evident wird. Wie ich in den folgenden Abschnitten zeigen möchte, lassen sich die kindlichen Warum-Fragen aber nicht nur vor der Annahme eines interventionistischen Kausalverständnisses als sinnvoll interpretieren.

3.6 Anthropomorphismus und ein Mangel an Begründung?

Piaget unterstellt Kindern bei ihren Warum-Fragen ein vorwissenschaftliches, präkausales Weltbild, da es ihnen an logisch-deduktivem Denken mangelt und sie überall einen unbeobachtbaren Macher vermuteten. Piagets Skepsis gegenüber der kindlichen Warum-Frage erinnert durchaus an die Ablehnung der Warum-Frage durch die logischen Empiristen, von der Carnap (1966/1995) berichtet:

»In the nineteenth century, certain Germanic physicists, such as Gustav Kirchhoff and Ernst Mach, said that science should not ask ›Why?‹ but ›How?‹ They meant that science should not look for unknown metaphysical agents that are responsible for certain events, but should only describe such events in terms of laws. [...] They objected to why-questions because they were usually metaphysical questions.« (Carnap, 1966/1995, 12)

In Piagets genetischer Erkenntnistheorie erscheint es unmöglich, dass Kinder Warum-Fragen auch in einem nicht-metaphysischen, wissenschaftlichen Sinn stellen. Seine These von der besonderen Logik des Kindes stützt Piaget auf zwei vermeintliche Merkmale des kindlichen Geistes, die beide für ihn ihre Ursache im kindlichen Egozentrismus haben: Zum einen auf das Merkmal des anthropomorphistischen Denkens, das keine mechanische Kausalität voraussetzt und das immer einen Macher annimmt, der die Welt nach seinen Absichten gestal-

tet, zum anderen auf das Merkmal der fehlenden Begründung, also dem Mangel an deduktiven Operationen. Ich möchte nun zeigen, dass schon Piagets eigene Beispiele Evidenz dafür liefern, dass Del über die Fähigkeit zu logischen Operationen und ein mechanistisches Kausalitätsverständnis verfügt. Dels Warum-Fragen sind daher gerade nicht in einem metaphysischen Sinn zu verstehen.

Eine von Dels Fragen, die Piaget als Ausweis anthropomorphischen oder artifizialistischen Denkens gilt, lautet: »Der Blitz ... Papa, sagt, der entsteht ganz allein im Himmel. Warum (geschieht es so)?« (Piaget, 1923/1975, 195). An anderer Stelle taucht die Frage nochmal auf bzw. die Aussage wird fortgesetzt: »Warum (entwickelt sich der Blitz von selbst)? Stimmt das? Aber im Himmel gibt es nicht alles, was man braucht, um Feuer zu machen?« (Piaget, 1923/1975, 201). Piaget merkt dazu an, dass eine solche Frage »keine bewirkende oder mechanische Kausalität wie bei Erwachsenen« (Piaget, 1923/1975, 201) voraussetze. Diese Interpretation ist allerdings schwer nachzuvollziehen, denn gerade an der Frage wird deutlich, dass Del eben über das intuitive Konzept einer mechanischen Kausalität verfügt und dass für ihn die Dinge nicht einfach gegeben sind. Dels mutmaßlicher Gedankengang: Der Blitz ist ein Feuer. Bedingung eines Feuers ist Brennmaterial. Im Himmel ist kein Brennmaterial. Wie ist es also möglich, dass ein Blitz – wie Papa sagt – ganz von allein entsteht?

Offensichtlich will Del die Aussage seines Papas, der Blitz entstünde ganz allein am Himmel, nicht hinnehmen. Es muss für ihn eine Erklärung geben für die Anomalie, die das Phänomen Blitz vor dem Hintergrund seiner Theorie des Feuers darstellt. Er hat daher eben keine falsche Überzeugung, dass Dinge einfach gegeben sind, sondern sie müssen für ihn eine Erklärung haben. Die Frage von Del als Ausdruck eines rationalen Prozesses der Theoriebildung zu interpretieren, ist hier viel naheliegender, als ihm zu unterstellen, dass er über ein Konzept eines Machers verfüge.

Im vorherigen Abschnitt wurde die Unterscheidung zwischen subjektiv relevanten Ursachen, solche die potenzielle Manipulation und Intervention erlauben, und subjektiv irrelevanten Ursachen, die zwar notwendig angenommen, aber nicht weiter analysiert werden brauchen,

vorgenommen. Daran wird auch die Tendenz von Kindern plausibel, Ausdrücke wie ›machen‹ zu verwenden, wenn sie von kausalen Zusammenhängen sprechen. Selbst die wegen des fehlenden Kontextes schwer zu interpretierende Frage zu Wasser, das einen Stein füllt, ›Warum? Macht es da ein Loch?‹, die durchaus ein anthropomorph-intentionales Verständnis nahelegt, (›Das Wasser hat die Absicht, ein Loch in den Stein zu machen.‹), lässt sich im Sinne eines dispositionalen Kausalitätsverständnis rational deuten: ›Warum hat Wasser die Disposition, ein Loch in den Stein zu machen? Ist das hier ein solcher Fall?‹ Legt man also die Annahme zugrunde, dass Kinder nach kausalen Agenten suchen, die potenziell Effekte in der Welt verursachen, dann scheint es sich bei der bei Kindern beobachteten Tendenz zur Anthropomorphisierung eher um eine Zuschreibung zu handeln als um ein tatsächliches Merkmal kindlichen Denkens.

Ein weiterer zentraler Gedanke von Piaget ist es, dass Kinder keine Begründungen suchen würden und dass sie an Beweisführungen nicht interessiert seien. Tatsächlich steuert Piagets gesamte genetische Erkenntnistheorie darauf hinaus, dass sich, sozusagen als Krone der Entwicklung, erst im Alter zwischen elf und fünfzehn Jahren Strukturen ausbilden, welche den abstrakten Umgang mit logischen Aussagenverknüpfungen wie dem materialen Konditional ($p \rightarrow q$) ermöglichen (Piaget, 1973b). Begründungen und Rechtfertigungen für Aussagen, die Piaget als ›logische Erklärungen‹ bezeichnet, bilden ihm zufolge dafür die Vorstufe und können nach seiner Theorie erst ab einem Alter von sieben bis acht Jahren auftauchen.

Der Unterschied zwischen kausal-mechanischen Warum-Fragen und Begründungs-Warum-Fragen ist für meine Argumentation zentral, da diese Differenzierung ein Beispiel dafür ist, wie sich Warum-Fragen hinsichtlich ihres Ordnungsrahmens, d.h. in ihrem Sinn unterscheiden. Es ist daher wichtig, hier darauf hinzuweisen, was für Piaget das Merkmal von Begründungsfragen ist. Begründungs-, Beweis- oder Rechtfertigungsfragen drücken implizit aus: ›Warum behaupten Sie, dass ...?‹ Es handelt sich dabei um Warum-Fragen, die Hempel (1965, 335) als *reason-seeking* oder *epistemic why-question* bezeichnet und die auch folgendermaßen formuliert werden können:

(Q2) Warum sollte notwendig angenommen werden, dass p ?

(Q3) Was sind die notwendigen Gründe dafür, p zu glauben?

Warum-Fragen dieser Form zielen auch für Piaget auf Beweise. Piaget präsentiert nun einige Fragen Dels, die er als Frage nach der Begründung klassifiziert. Dabei besteht er allerdings darauf, dass diese Ausnahmen darstellten, da Kinder zwar alle Dinge begründen wollen, aber eben keine Meinungen und Urteile.

Die genauere Untersuchung von Dels Fragen scheinen aber genau das Gegenteil von Piagets zentraler Aussage nahezulegen, dass Del nämlich grundsätzlich ein beweisendes, schlussfolgerndes Denken anwendet und auch seine Fragen ebensolche Beweise einfordern. Deutlich wird dies etwa am Beispiel »Das da, ist das Schnee?« (Klassifizierungsfrage) – »Nein, es sind Felsen.« »Warum ist es dann weiß?« (Piaget, 1923/1975, 219).

Ich möchte hier den mutmaßlichen Gedankengang Dels rekonstruieren und zeigen, dass es ihm hier um eine Verifikation seiner Begründung geht. Dazu zunächst ein Wort zum mutmaßlichen Kontext. Del scheint in der Situation, vielleicht bei einem Spaziergang in den Bergen, unsicher zu sein, ob sein Konzept ›Schnee‹ auf den von ihm beobachteten Gegenstand zutrifft. Er stellt daher die Frage »Das da, ist das Schnee?«, die Piaget als Klassifizierungsfrage bezeichnet.

Für meine Rekonstruktion von Dels Gedankengang, welcher meiner Vermutung nach der Dialogsequenz vorausgeht, gehe ich davon aus, dass Del über ein Konzept verfügt, dessen generischer Ausdruck lautet: ›Schnee ist weiß.‹ Die Situation ist nun, dass er etwas beobachtet, das eventuell kein Schnee ist, aber das dennoch weiß ist und das dort anzutreffen ist, wo normalerweise auch Schnee liegt, nämlich in den Bergen. Das erlaubt ihm aufgrund des Kontexts zurückzuschließen, dass ›das Weiße Schnee ist‹. Allerdings ist er dabei – rationalerweise – unsicher, ob dieses Weiße tatsächlich als ›Schnee‹ zu klassifizieren ist. An der Satzfrage, ›Das da, ist das Schnee?‹, lässt sich erkennen, dass Del implizit eine inferentielle Operation durchgeführt hat, die einer logischen Warum-Frage, also einer Begründungsfrage entspricht: ›Warum kann ich behaupten, dass das da Schnee ist, gegeben dass das da weiß ist?‹

Genau diese Bedingung muss nun verifiziert werden mit der Frage »Das da, ist das Schnee?«. Die Antwort: »Nein, es sind Felsen.« stellt aber den Beweisgang in Frage. Da Del aber über ein weiteres Konzept verfügt, das etwa lautet »Felsen sind grau«, und der beobachtete Gegenstand mit der Bezeichnung »Felsen« aber nicht grau ist, fordert er von seiner Gesprächspartnerin ebenfalls wieder einen Beweis, eine Rechtfertigung ein: »Warum ist es dann weiß?«

Wie auch Piaget meint, kann man debattieren, ob man diese Folgefrage dann in einem kausalen Sinn verstehen will, nämlich in dem Sinne, dass eine Erklärung folgen soll, warum Felsen auch die Disposition zum Weißsein haben. Andererseits kann man die Frage, wie Piaget es auch tut, im logischen Begründungssinn verstehen: »Warum kannst du behaupten, dass das Weiße da Felsen sind? Was ist deine Rechtfertigung dafür, dass du jetzt sagen kannst, das ist ein Felsen-Weiß (und kein Schnee-Weiß)?«

Dass Del hier durch eine Schlussfolgerung ein Konzept verändert bzw. erweitert, macht plausibel, inwiefern Warum-Fragen und die entsprechende Erklärungsantwort zentral für den Auf- oder Umbau bereichsspezifischer Theorien sind, wie es etwa Carey und Keil annehmen. Denn Dels Theorie über »Berge«, »Schnee« und »Felsen«, ausgedrückt in generischen Generalisierungen wie »Schnee ist weiß« oder »Felsen sind grau« wird durch bestimmte Anomalien irritiert (Weißes in den Bergen, das nicht ganz sicher Schnee ist). Piagets Vermutung, jüngeren Kindern mangle es an der Fähigkeit zum begründenden Denken, kann gerade an Dels Begründungsfrage bezweifelt werden. Im Gegenteil, sie ist eher Evidenz dafür, dass Dels schlussfolgerndes Denken ausgeprägt ist und auch mit einiger Rigorosität verfolgt wird.

Die Frage, ob Kinder bereits über logische Prinzipien verfügen, steht am Beginn der neuzeitlichen Debatte zur Erkenntnistheorie. Lockes Psychologismus bestand darin, zu sagen, dass Kinder zwar aufgrund des durch die sinnliche Wahrnehmung vermittelten Urteils schon früh vernünftig denken können, aber dass sie dennoch nicht über die logischen Prinzipien verfügen. Lockes Evidenz dafür ist, dass Kinder den logischen Erkenntnissen nicht zustimmen würden, den empirischen Erkenntnissen aber schon. Das entspricht auch der alltäglichen Beob-

achtung, nach der sich Kinder im Kindergartenalter kaum für logische Formeln interessieren und auch Schwierigkeiten zeigen, bestimmte Schlüsse korrekt zu ziehen. Dass Kinder noch nicht über die Fähigkeit verfügen, mit abstrakten logischen Sätzen umzugehen, ist jedoch nicht hinreichend, um zu behaupten, ihnen mangle es an logischen Fähigkeiten bzw. sie hätten eine spezielle Kind-Logik. Das kindliche Denken könnte die logischen Strukturen in den Warum-Fragen auch implizit enthalten, die dann durch die Erklärungen explizit werden. Entgegen Piagets genetischer Theorie würden sich die logischen Strukturen nicht in einem längeren biologischen Entwicklungsprozess entfalten, sondern bereits durch die Frage- und Antwort-Schemata, die im Dialog zwischen Kindern und Erwachsenen entstehen. Die jüngere Forschung zu den deduktiven Denkfähigkeiten von Kindern betrachtet die Frage auch differenzierter (Hawkins et al., 1984; Johnson-Laird, Oakhill & Bull, 1986; Mody & Carey, 2016).

3.7 Piagets naturalistischer Psychologismus

Nach Piagets genetischer Theorie des Geistes bildet die sensumotorische Aktivität die Basis der menschlichen Erkenntnis. Im Unterschied zu Lockes Empirismus, bei dem der Geist passiv über die Sinneseindrücke zu Ideen kommt, befindet sich bei Piaget der Organismus stets in einem aktiven Prozess von Assimilation und Akkommodation, der zum Gleichgewicht strebt (Piaget, 1967/1992a). Die Warum-Fragen von Kindern, die zwischen dem dritten und dem siebten Lebensjahr auffällig sind, tauchen dann gemäß Piagets Stufentheorie zwischen der sensumotorischen und der konkret-operationalen Phase auf. In dieser präkau-salen oder präoperationalen Phase, so Piaget (1923/1975), hat das Kind das Gefühl, etwas verstanden zu haben. Es kann dieses Gefühl aber nicht mitteilen, da es ihm an den dafür notwendigen deduktiven Schemata mangle. Mit seinen Warum-Fragen sucht das Kind jedoch nach Regeln, die ihm aus seiner eigenen Aktivität bekannt sind, allerdings auch dort, wo es – laut Piaget – keine kausalen Erklärungen gibt und wo etwas einfach gegeben ist.

Oben habe ich argumentiert, dass die Annahme von kontingenzen, aber erklärungsfreien Ereignissen zu Widersprüchen führt und eigentlich nichts damit zu tun hat, kausale Interaktionen bei stochastisch unabhängigen Ereignissen zu vermuten (was bei Menschen generell und nicht nur bei Kindern beobachtet werden kann). Überzeugender ist dagegen Piagets Grundannahme, dass die Warum-Fragen grundsätzlich auf die eigenen kausalen Handlungsmöglichkeiten Bezug nehmen. Wie oben am Beispiel Galileos gezeigt, passt eine solche Auffassung zu den interventionistischen Kausaltheorien und stimmt auch mit den physikalischen Explorationen jüngerer Kinder überein. Durch die Strategie des Warumfragens kann dann ohne großen Aufwand kausal-interventionistisches Wissen zusammengetragen werden. Da kausales Wissen wertvoll und nützlich ist, würde sich auch die Frage klären, worin letztlich die menschliche Erkenntnis begründet ist: in der aktiven, instrumentellen Aneignung der Welt und in der Maximierung kausaler Handlungsmöglichkeiten.

Jedoch spricht gerade das Phänomen der Warum-Frage in der Kindheit dagegen, das Urteil allein aus der sensumotorischen Aktivitäten des Individuums zu erklären. Denn die Warum-Frage prospektiv als Wie-Frage zu stellen oder durch Intervention die kausale Disposition von Gegenständen herauszufinden, ist nur eine mögliche Sinnebene der Warum-Frage. Die andere Sinnebene von Warum-Fragen besteht darin, Gründe für Überzeugungen einzufordern. Solche Begründungs-, Beweis- oder Rechtfertigungsfragen drücken implizit aus: ›Warum denkst du notwendig, dass ...?‹ oder ›Warum behauptest du, dass ...?‹ Wie bereits gesagt, handelt es sich um den gleichen Typus von Fragen, den Hempel (1965, 335) als *reason-seeking* oder *epistemic why-question* bezeichnet. Diese Warum-Fragen sind ein zentrales Merkmal von Dialogen. Die dialogische, Erklärung und Begründung gebende Interaktion entwickelt sich nach Piagets Theorie jedoch erst auf den höheren Stufen der Entwicklung. Piaget spricht jüngeren Kindern daher eine Logik des Beweisens oder Begründens ab.

Dass Piaget (1923/1975) die dialogische Dimension in der frühen Kindheit regelrecht ausblendet, weil sie in Widerspruch zu seiner naturalistischen Auffassung steht, wird besonders an einer Stelle deutlich.

Dort stellt Piaget sogar selbst fest, dass die Fragen von Del begründungssuchend scheinen, schränkt aber sogleich ein, dass dies nicht der Fall sein kann:

»Oder wenn er fragt, warum der See nicht bis zur Stadt Bern reicht, hat es den Anschein, als würde Del einfach überlegen, aus welchen Gründen man das behaupten kann. In Wirklichkeit ist das aber nicht der Fall. Del kümmert sich wenig darum, daß Aussagen auch bewiesen werden.« (Piaget, 1923/1975, 212)

Tatsächlich wäre es aber naheliegender, anzunehmen, dass Kinder die Kennzeichnung (»behauptest du«) bei *reason-seeking*-Fragen bloß weglassen. In der Konversation mit erwachsenen Bezugspersonen könnte das dann zu Missverständnissen führen, wenn etwa eine *reason-seeking* als eine *cause-seeking*-Frage interpretiert wird, die aber beide jeweils verschiedene Erklärungsantworten verlangen.

Dass Kinder mit ihren Warum-Fragen Begründungen einfordern, und zwar weit früher als Piaget annimmt, wird besonders durch neuere Forschungsergebnisse plausibel, nach der sich Kinder gerade in ihrer Warum-Phase auch für mentale Zustände, Überzeugungen und Wünsche anderer Menschen interessieren (Wellman & Bartsch, 1988; Wellman & Liu, 2004). Tatsächlich betrifft ein großer Teil der kindlichen Warum-Fragen und Erklärungen mentale Zustände und Verhaltensgründe (Hickling & Wellman, 2001; Hood, Bloom & Brainerd, 1979). Für Piaget hingegen kann das Kind in der präkausalen Phase bis ca. zum achten Lebensjahr kaum zwischen sich und der sozialen Umwelt unterscheiden. Da das Kind aufgrund seiner mangelnden Kooperationsfähigkeit frei von der Notwendigkeit sei, Überlegungen zu rechtfertigen und zu begründen, fehle es ihm auch an den deduktiven Schemata. Das *Apriori*, also die logischen Strukturen, die das deduktive Schließen auszeichnen, steht daher für Piaget erst am Ende der geistigen Entwicklung, wenngleich es auch in den »primitivsten Entwicklungsstadien« (Piaget, 1959/1992b, 14) bereits angelegt sei.

Grundsätzlich ist Piaget hier zuzustimmen: Die deduktiven Schemata spiegeln die Dialogstruktur von Warum-Frage und Erklärung bzw.

Rechtfertigung wieder. Piagets Erkenntnistheorie, die zeigen will, wie abstrakte, wissenschaftlich-mathematische Erkenntnis naturalistisch begründet werden kann, blendet jedoch die zentrale Bedeutung von dialogischer Interaktion fast vollständig aus. Durch diese Vernachlässigung des Begründungsaspekts unterschätzt Piaget dann aber auch die Bedeutung des Beweises in der Mathematik. Das ist im Kern die Kritik von Rotman (1977) an Piagets genetischer Erkenntnistheorie. Es bleibe rätselhaft, so Rotman, wie sich die Mathematik allein aus der sensumotorischen Aktivität entwickeln soll, ohne dabei die Rolle der Sprache mit in den Blick zu nehmen:

»For the viewpoints of others are public entities, made meaningful to an individual subject through inter-subjective agreements and conventions embodied in language, whilst the subject's own viewpoint is, in Piaget's description of it, a matter of pro-prioceptive awareness. Thus even if we accept Piaget's assumption that all mathematics arises from action patterns there remains the question of why the subject's relation to these patterns must be through his own actions: patterns can after all be abstracted from the performance of others or be understood discursively through language.« (Rotman, 1977, 153–154)

Rotman kritisiert, dass Piaget Logik und Mathematik als individuell-biologische und nicht als soziolinguistische Schöpfungen ansieht. Tatsächlich wendet sich der spätere Piaget gegen den Versuch, das logisch-mathematische Wissen aus soziolinguistischen Aktivitäten zu erklären (Beth & Piaget, 1966, 286; Rotman, 1977, 161). Begründungen und Beweise sind für Piaget nicht in der Syntax der Sprache begründet, sondern vielmehr das Ergebnis eines nach biologischen Gesetzmäßigkeiten verlaufenden stufenartigen Prozesses: Erklärung und Beweis lassen sich für Piaget deshalb aus der Objektivierung fröhkindlicher Handlungsschemata herleiten (Piaget, 1972, 171).

Die genetisch-naturalistische Auffassung der menschlichen Erkenntnisfähigkeit verneint die Notwendigkeit eines *archimedischen Punktes* (Putnam, 1982) als externe, objektive Basis der Erkenntnis.

Stattdessen argumentiert sie, dass Erkenntnis in den natürlichen Bedingungen begründet ist, speziell in den Prozessen der Evolution und des Organismus. Diese Auffassung bezieht sich auch auf die Warum-Fragen. Spricht man etwa, wie Piaget es tut, Kindern die Fähigkeit ab, das Warum nach Typen differenziert zu verwenden, dann spricht man den Warum-Fragen von Kindern generell den wissenschaftlich-epistemischen Sinn ab. Sinnvolle Antworten auf die Warum-Fragen von Kindern auf der präkausalen Entwicklungsstufe wären dann nicht möglich, weil Kinder diese – wie die genetische Auffassung vorher sagt – die Erklärung nicht verstehen können. Piagets Ansatz ist in diesem Sinn psychologistisch, sodass Frege (1884/1986) Kritik an Mill auch auf Piaget zutreffen würde: Auch Piaget versucht, das objektive Wissen dadurch offenzulegen, indem er »in die Kinderstube geht oder sich in die ältesten erdenkbaren Entwicklungsstufen der Menschheit zurückversetzt« (Frege, 1884/1986, 8).

Durch Piagets Fokus auf ein Entwicklungsgesetz und auf die Aktivität des Individuums in seiner Aneignungstätigkeit der Umwelt erscheinen die sozialen und intersubjektiven Aspekte und damit auch das Logische oder Sprachlich-Argumentative erst später im Laufe der Entwicklung. Wenn Piaget aber das objektive Kriterium der Wissenschaft genetisch begründet und damit ausgehend von der inneren Psychologie des Individuums und ohne Bezug zu seinen sozialen und kommunikativen Interaktionen, dann fällt das heraus, »worauf im tiefsten Grunde die Begründung des Fürwahrhal tens beruht« (Frege, 1884/1986, 15), nämlich die Begründung, der Beweis oder die Rechtfertigung für eine Behauptung. Gerade die Tatsache, dass Warum-Fragen von Kindern an eine andere Person gerichtet sind, zeigt aber, dass Kindern mit den Warum-Fragen ein gemeinsamer logischer Rahmen unterstellt werden muss, innerhalb dessen etwas allgemein wahr sein kann.

Diesen gemeinsamen Ordnungsrahmen habe ich oben als die jeweilige Sinnebene der Warum-Frage bezeichnet. An Dels Warum-Fragen kann man nun erkennen, dass der Sinn der Fragen nicht vermischt oder undifferenziert ist und sich nicht erst in einem stufenartigen Prozess ausdifferenziert. Stattdessen können die verschiedenen Sinnebenen schon dann identifiziert werden, sobald Kinder den Mechanismus der

Warum-Frage anwenden. Kurz gesagt: Sobald Kinder Warum-Fragen stellen, verlangen sie auch spezifisch verschiedene Typen von Erklärungen. Es ist sicher richtig, wie Sully und Piaget sagen, dass der Sinn der Warum-Frage die Suche nach einer notwendigen Regel oder einer Gesetzmäßigkeit für einen ansonsten problematischen Kontrast in der Welt ist. Eventuell gibt es auch eine Tendenz, finale Erklärungen vorauszusetzen. Aber dies ist nicht der einzige Sinn. Wie die Analyse kindlicher Warum-Fragen zeigt, kann mit dem Operator ›Warum‹ in ganz unterschiedlichen Hinsichten die Bedingung für das Wahrsein einer Proposition eingefordert werden. Wie ich im folgenden Abschnitt erläutern will, ist eine dieser Hinsichten für das wissenschaftliche Denken von besonderer Bedeutung.

3.8 Epistemische Neugier

Erst an der Differenzierung verschiedener Typen von Warum-Fragen wird deutlich, welche zentrale Rolle die Warum-Frage für unser Denken hat. An den Fragen der dreijährigen Beth und den überlegten Antworten ihrer Mutter (siehe Abschnitt 2.4) etwa wird unmittelbar sichtbar, was Piagets psychologistischer Theorie entgeht, nämlich die ›power of puzzling mind‹ (Tizard & Hughes, 1984, 123). Kinder stellen Warum-Fragen, die auf allgemeine Wahrheiten zielen. Sie fordern einen gemeinsamen Gedankenprozess ein, dessen konsequente Weiterführung zur Erkenntnis grundlegender Zusammenhänge führt.

Dieser Prozess des *shared scientific thinking* zeichnet sich durch eine bestimmte Art des Warumfragens aus, die man wie Richard Feynman als *kinda curious* bezeichnen kann. Während die Art des Warums, die nicht *kinda curious* ist, auf partikuläre Sachverhalte Bezug nimmt – auf Wahrheiten ohne Allgemeinheit – (was natürlich auch ein wichtiger Teil des Alltagsdenkens ist), wird bei der neugierigen Art des Warums eine allgemeine Regel eingefordert, die einen Zusammenhang zwischen gegensätzlichen Phänomenen herstellt. Diese Art des Fragens sucht also nicht nach einer Erklärung dafür, warum etwas zufällig wahr ist, sondern warum etwas notwendig wahr ist, wobei die Frage auf eine Divergenz oder

eine Asymmetrie verweist. Eine solche Asymmetrie zeigt sich auch bei Dels Fragen. Nur um einige Beispiele zu nennen: »Es gibt Wellen nur am Rande (des Sees). Warum?«, »Warum wird es immer kälter, wenn man hinaufgeht (wenn man nach Norden geht)?«, »Warum sieht man nachts den Blitz besser?« (Piaget, 1923/1975, 202)

Die Asymmetrie tritt in den Fragen in Gegensatzpaaren auf, wie im ›Süden ist es warm, im Norden kalt‹ oder ›Am Ufer brechen die Wellen, in der Mitte des Sees nicht‹ oder ›In der Nacht sieht man den Blitz gut, am Tage weniger gut‹. Allein das Feststellen solcher Asymmetrien gegenüber einer anderen Person kann man als implizite Erklärungsaufforderung interpretieren. Das wird auch bei Beth deutlich, die zuerst eine Erklärung verlangt, warum ihr eigenes Haus ein Spitzdach hat und dann diese Erklärung mit dem Flachdach ihrer Schule kontrastiert, was ihre Mutter wiederum als Erklärungsaufforderung versteht (siehe Abschnitt 2.4).

Warum-Fragen, die auf Asymmetrien verweisen, zielen nicht auf die lokalen kausalen Faktoren der Situation, in der sich die fragende Person befindet (›Warum ist es jetzt kalt?‹), sondern auf generelle Zusammenhänge (›Warum wird es kälter, wenn man nach Norden geht?‹). Wie in Abschnitt 2.4 gezeigt, erfordert diese Art des Fragens letztlich eine wissenschaftliche Theorie als Antwort. Statt zu einer kausalen Geschichte gelangt man im Warum-Regress dann zu einem abstrakten Modell, das die unterschiedlichen Endbedingungen erklärt und in einen Zusammenhang stellt.

Es handelt sich dabei um Fragetypen, die nicht immer nur aus einer rein logischen Möglichkeit und auch nicht immer aus einer praktisch-instrumentellen Neugier gestellt werden. Ein bestimmter Anteil der kindlichen Fragen wird auch aus einer epistemischen Neugier gestellt. Mit epistemischer Neugier meine ich, dass ihre Erklärungsantworten zwar für praktische Zwecke genutzt werden können, dass ihr Sinn aber weit über einen solchen Nutzen hinausgeht, und zwar derart, dass allein das Nachdenken über diese Fragen uns lohnend und förderlich erscheint, auch wenn es keinem unmittelbaren Zweck dient. Diese Zweckfreiheit hat auch Aristoteles (*Metaphysik*, II 2, 982b17-22) als Merkmal der menschlichen Suche nach Erkenntnis herausgestellt: Es ist eher

ein Gefühl von Verwunderung oder der Zustand eines »puzzling mind« (Tizard & Hughes, 1984, 123), die den gedanklichen Prozess beschreiben, den eine solche wissenschaftliche oder epistemische Warum-Frage ausmacht. An der kindlichen Warum-Frage zeigt sich eine Haltung des *puzzlement* oder der epistemischen Neugier und es ist dieser Zustand, der gerade im Hinblick auf wissenschaftliche Theoriebildung besonders interessant ist. Der Zustand des *Puzzlement* bildet meines Erachtens so etwas wie eine Mittelposition zwischen den kontingenenten und psychologischen Gründen einer Warum-Frage. Ein erster Ansatz, wie sowohl die logisch-objektiven als auch die intersubjektiv-psychologischen Aspekte Aufschluss über die unterschiedlichen Typen der Warum-Frage liefern, findet sich in Nathan Isaacs Untersuchung der kindlichen Warum-Fragen, die ich im Folgenden darstellen will.

3.9 Nathan Isaacs Theorie kindlicher Warum-Fragen

Die Unterscheidung zwischen der psychologisch-(inter-)subjektiven und der logisch-objektiven Betrachtung ist Ausgangspunkt von Nathan Isaacs' (1930) Untersuchung der frühkindlichen Warum-Fragen. Isaacs' Fokus liegt auf dem psychologisch-(inter-)subjektiven Aspekt. Ihn interessiert, in welchem epistemischen Zustand eine Person ist, wenn sie Warum fragt. Isaacs stimmt in seiner Ansicht mit Sully und Piaget überein, dass der Sinn der Warum-Frage die Suche nach einer Regel für einen ansonsten problematischen Kontrast in der Welt ist. Isaacs betont aber noch stärker den allgemeinen sozialen Aspekt dabei: Das Individuum ist mit einem gedanklichen Problem konfrontiert, das es allein nicht lösen kann. Es wendet sich deshalb an eine andere Person mit der Aufforderung, bei der Lösung des Problems zu helfen. Isaacs bezeichnet die Warum-Frage daher als einen intellektuellen Ruf nach Hilfe. Wie oben bei den Warum-Fragen aus epistemischer Neugier bereits festgestellt, wird das Problem des Individuums durch die Frage zu einem allgemeinen Problem. Solche Problemsituationen existierten auch für Erwachsene, so Isaacs, aber ein Kind sei ihr besonders häufig ausgesetzt. Für Isaacs ist diese Situation der primäre Sinn der Warum-

Frage. Er charakterisiert den epistemischen Zustand der fragenden Person folgendermaßen:

»This situation is that of a sudden clash, gap or disparity between our past experience and any present event. Some fact is met which is contrary to expectation, or unexpected, or creates confusion or difficulty as to what to expect next. Something has gone wrong with our habitual knowledge or assumptions. We need to find out what it is and to put it right. We are pulled up, thrown out of our course, caught unprepared, or left without any clear guidance, and we have to deal with the obstruction.« (Isaacs, 1930, 295)

Isaacs präzisiert die epistemische Situation der Warum-Frage als Abweichungserfahrung. Dabei unterscheidet er allerdings zwei Arten von Abweichungen: einerseits die Abweichung, die durch einen lokalen ›Fehler‹ ausgelöst wird, und andererseits die Abweichung, bei der ein Konzept oder eine Erkenntnisstrategie scheitert und erweitert werden muss (Isaacs, 1930, 299).

Ich möchte an dieser Stelle die begriffliche Unterscheidung von *token* und *type* aufgreifen, um Isaacs Überlegung besser zu erläutern. Isaacs verwendet diese Begriffe zwar nicht, aber mithilfe dieser Unterscheidung lässt sich seine Argumentation meines Erachtens besser nachvollziehen. *Token*-Erklärungen beziehen sich auf die Ursachen einzelner Ereignisse, während *type*-Erklärungen generelle Gesetzmäßigkeiten als Erklärungen angeben (Hausman, 2005). Halpern (2016, 2) verweist darauf, dass die *type causality* typischerweise in wissenschaftlichen Erklärungen vorkommt und sie tendenziell in die Zukunft gerichtet ist und Vorhersagen ermöglicht. *Token causality* hingegen blickt in die Vergangenheit und fokussiert auf die Verkettungen singulärer Ereignisse.

Die lokale Abweichungserfahrung Isaacs kann nun so interpretiert werden, dass sie eine *token*-Erklärung verlangt. Es ist die Art des Warums, die wir etwa bei der Fehlersuche stellen, zum Beispiel bei einer defekten Maschine oder bei einem bereits häufig wiederholten Experiment, das nicht wie erwartet ausgeht. *Token*-Erklärungen nennen also

Störfaktoren, die einen sonst normal verlaufenden Prozess durcheinandergebracht haben und die nun ermittelt werden müssen, damit alles wieder reibungslos funktioniert. Bei *token*-Erklärungen geht es einfach darum, singuläre Ereignisse zu identifizieren, die Teil des normalen Weltverlaufs sind und die eine direkte Ursache für ein anderes Ereignis darstellen.

Die allgemeine Abweichungserfahrung entspricht hingegen der *type*-Erklärung. Es sind Fragen, die gesetzesartige Strukturen in der Antwort verlangen. Die Abweichung betrifft hier nicht die Abweichung von einem eigentlich normalen Verlauf, sondern die Unterschiedlichkeit zweier Größen. Dels Frage etwa, warum es kälter wird, wenn man (auf der Nordhalbkugel) nach Norden geht, drückt eine solche Unterschiedlichkeit aus. Sie verweist auf einen – noch unbekannten – Zusammenhang zwischen der geografischen Breite und der Temperatur auf der Erde. Beispiellohaft ist auch Beths Frage, warum einige Häuser schräge, andere aber flache Dächer haben. Auch hier liefert die Antwort einen allgemeinen Zusammenhang für diese eigentlich unterschiedlichen Phänomene. Isaacs bezeichnet diesen Typus ebenfalls als epistemische Warum-Frage. Es sind also jene Fragen, die nicht nur Einzelprobleme, sondern allgemeine Probleme lösen.

Warum-Fragen des epistemischen Typs drücken eine Divergenz oder eine Asymmetrie aus. Isaacs gibt daher verschiedene standardisierte Formulierungen an, wie diese Divergenz in der Frage geäußert wird (Isaacs, 1930, 306):

(Q4) Warum verhält sich x_1 , obwohl ähnlich zu x_2 , anders als x_2 ?

(Q5) Warum gilt jetzt x_1 , obwohl doch eigentlich x_2 gilt?

Ein zentraler Punkt in Isaacs Argumentation ist, dass diese epistemischen Irritationen zu einer Revision, Erweiterung oder Neuorganisation des Wissens führen, wenn die Frage wahrheitsgemäß beantwortet wird. Die *type*-Antwort liefert dann eine allgemeine Lösung des Problems, so dass das Individuum in der Zukunft nicht noch einmal eine solche Irritation erlebt. Die Irritation selbst bezeichnet Isaacs als ein Gefühl von Perplexität oder *puzzlement* (Isaacs, 1930, 302).

Isaacs (1930, 323) nimmt explizit eine Gegenposition zu Piaget ein, für den die Sinnebenen bei den kindlichen Fragen noch vermischt sind. Für Isaacs hingegen haben die Warum-Fragen eines Kindes generell einen Sinn und der ursprüngliche oder primäre Sinn der Warum-Frage ist die epistemische Situation von Perplexität oder *puzzlement*. Aus dieser epistemischen Grundsituation lassen sich nach Isaacs (1930, 302–304) dann vier weitere, sekundäre Grundbedeutungen der Warum-Frage ableiten:

- (i1) Fragen nach Motiven, Zwecken, Intentionen,
- (i2) Fragen nach Ursachen und lokalen Erklärungen,
- (i3) Fragen nach epistemischer Rechtfertigung oder nach Gründen eines Verhaltens,
- (i4) ›Warum?‹ als Exklamation von Verzweiflung.

Die erste Gruppe (i1) gehört für Isaacs zum Typ der Wo-, Wann-, Was- und Wer-Fragen, bei denen eine bestimmte Information direkt erfragt wird. Sie unterscheiden sich daher von den Fragen, die aus dem Gefühl des *puzzlement* oder der epistemischen Hilfesituation heraus gestellt werden. Auch Fragen aus der zweiten (i2) und dritten Gruppe (i3) seien nicht grundsätzlich im Sinne des *puzzlement* zu verstehen, da sie ebenfalls mit einer spezifischen Information beantwortet werden können. Entsprechend der oben gemachten Unterscheidung handelt es sich dann ebenfalls um *token*-Erklärungen. Ein Beispiel für eine Frage unter (i3), die nicht in einem *token*-Sinn gestellt wird, wäre etwa die Frage, warum eine Person über eine spezifische Information verfügt (›Warum weißt du p?‹). Die Frage fordert dadurch auch eine epistemische Rechtfertigung ein. Die Antwort gibt dann aber einen spezifischen Grund an, der nur für diese Person zutrifft (z.B. ›Weil B es mir gesagt hat.‹) – im Unterschied zu *type*-artigen epistemischen Rechtfertigungen, bei denen generell gefragt wird, warum eine Person etwas wissen kann.

Den für die Warum-Frage typischen Verwunderungszustand, so Isaacs, erleben auch Erwachsene, aber ihr epistemischer Charakter wird besonders deutlich an den Fragen von Kindern. Isaacs versucht, diesen epistemischen Zustand des Warum-Fragenden allgemeiner

zu fassen. In der epistemischen Abweichungserfahrung, bei der eine Erkenntnisstrategie *type*-artig durch ein wissenschaftliches Gesetz erweitert werden muss, kontrastiert eine allgemeine plausible Erwartung oder epistemische Regel mit irgendeinem Sachverhalt. Dieser Kontrast kann durch eine propositionalen Einstellung gekennzeichnet werden, die sich in folgende Form bringen lässt: »Man könnte meinen, dass ..., aber ...« oder »Man könnte erwarten, dass ..., aber ...«. (Isaacs 1930, 307)

Die Frage eines Kindes (4,1), »Why doesn't the ink run out when you hold up a fountain pen?« (Isaacs 1930, 308), lässt sich daher auch dementsprechend umformulieren: »Man könnte meinen oder erwarten, dass ein Behälter eine Flüssigkeit wieder abgibt, sobald man ihn umdreht. Aber hier handelt es sich um eine Instanz eines Behälters, bei der dies nicht der Fall ist. Was ist der Grund dafür?«

Eine weitere Beispieldfrage eines Kindes (4,1) lautet: Warum wird es draußen heller, wenn man drinnen das Licht ausmacht? (Isaacs 1930, 308). Auch diese Frage kann nur schwerlich *token*-artig mit Verweis auf eine partikuläre Ursache erklärt werden (»Ach, vielleicht sind die Wolken gerade weggezogen.«). Denn sie drückt wieder ein reales epistemisches Problem aus: Man könnte meinen, dass es dunkler wird, wenn das Licht ausgeht. Draußen sollte es aber genauso dunkel bleiben, wenn drinnen das Licht ausgeht (die beiden Ereignisse sind unabhängig voneinander). Trotzdem erscheint draußen plötzlich heller? Es muss also eine Erklärung geben, welche die Verwunderung auflöst.

Isaacs geht auch darauf ein, wie Erwachsene auf Kinderfragen antworten. Bei einer Frage wie »Why don't we see two things with our two eyes?« (Isaacs 1930, 308) würden im Alltag Erwachsene dem Kind oft eine teleologische Erklärung geben wie: »Sonst könnten wir nicht richtig sehen.« Die Verwunderung wird bei einer solchen Antwort jedoch nicht aufgelöst, weil die Erklärungsantwort nicht zum epistemischen Charakter der Frage passt. Letztlich sieht Isaacs nach meiner Interpretation bei Erwachsenen eine Tendenz, *token*-Erklärungen zu geben, obwohl *type*-Erklärungen verlangt sind. Ein Grund dafür könnte sein, dass *type*-Erklärungen komplizierter sind und auch Wissen voraussetzen. Isaacs liefert auch Beispiele für das eigenständige Denken von Kindern, das ihren Fragen vorausgeht. Wenn Rose (3,8) etwa fragt: »Why don't we milk

pigs?«, und sie die Antwort erhält: »Because they (pigs) have little ones of their own to feed?«, dann gibt sich Rose nicht damit zufrieden und insistiert: »So do cows have calves!« (Isaacs, 1930, 312).

Die grundsätzliche epistemische Situation des Kindes bei einer Warum-Frage, die Isaacs in seiner Analyse darstellt, stimmt zwar mit Sully und Piaget in der Auffassung überein, Kinder würden immer wieder die Erfahrung der Nicht-Übereinstimmung ihres Wissens machen. Jedoch haben nach Isaacs die Fragen immer einen spezifischen Sinn. Statt des von Piaget angenommenen Egozentrismus zeigen die epistemischen Fragen an, dass Kinder schon weit früher zu einem mitteilenden Denken sozialisiert sind. Die Finalismen und Anthropomorphismen in den Warum-Fragen haben für Isaacs daher auch kaum Relevanz. Isaacs bemüht sich daher um eine umfassende Neuinterpretation von Piagets (1923/1975) Untersuchung zu Warum-Fragen. Seine zentralen Einwände gegen Piaget lassen sich folgendermaßen wiedergeben:

- Kinder setzten zwar gelegentlich auch einen besonderen Grund voraus, wo eigentlich eine *token*-Warum-Frage angebracht wäre, oder stellten Fragen in einem intentionalen Sinn, der manchmal nicht angebracht ist, aber für Isaacs ist die Über-Verwunderung mehr oder weniger ein Fehler, der auch bei Erwachsenen vorkomme.
- Kinder unterscheiden verschiedene Sinnebenen von Warum-Fragen. Sie wenden Warum-Fragen auch in einem kausalen Sinn (*token*-Erklärung) an, etwa wenn eine bestimmte historisch-kausale Information erfragt wird (»Warum ist das Licht aus?«, »Weil Paul es ausgemacht hat.«). Aber sie verwenden Warum-Fragen hauptsächlich in einem epistemischen Sinn, d.h. aus einem Gefühl von Verwunderung heraus.
- Kinder stellen manchmal Warum-Fragen, die überflüssig erscheinen. Erwachsene geben dann tendenziell Erklärungen wie »Das ist eben Zufall« oder »Das ist eben so«. Jedoch liege die Schwierigkeit gerade darin, bei einer Warum-Frage eines Kindes herauszufinden, wann ein Verweis auf ein unbekanntes *token*-Ereignis als Erklärung für ein Phänomen ausreicht und wann nicht.

Das Antwortverhalten der Erwachsenen spielt, so Isaacs, eine entscheidende Rolle beim Aufbau eines kausalen Verständnisses der Welt. Es komme darauf an, den jeweiligen Typ der Frage zu erkennen und entsprechend zu antworten. Nach und nach würden die Warum-Fragen so durch ein kausales Weltwissen ersetzt. Die abgeleiteten Formen von Warum-Fragen (also diejenigen, die kein Verwunderungsgefühl ausdrücken) würden wichtiger, allerdings ohne dass die epistemische Warum-Frage ihre ursprüngliche Bedeutung verliert. Die epistemische Warum-Frage dient weiterhin als Mechanismus, um das Wissenssystem in der Frage zu revidieren oder zu erweitern. Die Qualität der Antworten, die Kinder auf ihre Fragen erhalten, sei daher ein entscheidender Faktor für deren intellektuelle Entwicklung.

Für meine weitere Argumentation möchte ich drei Erkenntnisse von Isaacs besonders hervorheben: 1. Kinder stellen Warum-Fragen mit unterschiedlichen Sinnebenen, namentlich in einem *type*- oder *token*-Sinn. Die primäre Bedeutung epistemischer (*type*) Warum-Fragen ist ein Gefühl von Verwunderung, *puzzlement* oder epistemische Neugier. Diese Neugier verlangt nach epistemischen *type*-Erklärungen. 2. Warum-Fragen fordern zu einer dialogischen Interaktion und zu einer intellektuellen Kollaboration auf. Sie sind intellektuelle Hilferufe, die das verwunderungserzeugende Problem vollständig lösen sollen. Epistemische Warum-Fragen enthalten Sätze, die eine Divergenz oder eine Asymmetrie aufweisen. 3. Epistemischen, nach *type*-Erklärungen verlangenden Warum-Fragen liegt ein bestimmter epistemischer Zustand zugrunde, der die Erfahrung einer Divergenz oder Asymmetrie ausdrückt. Die Auflösung dieser epistemischen Irritationen führt zu einer Revision, Erweiterung oder Neuorganisation des Wissenssystems.

3.10 Fragen von Kindern als Mechanismus der Theoriebildung

Neuere Studien zu Warum-Fragen von Kindern stützen sich auf eine breitere Datenbasis als die qualitativen Auswertungen von Sully, Piaget und Isaacs. Callanan und Oakes (1992) untersuchten die Kausalfragen von 30 Kindern in Alltagssituationen mit ihren Eltern. Die Fragen der

Kinder beschäftigten sich mit physikalischen Phänomenen (»Why can we see stars?«), biologischen Themen (»How do eyes work?«) oder technischen Mechanismen (»How do electric wheelchairs work?«). Den größten Anteil nahmen jedoch jene Fragen ein, welche die Gründe für ein bestimmtes Verhalten ermitteln sollten (»Why is Jimmy crying?«). Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass Kinder vor allem nach erklärenden Faktoren für »puzzling phenomena« (Callanan & Oakes, 1992, 228) fragen. Die Autoren der Studien interpretieren ihre Ergebnisse im Sinne der Theorie-Theorie und zitieren in diesem Zusammenhang Carey (1985):

»Explanation is at the core of theories. It is explanatory mechanisms that distinguish theories from other types of conceptual structures, such as restaurant scripts. To see this, consider such questions as 'Why do we pay for our food at a restaurant?' or 'Why do we order before the food comes?' The answers to these questions are not to be found within the restaurant script itself; the answer to the first lies in the domain of economics, where questions of the exchange of goods and services are explained, and the answer to the second lies in the domain of physics, since it involves directionality of time.« (Carey, 1985, 201)

Empirisch gestützt wird die Ansicht, dass Warum-Fragen eine intuitive Theoriebildung ermöglichen, auch durch eine Studie von Hickling und Wellman (2001). Darin wurden mehr als 120.000 Äußerungen von vier Kindern im Alter von zwei bis fünf Jahren aus der CHILDES-Datenbank (MacWhinney & Snow, 1985, 1990) auf die Verwendung von Kausaltermini wie *why*, *because*, *how* untersucht. Die Studie kommt zum Ergebnis, dass Fragen nach Erklärungen mit zu den ersten verbalsprachlichen Äußerungen überhaupt gehören und dass Kausalfragen weit häufiger ausgesprochen wurden als Kausalaussagen. In der Studie zeigte sich auch, dass die Warum-Fragen domänenübergreifend sind, d.h. physikalische, biologische, psychologische und sozial-konventionelle Kontexte betreffen, wobei dem psychologisch-sozialen Aspekt eine besondere Bedeutung zukommt. Auch zeigte sich, dass im Alter von zweieinhalb bis drei-

einhalb Jahren deutlich mehr Warum-Fragen gestellt wurden (Hickling & Wellman, 2001).

Chouinards (2007) umfassende Untersuchung liefert ein noch genaueres Bild, wie wir uns in der Kindheit durch Fragen einen Wissensbestand aneignen. Anhand von insgesamt vier methodisch unterschiedlichen Untersuchungen zeigt sie, dass (1) die untersuchten Kinder Fragen stellen, um Weltwissen zu erwerben; dass (2) sie von Erwachsenen jene Informationen erhalten, die sie mit ihrer Frage intendierten, dass (3) Kinder tatsächlich an Wissen interessiert sind, dass (4) die Fragen von Kindern relevant für deren kognitive Entwicklung sind und schließlich dass (5) Kinder Fragen gezielt einsetzen, um ihre Konzepte zu verändern oder zu erweitern.

Chouinards Studie untersucht ebenfalls die spontanen Fragen in Alltagsgesprächen von vier Kindern (1,2 bis 5,2 Jahre) aus dem Korpus der CHILDES-Datenbank (MacWhinney & Snow, 1985, 1990). Auch nicht-verbale Äußerungen der Kinder im Alter von einem Jahr wurden mitbeachtet, wenn sie einen fragetypischen Kontext oder eine fragetypische Intonation aufwiesen. Zwei Fragetypen wurden dabei unterschieden: Zum einen die informationsermittelnden Fragen (*information-seeking*), zum anderen die nicht-informationsermittelnden Fragen (*noninformation-seeking*). Zu letzteren gehören Fragen, mit denen etwa um Erlaubnis gebeten oder Aufmerksamkeit erzeugt wird (»Hey mom?«). Auffällig ist, dass die Kinder laut Aufzeichnungen sehr viele Fragen stellten: im Durchschnitt 107 Fragen pro Stunde, wobei der Anteil informationsermittelnder Fragen mit 71 % deutlich überwog.

In den meisten Fällen erhielten die Kinder von den Erwachsenen die Information, nach der sie gefragt hatten. Je jünger die Kinder waren, umso mehr zusätzliche Informationen wurden ihnen gegeben. Chouinard (2007) findet Hinweise darauf, dass die Motivation der Kinder tatsächlich der Erkenntnisgewinn ist und nicht etwa andere Aspekte von Kommunikation wie das Erzielen von Aufmerksamkeit. Erhielten die Kinder keine informative Antwort auf ihre Frage, wiederholten sie mit fast 50 %iger Wahrscheinlichkeit die Frage, um die Information doch noch zu bekommen.

Informationsermittelnde Fragen wurden in der Studie in Fragen nach Fakten (»What is ...?«) und Fragen nach Erklärungen (»Why ...?«, »How come ...?«) unterschieden. Ein zentrales Ergebnis Chouinards betrifft die explanatorischen Fragen, welche in der Auswertung der CHILDES-Daten im Schnitt 15 % aller Kinderfragen ausmachen. Erwachsene stellen in ihrem Lernprozess zunächst Fragen nach Fakten und wechseln, sobald ein tieferes Verständnis erzielt werden soll, zu Erklärungsfragen (Graesser & Olde, 2003). Bei Kindern lässt sich Ähnliches beobachten: Der Anteil der Erklärungsfragen steigt mit zunehmendem Alter an. Jedoch gibt es eine bemerkenswerte Abweichung von diesem an sich zu erwartenden Verlauf: Zwischen zweieinhalb und dreieinhalb Jahren kommt es zu einem erkennbaren Anstieg explanatorischer Fragen, der ab dem darauffolgenden Lebensjahr wieder leicht zurückgeht. Chouinard deutet diese Kulmination von Erklärungsfragen als Hinweis auf eine Aha-Phase, in der die Kinder ein spezielles Interesse am Verstehen von Kausalität haben (Chouinard, 2007, 31). Auch Studie 2 zeigte in der Altersgruppe der Dreijährigen wieder einen Anstieg bei den Erklärungsfragen (»Why ...?«), was die Hypothese stärkt, dass in dieser Entwicklungsphase ein besonderes Interesse an Erklärungen besteht.

Dass das Stellen von Fragen ein zentraler Mechanismus im Prozess des Wissensaufbaus ist, dafür spricht für Chouinard auch, wie oft die Kinder aufeinander aufbauende, also weiterführende Fragen aufwerfen: Schon im nicht-verbalsprachlichen Alter äußern die Kinder Vertiefungsfragen, freilich zu einem geringen Anteil. Dieser erhöht sich deutlich im Verlauf der Sprachentwicklung, sodass in der Altersgruppe der Vierjährigen grob jede zweite Frage auf eine Vertiefung des zuvor befragten Themas zielt. Dass die Vertiefung eines Themas mit dem Erfassen seiner kausalen Struktur einhergeht, darauf deutet die Häufigkeit von Erklärungsfragen in dialogischen Sequenzen: In einem sprachlichen Austausch, bei dem die Kinder aufeinander aufbauende Fragen stellen, sind Erklärungsfragen signifikant wahrscheinlicher, als wenn die Ursprungsfrage isoliert bleibt (Chouinard, 2007, 51).

Studie 3 bestätigte ebenfalls die Anzeichen für eine Aha-Phase bei den Dreijährigen, in der der Anteil explanatorischer Fragen stark zu-

nimmt. Auch zeigt sich wieder, dass der Anteil von Erklärungsfragen bei aufeinander aufbauenden Fragen in dialogischen Situationen ansteigt. Studie 4 bestätigte zusätzlich Chouinards Hypothese, dass das Stellen von Fragen bei einer Problemstellung immer zunächst aus einer Überprüfung und Vergegenwärtigung der vorhandenen konzeptuellen Struktur des jeweiligen Sachverhalts hervorgeht, um dann möglichst effizient die fehlende Information zu erhalten (Chouinard, 2007, 94).

Chouinard (2007) beschreibt den Mechanismus des Wissenserwerbs folgendermaßen: Trifft das Kind in einer Situation auf ein Problem, etwa einen Widerspruch, eine Wissenslücke oder einen unerwarteten Umstand, erfährt es ein kognitives Ungleichgewicht. Dieses Ungleichgewicht, so Chouinard, wird durch das Stellen einer Frage aufgehoben, da die Frage die Einordnung des aktuellen Wissens in den jeweiligen Kontext anzeigt, während durch die Antwort Teile der konzeptuellen Struktur ersetzt oder umorganisiert werden müssen. Durch das Verfahren von Frage und Antwort erneuert und erweitert sich die Wissensstruktur durch Anhäufen von Fakten oder durch konzeptuellen Wandel mithilfe neuer Erklärungen. In Chouinards Modell beginnt dieser Prozess der Erweiterung und Umorganisation des Wissens mit der frühen Fähigkeit des Kindes, Informationen zu sammeln, und spezifiziert sich dann weiter im Laufe des Spracherwerbs.

Chouinard bezeichnet ihr Modell des kindlichen Lernens durch das Stellen von Fragen als *information-requesting mechanism*. Wissen enthält demnach sowohl Fakten als auch Erklärungen, die beide jeweils über verschiedene Fragetypen angesteuert werden. Erklärungsfragen ermöglichen den Zugang zu einem tieferen, d.h. kausalen Verständnis eines Sachverhalts, scheinen aber nur effektiv, wenn die Faktenbasis ausreichend durch nicht-explanatorische Fragen evaluiert ist. Nach Chouinards Theorie ermöglicht das Zusammenspiel beider Fragetypen den Aufbau von Wissensdomänen (Chouinard, 2007, 100).

Dass Kinder mit ihren Warum-Fragen tatsächlich nach Erklärungen suchen, ist auch Ergebnis der Studien von Frazier, Gelman und Wellman (2009). Diese gehen der Frage nach, wie Erwachsene die Warum-Fragen von Kindern beantworten und mit welchen Sprechhandlungen Kinder auf die jeweilige Antwort reagieren. Dazu wurden zunächst, ähnlich wie

bei Hickling und Wellman (2001) und Chouinard (2007), Transkripte von sechs Kindern im Alter von zwei bis vier Jahren aus der CHILDES-Datenbank (MacWhinney & Snow 1985) auf Kausalfragen (›Why ...?‹, ›How ...?‹) hin untersucht. Bei den auf die Kinderfragen folgenden Äußerungen der Erwachsenen wurde hauptsächlich zwischen erklärenden Antworten, also solchen, die Informationen über einen Kausalzusammenhang lieferten, und nicht-erklärenden Antworten unterschieden. Insgesamt lag der Anteil explanatorischer Antworten der Erwachsenen bei 36,7 %. Dabei zeigte sich, dass die Kinder bei den erklärenden Antworten eher mit Zustimmung und zusätzlichen, weiterführenden Fragen reagierten. Bei nicht-explanatorischen Antworten reformulierten sie hingegen ihre Frage oder lieferten eigene Erklärungen. Dieses Muster zeigte sich bei allen Altersgruppen, wobei die Zweijährigen bei den erklärenden Antworten häufiger mit Zustimmung und Weiterfragen reagierten.

Um die Reaktion von Kindern auf explanatorische bzw. auf nicht-explanatorische Antworten von Erwachsenen weiter zu untersuchen, wurde für Studie 2 von Frazier und anderen (2009) eine Experimental-situation hergestellt, bei der die Erwachsenen auf die Fragen der Kinder mit festgeschriebenen Sequenzen antworteten. Um die Kinder in ihrem Frageverhalten anzuregen, wurden ihnen verschiedene Objekte, Bücher, Bilder und kurze Videos gezeigt, die Erklärungsfragen provozierten, weil die Inhalte konträr zum Erwarteten standen (z.B. Geschichte eines Mädchens, das Ketchup statt Schokoladensoße auf sein Eis gießt). Die Themen waren nicht auf einzelne Domänen festgelegt, sondern stammten aus unterschiedlichen Disziplinen (Psychologie, Physik oder Biologie). Im Fokus der Studie 2 standen nicht nur explizit geäußerte Kausalfragen (›Why ...?‹ und ›How ...?‹), sondern auch andere kausalitätsermittelnde Äußerungen, die z.B. durch Überraschung anzeigen-ende Intonationen als solche identifizierbar waren. In der Erprobungsphase des Experiments zeigte sich, dass Kinder eine kausale Information auch einfordern, indem sie die Verwunderung über einen Sachverhalt bloß feststellen (›requestive statements‹, Frazier, et al., 2009, 13). Dies erfüllt jedoch im Dialog mit Erwachsenen die gleiche pragmatische Funktion wie eine Warum-Frage. Insgesamt wurden 42 Kinder im Alter von 3,5

bis 5,3 Jahren untersucht. Wie in Studie 1 bestätigte sich die Vorhersage, dass Kinder bei den erklärenden Antworten der Erwachsenen eher mit Zustimmung und zusätzlichen Fragen reagierten. Bei den nicht-explanatorischen Antworten hingegen wiederholten die Kinder ihre Frage oder lieferten in seltenen Fällen eigene Erklärungen (Frazier, Gelman & Wellman, 2009). In einer späteren Studie (Frazier, Gelman & Wellman, 2016) konnte gezeigt werden, dass Kinder Erklärungen, die Erwachsene als zufriedenstellender einschätzten, bevorzugten und sich besser an sie erinnerten.

3.11 Frühkindliches Warum und Typen der Erklärung

Warum-Fragen zu stellen und Erklärungen einzufordern, ist ein typisches Verhalten von Kindern im Alter von drei bis sieben Jahren. Besonders dreijährige Kinder suchen den Dialog mit Bezugspersonen und fordern tiefer gehende Erklärungen durch Ketten von ‚Warum?‘ ein. Werden diese Folge-Warum-Fragen konsequent weiter beantwortet, dann führt dieser Prozess zu abstrakten wissenschaftlichen Erklärungen. Anhand beispielhafter Warum-Fragen von Kindern lässt sich zeigen, dass ein bestimmter Typus kindlicher Warum-Fragen in einem Warum-Regress zu abstrakten wissenschaftlichen Theorien führt. Neben diesem Typus – dem *type*-Typ – lässt sich noch ein weiterer Typ von Warum-Fragen identifizieren, nämlich der *token*-Typ. Bei diesem sollen singuläre Ereignisse identifiziert werden, die Teil des normalen Weltverlaufs sind und die zur Erklärung direkte Ursachen verlangen. Dieser Typus führt nicht zu abstrakten wissenschaftlichen Erklärungen.

An den Warum-Fragen von Kindern lassen sich grundlegende Eigenschaften des kognitiven Mechanismus der Warum-Frage herausarbeiten. Die zentrale Funktion, welche die Warum-Frage im menschlichen Denken hat, wird durch die Differenziertheit verschiedener Typen von Warum-Fragen ermöglicht. Die Typen des Warums korrespondieren mit unterschiedlichen Arten von Neugier, namentlich einer instrumentellen und einer epistemischen Neugier. Aus dem Umstand, dass schon in der Kindheit verschiedene Typen von Neugier identifiziert

werden können, kann man schließen, dass die epistemische Neugier von Kindern mit der Neugier wissenschaftlich forschender Erwachsener nicht nur in einem sprichwörtlich-anekdotischen Sinn übereinstimmt. Vielmehr wird offensichtlich, dass der kognitive Mechanismus, der zu wissenschaftlichen Erklärungen führt, mit dem Mechanismus der Warum-Frage in der frühen Kindheit übereinstimmt. Es gibt noch weitere Parallelen des frühkindlichen Lernverhaltens zum wissenschaftlichen Entdeckungsprozess: Kinder entdecken die physikalisch-kausalen Eigenschaften der Welt durch ihre eigenen volitionalen Handlungen, sie erkunden kausale Interventionsmöglichkeiten und beobachten Effekte.

Kinder wenden sich mit ihren Fragen an ihre soziale Umwelt, was als intellektueller Ruf nach Hilfe verstanden werden kann, oder sie begeben sich, sofern diese Hilfe ausbleibt, in einen inneren Dialog oder Nachdenkprozess, um das Problem zu lösen. Die kindlichen Warum-Fragen sind aller empirischen Evidenz nach – genau wie die Fragen von Erwachsenen – hinsichtlich der Frage-Typen differenziert. Kinder im Alter zwischen drei und sieben Jahren fragen nach Begründungen, nach Ursachen und nach Theorien. Indem die antwortende Person den Grund der Frage erkennt bzw. den Sinn der Frage versteht und entsprechend differenziert beantwortet, unterstützt sie den gedanklichen Prozess und macht ihn explizit. Diese Überlegung steht ebenfalls in Übereinstimmung mit der heutigen Forschung zur frühkindlichen Denkentwicklung: Der dialogischen Interaktion und der Fähigkeit von Bezugspersonen, den epistemischen Zustand des Kindes zu erkennen und entsprechend das epistemische Bedürfnis zu adressieren, werden dort als besonders bedeutsam für die Ausbildung sprachlich-kognitiver Fähigkeiten angesehen (Fonagy, 2008; Meins, 1997; Rogoff, 1990; Rogoff & Toma, 1997).

Piagets genetischer Erkenntnistheorie entgehen gerade diese inter-subjektiven bzw. dialogischen Aspekte des kindlichen Fragens. Piaget spricht den Warum-Fragen von Kindern einen wissenschaftlich-epistemischen Sinn ab und unterstellt ihnen eine besondere Kind-Logik. Für Piaget sind Kinder noch keine rationalen Wesen, wie etwa für Locke, sondern befinden sich geistig im vorkausalen Stadium des Egozentrismus. Beachtet man aber den dialogischen Aspekt, dann wird deutlich,

dass eine antwortende erwachsene Person jedoch genau dann einen differenzierten Sinn der Warum-Frage eines Kindes annimmt, wenn sie implizit auch davon ausgeht, dass Kinder rationale Wesen sind, die die Antwort genau in dem Sinn verstehen, den die Frage voraussetzt. Denn ansonsten wäre es gleichgültig, in welchem Sinn die Frage zu beantworten wäre, da das Kind den Sinn der Antwort nicht verstehen könnte. Wie neuere Untersuchungen aber zeigen, sind Kinder zusätzlich sensibel dafür, ob eine Frage sinnvoll beantwortet wird, und sie geben sich keineswegs mit beliebigen Antworten zufrieden (Baum, Danovitch & Keil, 2008; Corriveau & Kurkul, 2014; Frazier, Gelman & Wellman, 2009, 2016; Mills et al., 2019).

Piaget bemüht sich zwar ebenfalls um eine Typisierung der unterschiedlichen Warums. Diese Typen sind nach Piaget jedoch in der frühen Kindheit noch vermischt: Del interessiere sich wenig dafür, ob eine gemachte Aussage bewiesen wird oder nicht (Piaget, 1923/1975, 212). Die genauere Untersuchung der kindlichen Warum-Fragen zeigt jedoch, dass Kinder mit ihren zahlreichen Warums oft genau das einfordern, was Piaget für sie ausschließt, nämlich Begründungen, Beweise oder Rechtfertigungen für eine Behauptung. Ein solcher Beweis als Antwort auf eine Warum-Frage muss natürlich kein rigoroser mathematischer Beweis sein oder eine vollständige wissenschaftliche Erklärung liefern, bei der jeder Satz aus dem vorhergehenden abgeleitet werden kann. Die Begründung, welche die Antwort auf die Warum-Frage bereithält, kann auch alltagssprachlich erfolgen und daher vage sein. Aber die Begründung muss, um die Frage zu beantworten, dennoch so weit logischen Regeln folgen, dass niemand sie vernünftigerweise bestreiten kann. Das bedeutet, dass ein rigoroser Beweis oder die Rückführung auf abstrakte Gesetzmäßigkeiten zumindest potenziell möglich ist. Tatsächlich zeigt der Warum-Regress, bei dem die *type*-Fragen immer wieder aufgegriffen werden, dass die Frage selbst am Ende nur mit abstrakteren, gesetzmäßigen Erklärungen beantwortet werden kann.

Als Ergebnis dieses Kapitels möchte ich festhalten, dass die menschliche Neugier durch die Differenzierung von Fragetypen besser verstanden werden kann. Durch die Beschreibung des Mechanismus der Warum-Frage lässt sich erklären, warum wir neugierig sind, ohne nur

unspezifisch zu sagen, dass eine Frage den Zweck hat, Wissen zu erwerben, oder zu sagen, dass wir Fragen stellen, weil wir etwas wissen wollen. Der Grund für das Warumfragen – die menschliche Neugier – muss daher nicht in der natürlichen Entwicklung gesucht werden, die sich etwa nach – vermeintlich – biologischen Gesetzen vom Einfachen zum Komplexen bewegt. Der Grund für das Warumfragen liegt dann auch nicht ausschließlich in der Psychologie des Individuums, das die Frage stellt. Der Grund für eine Warum-Frage ist vielmehr eine bestimmte mentale Aktivität, die im Dialog durch die Erklärungsantwort adressiert und weiterentwickelt wird. Wie dieses Verhältnis von Warum-Frage und dem jeweiligen Typ der Erklärungsantwort beschrieben werden kann, ist Gegenstand des nächsten Kapitels.

4. Warum-Frage und Erklärungsantwort

Wissenschaftstheoretische Überlegungen stellen für die kognitive Psychologie der Kindheit einen theoretischen Rahmen bereit, innerhalb dessen sich frühkindliches Lernverhalten beschreiben lässt. Umgekehrt jedoch spielen in den wissenschaftstheoretischen Debatten die empirischen Befunde der Entwicklungspsychologie kaum eine Rolle. Die skeptische Position innerhalb der Wissenschaftstheorie gegenüber der kognitiven Psychologie der Kindheit lässt sich grob so wiedergeben: Es kann zwar sein, dass Kinder nach einem ähnlichen Mechanismus lernen wie wissenschaftlich Forschende, aber für die Wissenschaftstheorie sind die psychologischen Aspekte menschlicher Erkenntnis sekundär, da es darum geht, objektive und universelle Kriterien für den wissenschaftlichen Erklärungsbegriff zu finden. Hempel (1965) drückt diese skeptische Position gegenüber den psychologischen Aspekten der Erklärung durch eine Analogie zum Begriff des Beweises in der Mathematik aus:

»The pragmatic aspects of proof form an interesting and important subject for empirical investigation. Piaget, for example, has devoted a great deal of effort to psychological standards of proof in children of different ages. But for the purposes of mathematics and logic as objective disciplines, we clearly need a concept of proof which is not subjective in the sense of being relative to, and variable with, individuals; a concept in terms of which it makes sense to say that a given argument Y is a proof of a given sentence X (in a theory) without making any mention of persons who might take cognizance of Y .« (Hempel, 1965, 426)

Allerdings trifft diese Kritik Hempels nur bedingt auf Piaget zu, denn Piaget vertritt keine pragmatische Position hinsichtlich der logisch-mathematischen Gesetze. Für Piaget sind die logisch-mathematischen Strukturen – die deduktiven Schemata wie das materiale Konditional – vielmehr das Ergebnis einer allmählichen natürlichen Konstruktion, einer stufenartigen Anpassung an das *Apriori* (Piaget, 1967/1992a, 323). Piagets Auffassung ist genetisch. Wie im vorherigen Kapitel gezeigt, schließt Piaget die intersubjektiven Aspekte der Erklärung für Kinder fast vollständig aus.

Der von Hempel formulierte Einwand gegen die psychologischen Aspekte trifft eher auf jenen Typus von Warum-Fragen zu, die eine subjektive Erwartungsverletzung ausdrücken. Hempels Beispiel lautet: Eine Person bemerkt, dass es während der Winterzeit im Haus immer dann kühler wird, wenn im Haus der Fernseher läuft. Die Beobachtung ist für die Person dann zwar ebenfalls ›puzzling‹, aber diese Form des *puzzlement* ist nur individuell. Sie wird aufgelöst, wenn man der Person erklärt, dass das Thermostat wegen der Wärmestrahlung des Fernsehers durcheinandergebracht wurde (Hempel, 1965, 427). Wenn Hempel von Warum-Fragen spricht, deren Grund relativ zu und variabel mit der fragenden Person ist, dann meint er damit Warum-Fragen, die aus einem individuellen psychologischen Grund gestellt werden. Er bezeichnet sie als ›explaining how-possibly‹-Fragen, während die wissenschaftlichen Fragen auf das ›explaining why-necessarily‹ (Hempel, 1965, 428) zielen.

Wie im vorherigen Kapitel gezeigt, stellen Kinder – ebenso wie Erwachsene – zwar durchaus auch Warum-Fragen, deren Grund in jenem Sinne individuell-psychologisch ist. Was aber für die eine Person eine Erwartungsverletzung ist, muss für die andere Person in keiner Weise einen besonderen Grund verlangen. Wie Sully, Piaget und Isaacs argumentieren, stellen Kinder zwar häufiger *how-possibly*-Fragen, da Kinder im Gegensatz zu Erwachsenen oft mit neuen Situationen konfrontiert sind bzw. ihre kausalen Handlungsmöglichkeiten in der Welt exploreieren. Dennoch kann man die frühkindlichen Warum-Fragen, wie im vorherigen Kapitel gesehen, nicht allein auf diesen psychologischen Typ reduzieren. Denn wie die zahlreichen Beispiele zeigen, stellen Kinder auch Warum-Fragen, deren Grund nicht in einer Erwartungsverletzung

liegt. Es sind Fragen, die komplexe wissenschaftliche Probleme aufwerfen und deren fortgesetztes Weiterfragen schließlich zu den abstrakten Gesetzen führt, die Hempel bei seinem Modell im Sinn hat. Im vorherigen Kapitel habe ich diese Fragen als Fragen aus epistemischer Neugier bezeichnet. In der Terminologie Hempels ausgedrückt: Kinder stellen auch *why-necessarily*-Fragen.

Für eine normative, an objektiven Erklärungskriterien orientierte Wissenschaftstheorie ist ein die Verstehensaspekte reflektierender Erklärungsbegriff inakzeptabel. Er würde zu einem Anthropomorphismus führen, wie etwa Salmon (1989, 127) einwendet. Ich argumentiere in diesem Kapitel nun aber, dass vielmehr die Unterscheidung von Typen oder Sinnebenen von Warum-Fragen (was nichts anderes ist als die Analyse der Verstehensaspekte von Warum-Fragen) zu einem klareren Bild wissenschaftlicher Erklärung beitragen. In der Wissenschaftstheorie wurde bisher noch nicht ausreichend reflektiert, dass die Art und Weise, wie die Frage gestellt wird, auch den Typ der Erklärung bestimmt. Schon bei Piaget findet sich der Hinweis, dass das Verstehen-Warum etwas mit Beweis, Begründung und deduktiven Schemata zu tun hat. Nach seiner naturalistischen Theorie wird jedoch gegenseitiges Verstehen durch Sozialisierung und Objektivierung erst im späteren Kindesalter erreicht. Eine genaue Analyse frühkindlichen Dialogverhaltens zeigt jedoch, dass Kinder schon früher mit einem bestimmten Typ von Warum-Frage – den epistemischen Warum-Fragen – das Verstehen-Warum einfordern. In den folgenden Abschnitten möchte ich daher zeigen, dass der Begriff der Begründung, des Beweises oder der Rechtfertigung dadurch bestimmt werden kann, dass eine Person vollständig versteht, warum sie selbst oder eine andere Person eine Überzeugung wahrhaft hat, obwohl die Person diese wahre Überzeugung nicht unmittelbar aus der Beobachtung schließen kann. Im Alltag macht uns das Verstehen der Frage seltener Probleme, weil wir die kontextuellen Informationen einbeziehen können. In der formalen Analyse entgeht einem aber leicht die Unterscheidung der Grundtypen des Warums, sodass bestimmte Aspekte, die eigentlich logisch-semantisch untersucht werden könnten, schnell als ausschließlich pragmatische Aspekte aufgefasst werden. In diesem Kapitel möchte ich nun zeigen, wie die genauere

Betrachtung dessen, was eigentlich erfragt wird, zu einer Beschreibung verschiedener Erklärungstypen führt.

4.1 Fragen und epistemische Empathie

Auch wenn Piaget in seinen frühen Schriften den Aspekt des intersubjektiven Verstehens noch berücksichtigt, blendet er ihn in seiner späteren genetisch-naturalistischen Perspektive auf die Erkenntnistheorie aus. Dass der intersubjektive Aspekt gegenseitigen Verstehens jedoch umgekehrt ein normatives Element zutage fördert, lässt sich anhand einer Differenz Quines zu Piaget erläutern. Piaget hatte einen gewissen Einfluss auf Quines Erkenntnistheorie. Im Gegensatz zu Hempel sind für Quine (1960/2008) Piagets Studien eine reichhaltige Quelle, um dem Mechanismus menschlicher Denkprozesse nachzuspüren:

»It is a source of which philosophers have deprived themselves who, like Husserl and others, have abjured what they call psychologism. I, on the contrary, embrace psychologism most cordially, and feel that Professor Piaget's program of genetic epistemology, as he calls it, can be an important avenue to philosophical illumination.« (Quine, 1960/2008, 271–272).

Piaget und Quine stimmen darin überein, dass es ein hoffnungsloses Unterfangen sei, die menschliche Erkenntnis, wie Locke es tut, empiristisch auf Sinnesdaten, also auf dem Verbinden oder Trennen verschiedener, durch die Sinneswahrnehmung eingeprägter Ideen zu begründen (Piaget, 1967/1992a, 110; Quine, 1969, 74–75). Einig sind sie sich auch, dass die Notwendigkeit logisch-mathematischer Wahrheiten in der Psychologie des Individuums in seiner physischen Interaktion mit der Umwelt zu suchen ist (Quine, 1969, 82). Dieses gemeinsame Programm einer naturalistischen Erkenntnistheorie führt dann allerdings dazu, dass der Aspekt der Rechtfertigung oder des Beweises – also das normative Element menschlicher Erkenntnis – sowohl bei Piaget als auch bei Quine herausfällt (Kim, 1988; Putnam, 1982; Rotman, 1977).

Eine Differenz zwischen Quine und Piaget besteht allerdings in Bezug auf den frühkindlichen Spracherwerb. Während Piaget etwa Chomskys (1959, 1965) Kritik des Behaviorismus zustimmt und lediglich dessen innatistische Annahmen ablehnt (Piaget, 1968), so nimmt Quine (1987/2008a) explizit eine behavioristische Position im Hinblick auf den Erstspracherwerb ein:

»In psychology one may or may not be a behaviorist, but in linguistics one has no choice. Each of us learns his language by observing other people's verbal behavior and having his own faltering verbal behavior observed and reinforced or corrected by others. We depend strictly on overt behavior in observable situations.« (Quine, 1987/2008a, 341).

Ein Kind, das Sprache lernt, ist nach Quine darauf angewiesen, sich rückzuversichern, dass die Bedeutung seines Vokabulars die gleiche ist wie bei seinen sprachlichen Interaktionspartnern (Quine, 1960/2013). Jedoch ist die Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit des Stimulus – bzw. die Übereinstimmung und Nicht-Übereinstimmung mit dem Interaktionspartner – auch nach Quines Ansicht nicht hinreichend, um die Bedeutung einer sprachlichen Äußerung zu verstehen. Denn unser Urteil hinsichtlich Ähnlichkeit und Nicht-Ähnlichkeit kann durch den Kontext oder das individuelle Interesse immer vom Urteil des anderen abweichen, ohne dass es je zu einer Verständigung kommt. Um diese semantische Lücke zwischen den unterschiedlichen Beschreibungsmöglichkeiten eines Objekts zu überbrücken, weicht der spätere Quine (1990, 1995) sowohl vom Egozentrismus Piagets als auch vom Behaviorismus ab: Ein Kind und seine nächsten Bezugspersonen bringen von vornherein eine instinktive Fähigkeit zur Perspektivübernahme mit, sprich die Fähigkeit zur Empathie (Baghramian, 2016):

»Empathy figures also in the child's acquisition of his first observation sentences. He does not just hear the sentence, see the reported object or event, and then associate the two. He also notes the speaker's orientation, gesture, and facial expression. In his as yet inarticulate way

he perceives that the speaker perceives the object or event.« (Quine, 1995, 89, siehe auch Quine, 1990, 42–43)

Letztlich ist es diese »higher level empathy« (Baghramian, 2016, 36), welche ein normatives Element in Quines Theorie zurückbringt (Baghramian, 2016). Denn diese höhere Empathie, die ich hier als epistemische Empathie bezeichne, ermöglicht es, anderen Überzeugungen und propositionale Einstellungen zuzuschreiben und Abweichungen und Übereinstimmungen festzustellen. Höhere Empathie führt zu »normativen Urteilen«, über das, was korrekt, angemessen oder wünschenswert ist (Baghramian, 2016, 27). Durch das Element der Empathie unterscheidet sich Quines naturalistische Erkenntnistheorie von der Piagets. Während Piaget davon ausgeht, dass Kinder erst am Ende der präoperationalen Phase im Alter von etwa sieben Jahren ihren Egozentrismus überwinden, zeigt Quine, dass Perspektivübernahme durch Einfühlung – und damit die Wahrnehmung der unausgesprochenen Gedanken anderer – bereits in den ersten Beobachtungssätzen von Kindern evident wird. Epistemische Empathie ermöglicht daher schon früh grundlegende Normen der menschlichen Erkenntnis.

4.2 Fragen und die ostensiv-inferentielle Kommunikation

Epistemische Empathie führt – entgegen der Auffassung Hempels – zu normativen Urteilen, indem sie Beweisführung und Rechtfertigung zu zentralen Elementen menschlicher Kommunikation erhebt. Dies lässt sich durch eine genauere Betrachtung des Zusammenhangs zwischen dieser höheren Form der Empathie und dem Frage-Antwort-Schema noch besser begründen. In der Sprechakttheorie werden Fragen dem illokutionären Akt zugeordnet (Austin, 1962, 98) bzw. als Direktiv aufgefasst:

»Questions are a species of directives since they are attempts by S to get H to answer – i.e. to perform a speech act.« (Searle, 1976, 11, Fußnote 2)

Eine Frage fordert etwa den Adressaten zu der Handlung auf, der fragenden Person eine Information zu übermitteln. Jedoch erfüllen nicht alle Fragen in unserer Alltagskonversation diese Rolle (Sperber & Wilson, 1995, 251–252): Wir stellen auch Fragen, auf die wir nicht unbedingt eine Antwort erwarten, wie zum Beispiel rhetorische Fragen oder sogenannte exposito-rische Fragen, bei denen etwa in einem Vortrag das eigene Vorgehen übermittelt wird (‘Was ist das Thema dieser Vorlesung?’). Auch bei Klausur- und Unterrichtsfragen ist die fragende Person nicht auf die Antwort angewiesen. Die fragende Person verfügt vielmehr bereits über die Antwort, sodass sie evaluieren kann, wie weit die Antwort der Prüflinge von der richtigen Antwort abweicht. Fragen sind auch ein wichtiges Element von verbalisiertem Denken: So benutzen wir Fragen, um unser Denken zu strukturieren oder uns unsere Absichten bewusst zu machen (‘Was wollte ich nochmal im Keller suchen?’).

Schon diese Beispiele zeigen, dass Fragen generell damit zu tun haben, welche mentalen Einstellungen eine Person hat und worauf ihre Aufmerksamkeit gerichtet ist. Bei einem Fragesatz ist immer mit vorausgesetzt, dass jemand die Frage hat oder dass die Frage an jemanden gerichtet ist. Während ein gewöhnlicher Aussagesatz lediglich auf den Wahrheitswert der Proposition referiert und daher auch unabhängig vom epistemischen Status der sprechenden Person analysiert werden kann, drückt eine Frage immer auch einen kognitiven Akt oder einen Denkprozess aus. Entsprechend argumentiert Carruthers (2018, 2020), dass verbale Fragen eine mentale Einstellung (*questioning attitude*) ausdrücken, die man als fragend identifizieren kann. Demnach bekunden etwa Warum-Fragen eine Haltung der epistemischen Neugier oder der Verwunderung (Carruthers, 2017, 2018; Friedman, 2013; Whitcomb, 2010). Warum-Fragen können daher nicht unabhängig von der mentalen Einstellung der fragenden Person analysiert werden.

Das Ausdrücken einer mentalen oder affektiven Einstellung des Fragens geschieht auch bei rhetorischen oder exposito-rischen Fragen, da auch die Fragetypen bestimmte Überlegungen voraussetzen. Selbst Prüfungsfragen simulieren – im Gegensatz zu rein instruktiven Prüfungsaufgaben – einen epistemischen Zustand. Im Unterschied zu diesen artifiziellen Fragen sind echte Fragen aber solche, bei denen die fragende

Person tatsächlich auf die Antwort angewiesen ist, weil sie mit einem Gedankengang sonst nicht weiterkommt. Am einfachsten lässt sich daher der kognitive Prozess, den eine Frage ausdrückt, als eine Operation oder eine Kette von Operationen verstehen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr fortgeführt werden kann, weil ein bestimmter Typ von Information fehlt. Die Frage ist dann selbst ein Schritt innerhalb dieses kognitiven Prozesses, der von der antwortenden Person durch Hinweise und den Kontext interpretiert werden muss.

In unserer Alltagskonversation werden Fragen durch eine fragetypische Intonation und durch mimisch-gestische Signale angezeigt, was zusätzlich als Evidenz für die affektiven Aspekte von Fragesätzen in der sprachlich-kognitiven Interaktion interpretiert werden kann. Eine besondere Wortstellung und Frageoperatoren wie *Wo*, *Wann* oder *Warum* spezifizieren in der Verbalsprache ferner, von welcher Art die Information ist, die wir brauchen, um weiterzudenken. Die epistemische Empathie kommt nun dann ins Spiel, wenn jene verbalsprachlichen Spezifizierungen nicht zur Verfügung stehen. Vor allem die Situation eines Kindes beim Erwerb der Erstsprache ist dafür beispielhaft. Da das Kind einen bestimmten Typ von Informationen benötigt, um kognitive Operationen fortsetzen zu können, ist ein Kind auf die Perspektivübernahme im Sinne einer epistemischen Empathie seiner engsten Bezugspersonen angewiesen. Es ist daher zu erwarten, dass Kinder schon früh fragartige Signale an ihre soziale Umwelt richten, um kognitive Operationen fortsetzen zu können.

Die Theorie ostensiver-inferentieller Kommunikation macht das plausibel: Durch Ostension – etwa durch lenkenden Blickkontakt, gestisches Zeigen oder sprachliches Verweisen – wird die Aufmerksamkeit des Gegenübers derart ausgerichtet, dass die adressierte Person daraus schließen kann, dass das Gemeinte auch für sie Relevanz hat (Sperber & Wilson, 1995). Auch Phänomene in der Umwelt können in diesem Sinne als relevant erscheinen, einfach dadurch, dass sie selbst eine Information transportieren, die entweder allgemein relevant und nur für die Individuen in der Kommunikationssituation relevant ist (Sperber & Wilson, 1995, 151). Für Kind im ersten Lebensjahr ist die Fähigkeit der engsten Bezugspersonen, durch Mimik und Gesten die Relevanz von

Phänomenen in der Wahrnehmung zu verdeutlichen, entscheidend. Epistemische Empathie lässt sich daher als die Fähigkeit bestimmen, zu wissen, was mit einem fragenden Blick oder einer Zeigegeste gemeint ist und worauf sie sich bezieht. Diese Fähigkeit ist gleichbedeutend damit, den jeweiligen epistemischen Status, der sich mit der Frage ausdrückt, bei der anderen Person zu identifizieren, aufzugreifen und im Sinne eines Dialogs gemeinsam fortzuführen.

Die Zeigegeste ist dabei von besonderer Bedeutung. Kinder verwenden die Zeigegeste in kommunikativer Absicht in der Regel zwischen dem neunten und dem zwölften Lebensmonat und setzen sie ein, um die mentale Einstellung ihrer Bezugsperson zu beeinflussen bzw. ihre Aufmerksamkeit zu lenken (Bates, 1976; Carpenter et al., 1998). Kinder markieren durch Zeigen gegenüber ihren Bezugspersonen oder auch sich selbst gegenüber bedeutungsvolle *cues* in einer auffordernden bzw. fragartigen Weise. Die empirische Forschung beschreibt dieses Verhalten genau (Bates, 1976; Kovács et al., 2014; Liszkowski et al., 2004, 2006). Die kommunikative Absicht der Zeigegeste wird dabei in dreifacher Hinsicht unterschieden:

- informatives Zeigen (Liszkowski et al. 2006), bei dem das Kind durch die Geste eine andere Person informiert, etwa um den Ort eines von ihr gesuchten Objekts anzuzeigen;
- imperatives/interrogatives Zeigen (Begus & Southgate, 2012; Southgate, Van Maanen & Csibra, 2007), bei dem das Kind zu einer Handlung auffordert, um ein gewünschtes Objekt oder eine Information zu erhalten;
- expressives Zeigen, bei dem ein Gefühl vermittelt werden soll, etwa das Gefühl von Überraschung (Southgate, Van Maanen & Csibra, 2007).

Diese drei Aspekte der frühkindlichen Zeigegeste enthalten damit alle Elemente, die oben im Zusammenhang mit der epistemischen Empathie als für die Frage charakteristisch vorgestellt wurden: Vermittlung von Information, Aufforderung, Ausdruck und Bezugnahme des eigenen bzw. des fremden mentalen Zustands, Herausgreifen bzw. Hervor-

heben von Gegenständen. Auch wenn die Zeigegeste über das bloße Anzeigen von Fragen hinausgeht, so erfüllt sie dennoch eine interrogative Funktion (Begus & Southgate, 2012).

Dass das Fragenstellen zum propositionalen Urteil führt, lässt sich empirisch auch an weiteren Beobachtungen der kindlichen Sprachentwicklung feststellen. Leroy, Mathiot & Morgenstern (2009) machen darauf aufmerksam, dass die Zeigegeste auf saliente Phänomene zielt, die mit Stimmungen einhergehen, die intersubjektiv geteilt werden. Die *pointing events* werden schließlich von den Bezugspersonen in einer bestimmten Weise eingeordnet und interpretiert, d.h. als Fragen oder Hinweise verstanden. Diese Interaktionsformen zeigen, wie eng Fragen und ostensiv-inferentielle Kommunikation miteinander verknüpft sind, indem sie ermöglichen, dass auch der implizite Inhalt der Frage innerhalb eines Dialogs aufgegriffen und weiterentwickelt werden kann. Solche pragmatischen Aspekte sind also essenziell, wenn die jeweilige Sinnebene einer Warum-Frage explizit gemacht werden soll.

Da ich zeigen will, dass der Verstehensaspekt, insbesondere die epistemische Empathie in Bezug auf die unterschiedlichen Typen der Warum-Frage, für eine logische Auffassung des wissenschaftlichen Erklärungsbegriffs spricht, ist es wichtig, klar zwischen den intersubjektiv-psychologischen und den objektiv-logischen Aspekten des Erklärungsbegriffs zu unterscheiden. Werden diese beiden Aspekte nicht deutlich getrennt voneinander betrachtet, besteht das Risiko, dass die konkreten Alltagserfahrungen, die wir im Zusammenhang mit Erklärungen machen, ständig als Gegenbeispiele gegen ein abstraktes und allgemeines Modell von Erklärungen angeführt werden können. Das Hin und Her von Warum-Fragen und Erklären im Alltag ist naturgemäß kreativer, chaotischer und unvollständiger als es eine wissenschaftliche Theorie der Erklärung darstellt. Trotzdem macht eine Theorie bestimmte Vorhersagen, die für unsere Alltagskonversationen auch dann gelten, wenn wir das Vorhergesagte im Alltag nur selten beobachten. Um also den Kern explanatorischer Dialoge herauszustellen, grenze ich ihn von psychologisch-konversationalen Aspekten ab, die für das Erklärungsphänomen weniger relevant sind.

4.3 Konversationale Aspekte von Frage und Antwort

Wie sehr sich die Alltagspraxis des Erklärens von einem abstrakten, normativen Schema unterscheidet, wird auch an den Erklärungen deutlich, die Erwachsene Kindern auf ihre Warum-Fragen geben. Zwar erhalten Kinder oft von ihren Bezugspersonen die Information, nach der sie gefragt hatten (Chouniard, 2007). Dennoch lässt sich im Alltag auch häufig genug beobachten, dass Kinderfragen unvollständig, falsch oder gar nicht beantwortet werden. Ein solches Antwortverhalten kann unterschiedliche Gründe haben, wie etwa bestimmte situative Umstände oder individuell-psychologische bzw. sozio-kulturelle Gegebenheiten. Auch gibt es in der alltäglichen Konversation alle möglichen Arten von Missverständnissen, Vagheiten und Irrtümern. Auch wenn in der Praxis des menschlichen Fragens und Antwortens eine abstrakte Norm erkennbar ist und wir etwa sagen können, dass nur auf einen bestimmten Typ von Frage ein bestimmter Typ von Antwort adäquat ist, bedeutet das natürlich nicht, dass reale Frage-Antwort-Schemata immer dem normativen Muster folgen.

Im Alltag ziehen wir es vielleicht vor, eine Frage mit einer Gegenfrage zu beantworten, sie bewusst offenzulassen, sie für noch nicht beantwortbar zu erklären oder bei der Frage mit demonstrativem Schweigen, einem bestimmten Gesichtsausdruck oder einem Witz zu reagieren. All diese interpsychologischen Sprachspiele, welche die Dialektik von Frage und Antwort erlauben, scheinen allerdings sogar eher eine Bestätigung der These der epistemischen Empathie zu sein, nach der die Perspektivübernahme bestimmte kognitive Operationen identifiziert und hilft, sie weiterzuführen.

Um die Abgrenzung zu den psychologischen Aspekten zu präzisieren, kann man zunächst zwischen der direkten und wahren Antwort einerseits und einer korrekten bzw. inkorrektentgegnung (*response*) anderseits unterscheiden. Demnach wäre eine Erklärung die direkte und wahre Antwort auf eine Warum-Frage (van Fraassen, 1980, 138–140). Eine Warum-Frage kann allerdings auch korrekte Entgegnungen haben, die keine Erklärungen sind. Einer Warum-Frage, die nach bestem Wissen gestellt, aber deren Proposition falsch ist, wird korrekt entgegnet,

indem die Proposition verneint wird. Die Frage etwa ›Warum ist Sydney die Hauptstadt von Australien?‹ erhält dann den *response*: ›Sydney ist nicht die Hauptstadt von Australien. Canberra ist die Hauptstadt von Australien.‹ Der weitere Verlauf des Dialogs hängt dann vom nächsten ›turn‹ (Sacks, Schegloff & Jefferson, 1974) der Konversation ab, also zum Beispiel davon, ob die fragende Person die Warum-Frage entsprechend der Korrektur umformuliert oder ob sich die Frage durch die Korrektur erledigt hat.

Eine Warum-Frage kann auch von der befragten Person zurückgewiesen bzw. präzisiert werden, wenn der Gegenstand der Frage unbekannt ist oder nicht verstanden wird. Die Frage ›Warum hat Rost verschiedene Farben?‹ kann dann einfach mit dem Satz ›Das weiß ich nicht.‹ erwidert werden oder es können präzisierende Kommentare gemacht oder Nachfragen gestellt werden wie etwa ›Mit Rost meinst du Eisenoxid, ja?‹ oder ›Welche Farben außer Dunkelrot hat Rost denn noch?‹. Die antwortgebende Person kann ihre epistemische Unsicherheit auch kennzeichnen, indem sie ihre Antwort relativierend einleitet (wie etwa mit der Äußerung ›Ich bin unsicher, aber ich glaube, dass ...‹), wobei verschiedene Grade von großer Unsicherheit (›Ich weiß es nicht, aber ich tippe mal auf ...‹) bis hin zu ziemlicher Sicherheit ausgedrückt werden können.

In der Betrachtung geht man am besten von Sprechenden aus, die sich an die Grice'schen Konversationsmaximen halten, also im Dialog miteinander kooperieren (Grice, 1975): Die Frage ist echt, d.h. sie wird aus einem epistemischen Interesse und nicht aus rhetorischen oder manipulativen Gründen gestellt. Die antwortende Person ist bemüht, eine wahre und adäquate Antwort zu geben, die aber nicht weit darüber hinausgeht, was die fragende Person an Vorwissen mitbringt. Die Antwort ist einigermaßen präzise und liefert nicht wesentlich mehr Information als nötig. Folgt die antwortende Person den Grice'schen Maximen nicht, dann entgegnet sie einer Frage in inkorrektter Weise. Dazu gehört es etwa, eine Frage zu ignorieren, sie zu verbieten oder falsche oder irreführende Pseudoerklärungen zu geben.

Es ist klar, dass wir uns Fragen auch selbst stellen können. Ein aktives inneres Nachdenken kann auch als ein fortgesetztes Fragen ver-

standen werden. Dennoch ist die Dialektik primär ein dialogisches Spiel zwischen zwei oder mehreren Personen. Als Modell für diese dialektische Grundsituation verwende ich die Triangulation von Davidson (1982) bzw. der *shared intentionality* (Tomasello et al., 2005). Dieses Modell verbildlicht die Interaktion zwischen einer fragenden und einer antwortenden Person und einem Gegenstand oder Stimulus der Frage.

Den Begriff des Stimulus übernehme ich hier von Quine (2013), um anzudeuten, dass beide Gesprächspartner in der elementarsten Gesprächssituation in einer ähnlichen Weise sinnlich-kognitiv angeregt werden. Als elementarste Gesprächssituation habe ich die Interaktion eines Kindes mit einer Bezugsperson vor Augen. Bei einem sinnlichen Stimulus handelt es sich jedoch nicht einfach nur um rohe Sinnesdaten, sondern der Stimulus ist bereits salient oder in irgendeiner Form bereits bedeutungsvoll. Er wird bewusst wahrgenommen und erhält Aufmerksamkeit. In der heutigen Neuropsychologie ist die Bezeichnung für einen solchen salienten Stimulus informativer oder bedeutungsvoller *cue*, der im Gegensatz zu Wahrnehmungen steht, die irrelevant oder bedeutungslos sind (Nour et al., 2018).

Der Stimulus ist einerseits ein Faktum, etwas Objektives, andererseits etwas Intersubjektes, auf das beide Gesprächspartner innerlich gerichtet sind, wissend, dass auch das Gegenüber darauf Bezug nimmt. Dieser Gesprächsinhalt ist zunächst der Sachverhalt, der als wahr behauptet wird. Entscheidend ist aber, wie dieser Sachverhalt in der Frage präsentiert wird, nämlich in welcher Weise ein Gefühl oder eine bestimmte mentale Einstellung zusätzlich mit ausgedrückt wird. Da die Aufmerksamkeit beider Dialogpartner sowohl auf den Gesprächsinhalt als auch auf die jeweils mit ausgedrückte Einstellung gerichtet ist, ist die Intentionalität geteilt. Dieses Bild der Triangulation bzw. der *shared intentionality* kann mit dem semiotischen Dreieck (Eco, 1977, 30; Granström, 2011, 14; Ogden & Richards, 1923/2001) in Übereinstimmung gebracht werden: Eine Warum-Frage verweist auf einen salienten Sachverhalt (Ostension), der in einer bestimmten Art und Weise (Intension) als wahr behauptet wird (Extension). Indem die antwortende Person per epistemischer Empathie die Art und Weise des Urteils erfasst, kann sie

den Sinn der Frage identifizieren und dann auf der jeweiligen Sinnebene antworten.

4.4 Level der Abstraktion

Neben den konversationalen und diskursiven Aspekten von Frage und Antwort ist im Hinblick auf den Erklärungsbegriff noch die Unterscheidung von alltäglichen und wissenschaftlichen Erklärungen relevant. Die Erklärungsantworten auf die Warum-Fragen von jüngeren Kindern unterscheiden sich von wissenschaftlichen Erklärungen Erwachsener dann lediglich dahingehend, dass jene weniger begrifflich differenziert und weniger detailliert ausfallen. Die Auffassung, dass sich alltägliche Erklärungen zwar hinsichtlich Präzision, Detailliertheit und Strenge von wissenschaftlichen Erklärungen unterscheiden, ihnen substanziell aber gleich sind, entspricht auch einer Position in der Wissenschaftstheorie, die laut Woodward und Ross (2021) von einer substanziellen Kontinuität zwischen alltäglichen Erklärungen und wissenschaftlichen Erklärungen ausgeht. Wahre Alltagserklärungen sind dann unausgeformte Vorstufen wissenschaftlicher Erklärungen. Albert Einstein (1936) drückt das folgendermaßen aus:

»Alle Wissenschaft ist nur eine Verfeinerung des Denkens des Alltags.« (Einstein, 1936, 313)

Wie ich solche unterschiedlichen Grade der Verfeinerung verstehе, möchte ich an folgendem Beispiel zeigen. Dazu stelle ich mir ein dreijähriges Kind vor, das einen Schneeball mit nach Hause genommen hat und sich wundert, dass er sich nach einiger Zeit in eine kleine Pfütze verwandelt. Die Warum-Frage lautet dann:

(Q6) Warum schmilzt das Eis?

In der Alltagskonversation könnte man etwa antworten:

(E6a) Weil es hier wärmer ist als draußen. Wenn es wärmer wird, schmilzt Eis zu Wasser.

In einer (schul-)wissenschaftlichen Erklärung wäre die Antwort hingegen begrifflich präziser:

(E6b) Weil die Temperatur hier drinnen 20°C beträgt. Wasser geht ab 0°C in den flüssigen Zustand über.

Die Präzision der Erklärung, das Level der Abstraktion oder die Grade der Explikation und Vollständigkeit können potenziell jedoch weiter zunehmen. Ein längerer Erklärungstext müsste daher die folgende Erklärungsantwort begleiten:

(E6c) $\Delta H = 6\text{ kJ}$ für ein Mol H_2O (fest) $\rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (flüssig).

Bei dieser Erklärungsantwort müssen bestimmte Symbole und Begriffe, wie etwa Mol und Enthalpie, bekannt sein, um die Antwort zu verstehen. Derart explizierte Begriffe ermöglichen es, dass nicht nur eine generische Aussage – hier »Eis schmilzt« – erklärt wird, sondern auch jeder mögliche, nicht beobachtete Fall, also hier der Aggregatzustand aller möglichen Stoffe durch die Gesetze der Thermodynamik. Erklärungsätze wie (E6c) sind in ein ganzes Netz aus Erklärungsschemata eingebunden: die wissenschaftlichen Theoriegebäude.

Die zugrunde liegende Struktur der Erklärungsantwort ist bei allen drei Erklärungsantworten jedoch gleich, lediglich sind die Begriffe unterschiedlich präzise und abstrakt.

Diesen Unterschied hinsichtlich Präzision, Detailliertheit und Strenge interpretiere ich nun als jenen pragmatischen Unterschied, den Hempel bemerkt, nämlich den zwischen wahren Alltagserklärungen oder Alltagsbeweisen einerseits, die relativ zum Verständnisgrad einer Person gegeben werden, und wissenschaftlichen Erklärungen und Beweisführungen andererseits, die nicht auf das individuelle Verständnis Rücksicht nehmen müssen. So muss etwa ein Beweis oder eine Begründung nicht immer als rigoroser Beweis im Sinne der Mathematik oder als vollständige physikalische Erklärung verstanden werden, bei denen jeder Satz aus dem vorhergehenden ableitbar ist. Die Begründung, welche die Antwort auf die Warum-Frage bereithält, kann auch alltagssprachlich erfolgen und daher vage sein. Aber die Begründung muss, um die Frage zu beantworten, dennoch so weit Regeln von Rechtfertigung

und Begründung folgen, dass niemand sie fairerweise bestreiten kann, und das bedeutet, dass ein rigoroser Beweis oder die Rückführung auf abstrakte Gesetzmäßigkeiten potenziell möglich ist.

Eine wahre und adäquate Alltagserklärung hat also das Potenzial, wissenschaftlich weiter expliziert zu werden. Wie der Dialog von Sarah (McNeill, 2011) zeigt, führt übrigens ein rekursives Warum-Fragen, das immer wieder die Erklärungsantwort als neuen Gehalt einer Warum-Frage aufnimmt, zu abstrakteren Erklärungen. Die ansteigenden Level der Abstraktion und die wachsenden Theoriegebäude können daher auch einfach als Antworten auf Folge-Warum-Fragen verstanden werden.

Umgekehrt kann ein wissenschaftlicher Zusammenhang bis zu einem gewissen Grad so vereinfacht werden, dass er auch für Kinder und Laien verständlich wird. Bruner (1960) drückt die potenzielle Möglichkeit der Vereinfachung folgendermaßen aus:

»We begin with the hypothesis that any subject can be taught effectively in some intellectually honest form to any child at any stage of development.« (Bruner, 1960, 33)

Jene intellektuelle Ehrlichkeit, von der Bruner spricht, entspricht durchaus Lockes Auffassung, nach der Kinderfragen ernsthaft und wahrheitsgemäß beantwortet werden sollen, jedoch in einer Weise, die Kinder verstehen. Diese Verständnisauffassung im Sinne einer adaptiven Expertise (Hatano & Inagaki, 1984), bei der auch neue Wege der Erklärung gesucht werden, steht jedoch nicht im Gegensatz zu einer objektiven und rigorosen Erklärungsauffassung. Wissenschaftliche Erklärungen werden nicht notwendigerweise dadurch weniger richtig, wenn die erklärende Person das Vorwissen der Adressaten einer Erklärung berücksichtigt und bestimmte Sachverhalte einfacher oder anschaulicher erklärt als bei einem informierten Publikum, bei dem sie ein elementares Verständnis voraussetzen kann.

4.5 Aufforderung und Inhalt der Warum-Frage

Von zentraler Bedeutung für meine Argumentation ist, dass die Regel der Beantwortung und damit die Art und Weise der Erklärung schon von der inneren Struktur der Warum-Frage und des Dialogs vorgegeben ist. Anders ausgedrückt: Für einen bestimmten Typ von Warum-Fragen und vor allem für das fortgesetzte – *kinda curious* – Warumfragen sind nur Antworten adäquat, die man als deduktiv-nomologische Erklärungen bezeichnen würde. Noch strenger formuliert: Die komplexen wissenschaftlichen Warum-Fragen verlangen abstrakte, gesetzesartige Erklärungen. Einzelne Erklärungen können zwar fehlerhaft und ungenau sein, und sie sind notwendig falsifizierbar, aber der Vorgang des Erklärens führt, wenn man die Warum-Operation immer wieder darauf anwendet, zu wissenschaftlichen Theoriezusammenhängen.

Es ist klar, dass innerhalb dieser Methode verschiedene Wege oder Ansätze des Erklärens möglich sind. So erklärt beispielsweise die klassische Mechanik die Gravitation als Kraft zwischen zwei Massen, während nach der Allgemeinen Relativitätstheorie die Gravitation durch die Krümmung der Raumzeit beschrieben wird. Ebenso kann die Erklärung innerhalb der oben beschriebenen Ebenen von Präzision und Detailliertheit variieren. Es ist jedoch nicht so, dass die wissenschaftliche Erklärung eine unter vielen anderen Erklärungsmöglichkeiten ist. Wissenschaftliche Erklärungen als Antwort auf eine Warum-Frage sind nicht die eine wahre Antwort unter alternativen Antwortmöglichkeiten, sondern vielmehr die einzige adäquate Art und Weise, das Warum zu adressieren. Das Ziel beim Fragen nach dem Warum ist die Erklärung und nicht eine bestimmte Antwort, von der jemand denkt, dass sie erklärt.

Der Begriff der Erklärung lässt sich daher auch nur teilweise mit dem Begriff der Wahrheit erfassen. Genau dies dürfte der Grund sein, weshalb die Warum-Frage ihrer logischen Analyse Probleme bereitet. Das wird an den Ergebnissen der Untersuchung von Belnap und Steel (1976) klar. Nach der Definition von Belnap und Steel besteht eine Frage aus einer Aufforderung (*request*) und einem Gegenstandsbereich (*subject*), wobei Belnap und Steel dieses Subjekt der Frage als die Menge der möglichen direkten Antworten bestimmen (Belnap & Steel, 1976, 3–4).

Der illokutionäre Teil, die auffordernde Komponente des Fragesatzes, wird in der Regel durch den Frage-Operator oder das Interrogativ-Pronomen gekennzeichnet. In der Alltagssprache wird der Operator bei der Satzfrage durch die Wortstellung oder durch eine bestimmte Intonation markiert.

Mit Bromberger (1992, 20) kann man zusätzlich zwischen erkläруngsauffordernden Fragen und nicht-erkläruungsauffordernden Fragen unterscheiden. Erkläruungsauffordernde Fragen leiten mit einem der folgenden Pronomen als Frageoperatoren ein: *Warum*, *Wie*, *Woher*, *Wohin*, *Was*, *Wie* (im Deutschen auch *Wieso*, *Weshalb*, *Wozu*). Zu den nicht-erkläruungsauffordernden Fragen gehören Satzfragen (›Regnet es?›), spezifische *Wie*-Fragen (›Wie hoch ist das Empire State Building?‹, ›Wie viel Uhr ist es?‹), spezifische *Was*-Fragen oder *Welches*-Fragen (›Was ist 2 x 2?‹, ›Welches Gebäude ist das höchste in New York?‹) und *Wo*- und *Wann*-Fragen (›Wo ist die Fifth Avenue?‹, ›Wann treffen wir uns?‹).

Zentraler Gedanke von Belnap und Steel (1976, 17) ist nun, dass das Subjekt der Frage eine Anzahl von Alternativen darstellt, zu deren Auswahl der Adressat aufgefordert wird. Anhand der Anzahl der Antwortalternativen unterscheiden Belnap und Steel zwei grundlegende Typen von Interrogativen: Zum einen Fragen mit wenigen oder zumindest einer endlichen Anzahl an Antwortmöglichkeiten, zum anderen Fragen mit einer unendlichen oder zumindest mit einer sehr großen Anzahl an Antwortmöglichkeiten. Dabei können die möglichen Antworten in der Frage selbst aufgezählt werden oder die Frage verweist auf Kriterien, nach denen die Antwort auszuwählen ist. Diese Unterscheidung zwischen Fragen, die ihre Antworten aufzählen, und Fragen, die ihre potenziell unendlichen Alternativen mit Bezug auf eine Bedingung präsentieren, entspricht den zwei elementaren Fragearten, den Satzfragen (oder *Ob*-Fragen) und den *Welches*-Fragen (Belnap und Steel, 1976, 19). Belnap und Steel zeigen nun in ihrer Untersuchung, dass sich im Grunde alle spezifischen *Wie*-, *Was*-, *Wo*-, *Wann*-Fragen zu *Welches*-Fragen umformulieren lassen.

Wie Belnap und Steel (1976) deutlich machen, funktioniert diese Umformulierung in das Schema einer *Welches*-Frage nicht bei allen

explanatorischen Fragen. Man kann eine Warum-Frage nur bedingt in dem Sinn auffassen, dass sie danach fragt, welche Erklärung für einen Sachverhalt wahr ist. Zwar gibt es Warum-Fragen, auf die das zutrifft (etwa ›Warum ist der Zug heute verspätet?‹). Denn bei diesen wird aus einer gegebenen Menge möglicher Erklärungshypothesen ausgewählt. Aber es gibt auch Warum-Fragen, bei denen nur eine bestimmte Art und Weise des Erklärens adäquat ist (›Warum kommt es allgemein unter praktischen Bedingungen in Bahnnetzen zu Verspätungen?‹) und bei denen ein Erklärungsmodell für verschiedene Instanzen eines Problems entwickelt werden muss.

Es ist die gleiche Unterscheidung, die hier schon mehrmals aufgetaucht ist, nämlich die zwischen *token*- und *type*-Erklärungen bzw. Fragen aus prudentieller Neugier und Fragen aus epistemischer Neugier (Grimm, 2008, 737). Für Belnap und Steel liegt der Grund für die schwierige Analysierbarkeit des letzteren Typs darin, dass dieser ein »*vague-puzzlement*« (Belnap & Steel, 1976, 11) ausdrückt. Fragen dieses Typs gehören nicht zu jenem Typ, der die Antwortmöglichkeiten in der Frage zur Auswahl stellt.

Belnap und Steel (1976) schließen explizit in ihrer Logik von Frage und Antwort all jene Fragen aus, die eine Verwunderung oder ein Gefühl des *puzzlement* der fragestellenden Person implizieren. Allerdings, wie Belnap und Steel bemerken, sind gerade die *vague-puzzlement*-Fragen die interessanteren Fragen. Viele dieser Fragen sind unverkennbar philosophischer oder wissenschaftlicher Natur (›What is a number?‹, ›How do children learn language?‹, ›Why are there so many different kinds of subatomic particles?‹, Belnap und Steel, 1976, 12). Bei Warum-Fragen, so vermuten Belnap und Steel, gehe es mehr um ein Auflösen einer kognitiven Unbehaglichkeit (›*mental anxiety*‹) als um das Auffinden einer distinkten Information. Belnap und Steel (1976) reißen die Untersuchung der Warum-Frage in ihrer Studie daher nur an und verweisen als einen ersten möglichen Ansatz auf Bromberger (1992).

Bromberger kommt das Verdienst zu, die Warum-Frage für die moderne Logik und Erkenntnistheorie als Erster analysiert zu haben. Ein zentraler Begriff in Brombergers Untersuchung ist der des »*p-predicament*« (Bromberger, 1992, 4 und 81). Dieser beschreibt einen Zustand,

in dem die fragende Person zwar weiß, dass eine richtige Antwort existiert, aber in dem sie sich keine Antwort ausdenken, erfinden oder aus ihrem mentalen Repertoire generieren kann, gegen die es keinen entscheidenden Einwand gibt. Ähnlich wie bei Isaacs befindet sich die fragende Person in einer gedanklichen Zwangslage (*predicament*), wobei das *p* für *puzzled* oder *perplexed* steht. Nach Bromberger ist eine fragende Person genau dann im Zustand des *p-predicament*, wenn ein Gesetz (»general rule«) in seiner Anwendung auf einen Gegenstand scheitert und dadurch Erwartungen verletzt werden. Die fragende Person sucht dann eine Erklärung durch Annäherung an ein neues Gesetz (»abnormic law«), die das generelle Gesetz vervollständigt, indem die Warum-Frage als eine Welches-Frage für solche Situationen umformuliert wird (Shaheen, 2010; Wiśniewski, 1999).

Brombergers Untersuchung zeigt, dass die bisherige Unterscheidung zwischen *token*- und *type*-Erklärungen noch nicht vollständig war. Jenes *p-predicament*, wie von Bromberger beschrieben, kennzeichnet einen weiteren Typ von Warum-Frage. Dieser zeichnet sich für Situationen aus, in denen die fragende Person zwar über ein generelles Gesetz verfügt, also bereits eine *type*-Erklärung hat, aber auf Instanzen trifft, die von der *type*-Erklärung nicht gedeckt sind. Der von Bromberger beschriebene Auswahlprozess besteht dann darin, zunächst einzelne *token*-Erklärungen durchzutesten, die eine Anomalie erklären, aber schließlich, wenn dieser Auswahlprozess kein Ergebnis bringt, eine gänzlich neue Theorie im Sinne einer *type*-Erklärung aufzustellen.

Mit dem Begriff des *p-predicament* macht Bromberger auf einen Umstand aufmerksam, der bei der Beschäftigung mit Warum-Fragen immer offensichtlich wird. Zwar können wir sagen, dass die Grundfunktion von Fragen darin besteht, dass der fragenden Person eine ihr fehlende Information übermittelt werden soll. Jedoch ist die auf eine Warum-Frage hin übermittelte Information komplexer Natur, da die mit der Warum-Frage vorausgesetzte Wahrheit überraschend oder unerwartet ist (Bromberger, 1992, 86). Im Folgenden möchte ich nun für die These argumentieren, wie eine Warum-Frage diese kognitiven Gefühle auf unterschiedliche Weise repräsentieren kann.

4.6 Das Explanandum: Was wird eigentlich erklärt?

Hempel und Oppenheim (1948) verstehen unter dem Begriff Explanandum den Satz, der das zu erklärende Phänomen beschreibt. Das Explanandum – das zu Erklärende – ist natürlich nicht das Phänomen selbst. Häufig wird der Explanandum-Begriff jedoch verwendet, ohne diesen Unterschied zwischen dem Phänomen, das wir beobachten, und dem beschreibenden Satz deutlich zu machen. Man spricht dann vom »explanandum event« (Salmon, 1971, 33) oder »explanandum-phenomenon« (Hempel, 1965, 337). Es ist jedoch wichtig, die Verwendung des Explanandumsbegriffs strikter zu bestimmen, da sonst der mit der Frage vorausgesetzte mentale Zustand zu Schwierigkeiten bei der objektiven Analyse führt.

Zunächst kann man sagen, dass das, was erklärt wird, das Warum ist. Das Warum hat einen bestimmten Inhalt, eine Proposition, die zur Erklärung vorgelegt wird. Jedoch wäre es wohl weniger korrekt zu sagen, dass ein Sachverhalt oder eine Proposition erklärt wird. Da die Warum-Frage voraussetzt, dass die Proposition bejaht ist, würde man daher eher davon sprechen, dass ein Urteil das zu Erklärende ist. Jedoch auch das ist nicht vollständig, da das Urteil immer in einer ganz bestimmten Art und Weise bejaht wird. Es wäre also besser, zu sagen, dass das zu Erklärende ein bestimmter Modus des Urteils ist.

John Deweys (1938, 289–294) Theorie der Propositionen liefert dazu einen wichtigen Bezugspunkt. Propositionen kommen in unterschiedlichen Typen daher. Dewey unterscheidet partikuläre, singuläre und generische Propositionen. Am Beispiel der Fragen Dels (Piaget, 1923/1975) lässt sich verdeutlichen, wie unterschiedliche Typen von Propositionen in der Warum-Frage repräsentiert werden:

»(1) ›Warum fällt das (die Gegenstände) immer?‹ (2) ›Es (das Wasser) kann abfließen, warum dann (bleibt noch Wasser in den Flüssen)?‹ (3) ›Das Wasser kommt bis zum Meer. – Warum?‹ (4) ›Es gibt Wellen nur am Rand (des Sees). Warum?‹ (5) ›Warum, wenn etwas da liegt (gefallene Blätter) macht das immer dann so was (feuchte Stellen)?‹ (6) ›Bleibt das immer (Wasser, das ein Loch im Gestein füllt)? – Nein, dieser Stein

trinkt viel. – *Warum? Macht es da ein Loch?* – Nein. – *Schmilzt das denn?* – (7) ›*Warum wird es immer kälter, wenn man hinaufgeht* (wenn man nach Norden geht)?‹ und (8) ›*Warum sieht man nachts den Blitz besser?*« (Piaget, 1923/1975)

Mit Ausnahme von Frage (2), die wohl ein gutes Beispiel für das *p-predicament* im Sinne Brombergers ist, handelt es sich bei diesen Fragen aus epistemischer Neugier, um Fragen, die *type*-Erklärungen verlangen. Die Propositionen, die diese Fragen vorstellen, sind generische Propositionen. Generische Propositionen verweisen auf dispositionale Eigenschaften oder die Zugehörigkeit zu einer Art (gr. *eidos*, engl. *kind*). Es geht also immer um bereichsinvariante Eigenschaften oder um Möglichkeiten oder Potenzen, etwa von Stoffen und Kräften, bestimmte Phänomene gesetzesartig hervorzubringen. In Dels Fragen lauten die generischen Propositionen z.B. ›Körper fallen‹, ›Wasser fließt davon‹ (bzw. ›in Flüssen fließt Wasser‹), ›Wellen brechen am Ufer‹. Solche generischen Propositionen lassen sich unter Bezug auf von Wright (1963, 22–25) zu individuellen Propositionen umformulieren: ›Der Körper fällt‹, ›Das Wasser fließt davon‹, ›Die Welle bricht am Ufer‹. Diese individualisierten Propositionen drücken raumzeitlich bestimmte Beispiele generischer Generalisierungen (Leslie & Lerner, 2016) aus. Durch dieses raumzeitliche Eingebettetsein (*Occasions* im Sinne von Wright, 1963, 23) kann der Proposition ein Wahrheitswert zugeordnet werden.

Im Gegensatz zu generischen Propositionen können aber auch singuläre Propositionen Inhalt einer Warum-Frage sein (Dewey, 1938, 290–291). Hier liefern die Fragen von Del wieder Beispiele: »*Warum ist der Stock grösser als du?*«, ›Der See reicht nicht bis nach Bern‹ – ›*Warum?*« Bei einer singulären Proposition wird ein individueller Gegenstand in eine Beziehung zu einer akzidentellen Eigenschaft gesetzt. ›Akzidentell‹ verwende ich hier als Gegenbegriff zu ›dispositionell‹. Während eine dispositionelle Eigenschaft die Zugehörigkeit zu einer Art essenziell bestimmt, ist eine akzidentelle Eigenschaft unabhängig von der Artzugehörigkeit und hätte ebenso gut eine andere sein können. Tatsächlich handelt es sich bei den akzidentellen Eigenschaften um die ›zufälligen‹ Sachverhalte, also um Sachverhalte, die Teil des kontingenten Weltver-

laufs sind. Auch diese singulären Sachverhalte haben eine Erklärung, da sie kontrafaktisch hinterfragt werden können. Es sind die Inhalte von Warum-Fragen des *token*-Typs.

Die Fragen aus einem subjektiv-psychologischen Grund, also solche, bei denen ein ganz bestimmter Ausnahmefall oder eine Abweichung erklärt werden soll, enthalten schließlich partikulare Propositionen. Als Beispiel kann ebenfalls Dels Frage dienen, warum Frau Veihl einen Stock aufhebt, der größer ist als sie, nämlich dann, wenn aus Dels individueller Perspektive durch das Ereignis eine Erwartung verletzt wird. Oder die Frage (2), warum immer Wasser in den Flüssen bleibt, obwohl es doch ständig fort rinnt.

Interessant ist nun, dass diese unterschiedlichen Typen von Propositionen besonders durch die Präsentation in Warum-Fragen sichtbar werden, da sie jeweils unterschiedliche Typen von Erklärungen verlangen. Die Art und Weise des Urteils kann durchaus verschieden sein, auch wenn die Beschreibung des Sachverhalts gleichlautend ist. Was mit der Warum-Frage ausgedrückt wird, ist so nicht nur die Wahrheit der Proposition, die die Frage enthält, sondern auch eine bestimmte Modalität des Urteils, also die Art und Weise, wie in der Warum-Frage etwas behauptet wird.

Mit Kant (KrV 74–75/B99-100/1998, 151) lassen sich diese Modalitäten des Urteils folgendermaßen bezeichnen: Apodiktische Urteile sind solche, bei denen man das Bejahen (oder Verneinen) als notwendig ansieht, assertorische Urteile solche, in denen etwas als wirklich wahr angesehen wird und problematisch solche, in denen etwas als bloß möglich angenommen wird. Entsprechend dieser Unterscheidung muss eine direkte Antwort auf eine Warum-Frage nun entweder erklären, warum ein Satz notwendig wahr ist (apodiktisch), warum ein Satz wirklich wahr ist (assertorisch) oder warum ein im Satz ausgedrückter Sachverhalt bloß möglich ist (problematisch). Der Sinn einer Warum-Frage wird also genau dann in der Antwort erfasst, wenn das Explanans, d.h. die Menge der erklärenden Sätze, einen Ordnungsrahmen bereitstellt, innerhalb dessen das propositionale Urteil – in seiner jeweiligen Modalität – der Warum-Frage wahr ist. Fasst man das zu Erklärende, das Explanandum, als einen bestimmten Modus des Urteils, dann wird deutlich, dass inter-

subjektive und objektiv-normative Aspekte sich nicht ausschließen. Das jeweilige Identifizieren der Urteilsmodalität per epistemischer Empathie bestimmt, wie erklärt werden soll. Zu verstehen, warum eine Warum-Frage gestellt wurde, ist im Dialog also Voraussetzung für die adäquate Erklärung. Die Untersuchung des Explanandumbegriffs zeigt, dass die Sinnebenen der Warum-Frage in der Dialogsituation nicht mitausgedrückt werden müssen, dass sie aber durch die Herausstellung des propositionalen Typs explizit gemacht werden können.

4.7 Die Sinnebenen des Warums an einem Beispiel

Wie dieses Explizitmachen der Sinnebene zu einem bestimmten Typus der Erklärung führt, möchte ich am folgenden Beispiel erläutern. Eine Wissenschaftsmeldung lautet:

»Science explains why shoelaces come untied.« (Mack, 2017)

Die in der Nachrichten-Überschrift ausgedrückte Warum-Frage kommt in der eigentlichen Veröffentlichung nicht vor (Daily-Diamond, Gregg & O'Reilly, 2017). Setzen wir aber voraus, dass eine Person diese Warum-Frage tatsächlich stellt, dann können wir sie folgendermaßen formulieren:

(Q7) Warum gehen Schnürsenkel beim Laufen von selbst auf?

Die Proposition, die in der Frage enthalten ist, ist generisch. Sie lässt sich folgendermaßen wiedergeben:

(P1) Schnürsenkel gehen beim Laufen von selbst auf.

Es handelt sich bei dieser Proposition nicht um eine Allaussage, da in unserer Erfahrungswelt nicht jeder von uns beobachtete Schnürsenkel beim Laufen von allein aufgeht. Vielmehr haben Schnürsenkel die Potenz oder die Möglichkeit, sich beim Laufen zu öffnen. Das Aufgehen während des Gehens ist eine dispositionelle Eigenschaft von Schnürsen-

keln. Die generische Proposition lässt sich zu einer individualisierten Proposition umformulieren:

(P2) Der Schnürsenkel geht beim Laufen von selbst auf.

Für jede Instanz einer solchen Art von Ereignis geben Daily-Diamond, Gregg und O'Reilly (2017) als Explanans die entsprechenden physikalischen Gesetze und bestimmte Randbedingungen an. Entscheidend ist aber nun die Modalität des Urteils, mit dem die Wahrheit der Proposition behauptet wird. Hier handelt es sich um ein apodiktisches Urteil, da das Bejahren der Proposition notwendig ist. Wenn bestimmte Randbedingungen (vor allem Schwung und Stoß durch Pendelbewegung beim Gehen über einen bestimmten Zeitraum) gegeben sind, ist die generische Proposition »Schnürsenkel gehen auf« notwendig wahr. Das bedeutet etwa auch, dass die generische Aussage »Schnürsenkel gehen beim Laufen von selbst auf« auch dann wahr ist, wenn noch nie eine Instanz eines solchen Ereignisses beobachtet wurde. Wenn die Bedingungen erfüllt sind, *muss* der Schnürsenkel aufgehen. Das individuelle Ereignis muss gar nicht eingetreten sein und trotzdem ist die Aussage notwendig wahr.

Die Erklärung ist aber eine andere, wenn die Proposition assertorisch als wahr behauptet wird. Das Urteil, das die Warum-Frage enthält, ist dann derart, dass das Ereignis als wirklich wahr angesehen wird. Am einfachsten lässt sich dieser Unterschied zum apodiktischen Modus dadurch markieren, dass der Einzelgegenstand unbestimmt gekennzeichnet wird:

(P3) (Irgend-)Ein Schnürsenkel geht beim Laufen von selbst auf.

Damit diese singuläre Proposition in der Wirklichkeit als wahr behauptet werden kann, können alle möglichen Bedingungen eingetreten sein. Tatsächlich entspricht das auch unserer Alltagserfahrung. Schnürsenkel gehen mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit auf, in den meisten Fällen bleiben sie zu. Wenn es aber passiert, existiert eine raumzeitliche Kausalsequenz, in deren Folge das zu erklärende Ereignis eingetreten ist. Um die Wahrheit dieser Proposition zu erklären, wird also eine kausale Kette von singulären Ereignissen (eine kausale Vorgeschich-

te) genannt. Diese könnte zum Beispiel lauten, dass im betreffenden Fall der Schnürsenkel nur locker gebunden war oder unbemerkt aufgezogen wurde.

Der Unterschied zwischen einem Warum, das sich auf ein apodiktisches Urteil bezieht, und einem Warum, das sich auf ein assertorisches Urteil bezieht, ist nun derselbe wie der zwischen der *type-level*- und der *token-level*-Erklärung. Während der Sinn des Warums bei apodiktischen Urteilen aus allgemeinen Sätzen notwendig folgt, so ist der Sinn des Warums bei assertorischen Urteilen die relative und kontingente Situation, in der sich die Sprechenden befinden.

Bei problematischen Urteilen schließlich wird etwas als bloß möglich angenommen. Bei der individuellen Proposition wird dann ein bestimmtes Einzelding markiert:

(P4) *Dieser Schnürsenkel geht beim Laufen von selbst auf.*

Das Problematische an diesem Urteil wird daran sichtbar, dass der betreffende Schnürsenkel eine Anomalie darstellt, ein Abweichen von der Erwartung. Alle gewöhnlichen Schnürsenkel haben die Disposition zum Aufgehen, zufälligerweise geht immer irgendwo ein Schnürsenkel auf, aber dass *dieser* Schnürsenkel aufgeht, ist auffällig. Der Unterschied zwischen assertorischem und problematischem Modus tritt erst in der Form der Warum-Frage hervor: ›Warum geht *dieser* Schnürsenkel auf?‹ Das problematische Warum verweist implizit auf eine Kontrastklasse. Der Begriff Kontrastklasse wurde von Fraassen (1980, 127) eingeführt und spielt eine zentrale Rolle in seiner Analyse der Warum-Frage. Die Kontrastklasse bezeichnet eine Menge von Alternativen, zu denen der zu erklärende Sachverhalt in Gegensatz steht. Hier im Beispiel stünde die Kontrastklasse für eine Menge anderer Schnürsenkel, die eben nicht von alleine aufgehen oder es zumindest viel seltener tun. Die Kontrastklasse verweist also auf einen Kontext, in dem eine bestimmte Eigenschaft erwartbar oder typisch gewesen wäre, von der aber der partikuläre Fall abweicht. Ein Sachverhalt erscheint dann als problematisch, weil bisherige Erklärungsstrategien nicht mehr anwendbar sind. Das *p-predicament*, wie von Bromberger beschrieben, entspricht am ehesten diesem problematischen Typ. Es handelt sich um Situationen,

in denen ein generelles Gesetz oder eine Kausalkette als Erklärung nicht mehr ausreicht.

Die Art der Erklärung des problematischen Warums hängt dann jedoch davon ab, welche Kontrastklasse für die Erklärung relevant ist. Ist es ein partikulärer Gegenstand (z.B. der Schnürsenkel am linken Sportschuh) oder gehört der Gegenstand zu einer bestimmten Art von Schnürsenkel (z.B. die von Sportschuhen), dessen Aufgehen eine Erklärung verlangt? Die Erklärung der Wahrheit eines problematischen Urteils benötigt zusätzliche Informationen hinsichtlich der Kontrastklasse, die zum Beispiel durch eine Nachfrage oder Nachforschung geklärt werden kann. Erst wenn diese situationsabhängige Information ermittelt ist, lässt sich die Art der Erklärung festlegen. Im ersten Fall ist die Erklärung *token*-artig. Irgendein unbekannter Faktor wirkt oder hat auf diesen Schnürsenkel eingewirkt, sodass gerade dieser immer wieder aufgeht (er ist zum Beispiel besonders verschmutzt worden oder er wird beim Sport nie richtig festgebunden, weil er am linken Fuß ist etc.). Im zweiten Fall ist die Erklärung *type*-artig. Sie könnte zum Beispiel lauten, dass die Schnürsenkel des Sportschuhs glatter gewebt sind, sodass sich bei diesen Knoten leichter lösen.

Problematische Urteile betreffen Sachverhalte, die uns irgendwie anomali oder stark erwartungsverletzend erscheinen. Im Gegensatz zu den assertorischen Urteilen, die typischerweise Ereignisse betreffen, die nur ein einziges Mal vorkommen, also statistisch unabhängig voneinander sind, gehen problematische Urteile mit Sachverhalten einher, die plötzlich immer wieder auftauchen und die nicht als Teil des kontingenten Weltverlaufs erachtet werden. Die damit einhergehende subjektive Anomalieerfahrung löst sich psychologisch auf, sobald die Erklärung erfolgt ist, wenn also der unbekannte Faktor bekannt wird. Umgekehrt werden die Anomalieerfahrung und das Bedürfnis nach Erklärung aber immer stärker, je mehr erklärende Faktoren wir ausschließen. Das Phänomen erscheint dann immer mysteriöser und immer erkläruungsbedürftiger. Häufig wird im Alltagsdenken hinter solchen vermeintlich mysteriösen Zufällen ein größerer Zusammenhang vermutet oder sogar eine intentionale *Agency* unterstellt (Griffiths & Tenenbaum, 2007).

In diesem Zusammenhang ist gerade Dennetts (1971) Unterscheidung verschiedener explanatorischer Haltungen (»stances«) interessant. In der Interpretation Dennetts handelt es sich bei diesen Beschreibungsebenen um evolutionär erworbene Mechanismen, durch die wir physikalische, biologische und soziale Systeme unterscheiden können. Auch Dennetts Modell geht von drei Ebenen aus. Berücksichtigt man einige begriffliche Anpassungen, dann lassen sich die hier herausgearbeiteten Typen jenen *stances* zuordnen. So würde der *intentional stance* der partikularen oder problematischen Sinnebene entsprechen, nämlich dann, wenn ein Phänomen so ungewöhnlich oder *puzzling* ist, dass nur noch intentionale Erklärungen, die auf Wünsche und Absichten verweisen, als Antworten auf die Warum-Frage in Betracht kommen. Singulare Propositionen in Warum-Fragen entsprächen dann dem *physical stance* und die generischen schließlich dem *functional stance*.

Die drei fundamentalen Sinnebenen des Explanandums lassen sich nun in folgende Tabelle bringen:

Tabelle 1: Verschiedene Sinnebenen des Explanandumsatzes

Beschreibungsebene	Sinnebene 1	Sinnebene 2	Sinnebene 3
Typ der Proposition	singular	generisch	partikular
Modus des Urteils	assertorisch	apodiktisch	problematisch
Bezugnahme auf Gegenstand	unbestimmt (»irgendeine«)	bestimmt (»die«)	demonstrativ (»genau diese«)
Typ der Erklärung	<i>token</i>	<i>type</i>	<i>token</i> oder <i>type?</i>
Grad der Verwunderung	<i>just facts</i>	<i>kinda curious</i> bzw. <i>why-necessarily?</i>	<i>how possibly?</i>

Die drei verschiedenen Typen des Warums und die drei damit korrespondierenden Erklärungstypen werfen nun ein etwas anderes Licht

auf die pragmatischen Aspekte der Erklärung. Denn diese sind nun nicht mehr rein beliebig und subjektiv. Vielmehr sind sie eine logisch-semantische Angelegenheit, durch die Warum-Fragen analysierbar werden. Gerade die normative, an objektiven Erklärungskriterien orientierte Wissenschaftstheorie erhält durch die Untersuchung der Verstehensaspekte eine Stärkung, da die Unterscheidung von Typen oder Sinnebenen von Warum-Fragen auch der jeweiligen Erklärung normative Vorgaben machen. Die Unterscheidung von Typen hat dadurch direkte Auswirkungen auf die Beurteilung des berühmtesten Modells wissenschaftlicher Erklärungen, des deduktiv-nomologischen Modells nach Hempel und Oppenheim (1948), was Gegenstand des nächsten Kapitels ist.

4.8 Objektive Erklärungsrelationen

Wissenschaftstheoretische Überlegungen bieten für die Beschreibung des frühkindlichen Lernens einen Rahmen, umgekehrt berücksichtigt die Wissenschaftstheorie aber selten empirische Befunde der Entwicklungspsychologie. Hempels Kritik an der Einbeziehung psychologischer Aspekte in die Wissenschaftstheorie ist insofern berechtigt, da die naturalistische Perspektive wie die Piagets keine objektiven Kriterien für die Geltung wissenschaftlicher Erklärungen bereithalten kann. Dennoch ist der Blick in die alltägliche Erklärungspraxis angebracht, denn er legt zunächst offen, welche pragmatischen Faktoren beim Erklären wirksam sind. Insbesondere Perspektivübernahme und epistemische Empathie sind für das Verstehen und die Zuschreibung der Sinnebenen der Warum-Frage entscheidend. Diese Fähigkeit aber ermöglicht wiederum normative Urteile, welcher Typ von Erklärung für die jeweilige Warum-Frage angemessen ist. Eine genauere Analyse der Alltagspraxis verweist also auf objektive Strukturen bei der Erklärungsrelation.

Trotz der Existenz einer abstrakten Norm für adäquate Antworten weichen reale Dialoge häufig davon ab. Antworten auf Kinderfragen werden im Alltag unvollständig, falsch oder ausweichend gegeben, bedingt durch verschiedenste situative und individuelle Faktoren.

Alltägliche Erklärungen, wie sie Erwachsene Kindern geben, unterscheiden sich auch von wissenschaftlichen Erklärungen in Präzision und Detailgrad. Dennoch kann man argumentieren, dass korrekte und typadäquate Erklärungen im Alltag prinzipiell denselben Strukturen folgen müssen wie wissenschaftliche Erklärungen. Von einer Kontinuität zwischen alltäglicher und wissenschaftlicher Erklärung ist also auszugehen, wobei Alltagserklärungen als weniger differenzierte Vorstufen wissenschaftlicher Erklärungen verstanden werden können.

Die Art der Erklärung in einem Dialog wird durch die innere Struktur der Warum-Frage vorgegeben. Dabei ist eine bestimmte Art und Weise des Warumfragens für das wissenschaftliche Erklären besonders relevant, denn diese erfordern Erklärungen, die abstrakt-logisch und gesetzesartig sind. Folgt man diesen epistemischen Warums, den *type*-Erklärungen immer weiter, dann führen diese notwendigerweise zu allgemeinem und analytischem Wissen. Um die Unterschiede zwischen den Sinnebenen zu erkennen, ist eine genaue Bestimmung des Explanandums nötig. Deweys Unterscheidung verschiedener Propositionstypen bzw. Kants Unterscheidung der Modalitäten des Urteils sind hier hilfreich, denn sie lassen sich klar den verschiedenen Typen des Warums zuordnen. Die Typisierung von Warum-Fragen und ihren Erklärungen in drei fundamentale Sinnebenen – singulär, generisch, partikular – strukturiert die pragmatischen Aspekte der Erklärung nicht als subjektive Beliebigkeit, sondern macht normative Vorgaben, welche Erklärung die angemessenere ist. Diese systematische Unterscheidung stärkt also die objektiven, normativen Orientierungen in der Wissenschaftstheorie. Welche Auswirkungen diese Unterscheidung auf die Bewertung des deduktiv-nomologischen Modells nach Hempel und Oppenheim hat, werde ich im folgenden Kapitel untersuchen.

5. Das deduktiv-nomologische Modell der Erklärung

Was ist eine Erklärung? Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit wir wahrhaft sagen können: »X erklärt Y?« Nahezu jeder einführende Text über den wissenschaftlichen Erklärungsbegriff beginnt mit der Vorstellung des deduktiv-nomologischen Modells von Hempel und Oppenheim (1948) – auch D-N-Modell genannt. Für Hempel und Oppenheim erklärt X genau dann Y, wenn Y aus X logisch folgt und wenn X ein – empirisches – Gesetz enthält. Die Wahrheit der Proposition des Explanandums folgt nach dem Schema des *modus ponens* aus den Prämissen der Antwort auf die Warum-Frage. Dadurch erfüllt das deduktiv-nomologische Modell den von Hempel formulierten Anspruch, dass eine wissenschaftliche Erklärung von der Logik her den gleichen Anforderungen genügen muss wie ein mathematischer Beweis (Hempel, 1965, 426–428).

In der Wissenschaftstheorie gehört das D-N-Modell zu den traditionellen Ansätzen, die eine normative, an objektiven Kriterien orientierte Erklärungsauffassung vertreten (Woodward & Ross, 2021). Gegen das Programm der traditionellen Ansätze, objektive, nicht-pragmatische und universelle Kriterien für den Erklärungsbegriff anzugeben, hat Achinstein (2010) folgenden Einwand formuliert:

»These criteria will be universal in the sense that they are not to vary from one explanation to the next, but are to be ones applicable to all scientific explanations. They are also universal in the sense that they are not to incorporate specific empirical assumptions or presuppositions that might be made by scientists in one field or context but not

another. So they might include the use of laws, causal factors, and quantitative hypotheses, the satisfaction of some criterion of unification or simplicity, and so forth. My conjecture is that whatever set of objective, nonpragmatic, universal criteria you propose you will be able to find or construct counterexamples to it, both as a set of necessary conditions and as a set of sufficient conditions.« (Achinstein, 2010, 137)

Jene Gegenbeispiele, auf die Achinstein anspielt, betreffen besonders das D-N-Modell, wie es von Hempel und Oppenheim (1948) entwickelt wurde. Tatsächlich spielt das D-N-Modell wegen dieser Gegenbeispiele in der heutigen Debatte um Erklärungen nur noch eine historische Rolle. Es wurde als theoretischer Ansatz im Grunde ganz aufgegeben.

Ziel dieses Kapitels ist es, zu zeigen, dass diese Gegenbeispiele ihre Wirksamkeit verlieren, wenn man die Unterscheidung verschiedener Typen von Erklärungen berücksichtigt. Umgekehrt lässt es sich auch so sagen: Die Beispiele gegen das D-N-Modell sind vor allem deshalb wirksam, weil das ursprüngliche D-N-Modell die Bedeutung unterschiedlicher Typen des Warums nicht ausreichend reflektiert. Hempel hat in seiner Verteidigung des D-N-Modells zwar bereits auf die Möglichkeit verschiedener Typen hingewiesen, so bei der Unterscheidung von »explaining how-possibly« und »explaining why-necessarily« (Hempel, 1965, 428) oder bei der Unterscheidung zwischen *explanation-seeking-why-questions* einerseits und *reason-seeking* oder *epistemic why-questions* andererseits (Hempel, 1965, 335). Jedoch wurde das Kriterium der Typ-Adäquatheit für die Bestimmung des Erklärungsbegriffs noch nicht ausreichend herausgearbeitet.

Dass der Typ der Erklärung bei der Beantwortung der Warum-Frage adäquat sein muss, hängt direkt mit dem in der Einleitung aufgeworfenen Meta-Problem zusammen: Warum fragen wir *warum*? Fragen wir aus individueller Neugier, dann muss die Antwort diese Neugier auch adressieren. Aber wie begründet man dann die Normativität wissenschaftlicher Antworten, wenn jede Antwort genügen würde, sofern sie nur die Neugier befriedigt? Fragen wir aber aus einem universalen

wissenschaftlichen Interesse heraus, wie ist dieses dann zu begründen?
Was ist das objektive, nicht-pragmatische und universelle Kriterium?

Im vorherigen Kapitel wurde gezeigt, dass die Warum-Frage ein pragmatisches Element aufweist. Die spezifische Neugier oder der Grad der Verwunderung in einem bestimmten Kontext bestimmen den Typ der Erklärung. Jedoch sind die Typen der Erklärung nicht allein vom Individuum und seinem Kontext abhängig. Es ist vielmehr so, dass sich drei verschiedene Typen explizieren lassen, wobei einer, nämlich das generische Warum, zu den abstrakten, wissenschaftlichen Erklärungen führt, wenn man ihn konsequent adressiert. Das, was sonst durch pragmatische Begriffe wie ›Kontext‹ und ›epistemischer Status‹ im Dunkeln bleibt, wird durch eine konsequenter Analyse des Explanandums explizit.

In einer Fußnote bei Woodward und Ross (2021) findet sich eine Anregung für den Gedanken einer eingeschränkten pragmatischen Theorie:

»A closely related point is that a characterization that ›relativizes‹ some feature of an explanation to a context sometimes can, so to speak, be ›de-relativized‹ by making it explicit how the feature in question depends on context—in other words, the apparent contextuality may be just a reflection of the fact that some relevant feature has not been made explicit. (...) For this reason, it seems that we should regard a thorough-going pragmatic theory as one that (like Achinstein's and presumably van Fraassen's) claims that explanations have a contextual element that can't be removed (in a way that satisfies objectivist constraints) by making the context explicit.« (Woodward & Ross, 2021, Fußnote 27)

Ein interrogrativer Ansatz, wie er in der Wissenschaftstheorie bereits aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet wurde (Bromberger, 1992; Hempel & Oppenheim, 1948; Hintikka, 1981; Hintikka & Halonen, 1995; Sintonen, 1984, 1989, 1999; Van Fraassen, 1980), kann also durchaus von den pragmatischen Aspekten soweit absehen, dass es objektivistischen Ansprüchen genügt. Die Anerkennung der Verstehensaspekte des Er-

klären muss also nicht dazu führen, dass man die Suche nach objektiv-normativen Erklärungsbegriffen aufgibt. Im Gegenteil stärkt gerade die Differenzierung von Erklärungstypen Hempels logisch-empiristische Sicht auf das wissenschaftliche Erklären. Bevor ich zeige, wie das D-N-Modell funktioniert und wie sich die Gegenbeispiele dekonstruieren lassen, gehe ich noch auf den Begriff der Relevanzrelation ein, wie er von Salmon (1971) und van Fraassen (1980) entwickelt wurde.

5.1 Die objektive Relevanzrelation: Typadäquatheit

Ein wichtiger Einwand gegen das D-N-Modell lautet, dass es den Aspekt der explanatorischen Relevanz nicht erfassen würde (Salmon, 1971, 33–35). Explanatorische Relevanz lässt sich an einem bekannten Witz veranschaulichen:

»A man is observed constantly waving his hand across his face. When asked what he is doing, he explains that he is driving away elephants. ›But there are no elephants here,‹ the questioner exclaims to get the reply: ›You see, it works.‹« (Rickman, 1999)

Der Witz besteht darin, dass hier das Prinzip explanatorischer Relevanz missachtet wird, das wir selbstverständlich voraussetzen, dass nämlich das Erklärende – das Explanans – in einer relevanten Beziehung mit dem stehen muss, was erklärt werden soll – mit dem Explanandum. Die Beobachtung eines erwünschten Effekts ist noch keine Evidenz dafür, dass die Handlung den entsprechenden Effekt tatsächlich hervorbringt. Der Effekt kann auch aufgrund irgendeines anderen Faktors eintreten, der von der Handlung unabhängig ist. Im Alltag gibt es zahlreiche Beispiele dafür, dass wir Handlungen ausführen, um einen Effekt herbeizuführen, die aber tatsächlich kausal irrelevant sind. Wir schreiben in unserem Alltagsdenken etwa Handlungen echte Wirkungen zu, einfach weil der von der Handlung eigentlich unabhängige Effekt immer wieder auftaucht.

Bestimmt man die Relevanzrelation zwischen Explanans und Explanandum als eine kausale Beziehung, dann stellt sich die Frage, wie der Begriff der kausalen Relevanz expliziert werden kann und wie er von einer rein statistischen Relevanz abgrenzen ist (Salmon, 1971). Ein Ansatz, zufällige Korrelationen (*spurious correlations*) und kausale Zusammenhänge auseinanderzuhalten, stützt sich auf den bereits dargestellten Produktionsaspekt der Kausalität, der für die Möglichkeit oder Kapazität steht, einen Effekt hervorzubringen. Während es so gut wie unmöglich scheint, allein aus statistischen Daten, also aus der Beobachtung, die Kausalität abzuleiten, so gelingt dies, wenn man die kausale Relevanz über den Begriff der Intervention bestimmt (Woodward, 2003; Pearl, 2009). Der manipulierte Münzwurf, dessen gewünschter Outcome mit einer bestimmten Handlung übereinstimmt, liefert hier wieder das Beispiel. Es handelt sich dann um ein Experiment, bei dem nicht ein beliebiger Effekt einfach nur beobachtet wurde, sondern bei dem ein Akteur einen bestimmten Effekt erzielen will und durch experimentelles, motorisch lernendes Handeln die Anfangsbedingungen, die zum gewünschten Effekt führen, tatsächlich identifiziert hat.

Wie gesagt eignet sich diese kausal-interventionistisch bestimmte Relevanzbeziehung zwischen Explanans und Explanandum auch sehr gut, um frühkindliches Lernen in Bezug auf die Alltagsphysik zu beschreiben. Sie stimmt auch mit Piagets Beobachtungen zum Objektspiel von Kindern im ersten Lebensjahr überein. Tatsächlich liefern die interventionistischen und probabilistischen Modelle der Kausalität heute eine theoretische Grundlage für die empirische Forschung zum kindlichen Lernen (Gopnik et al., 2004a; Pearl, 2009; Spirtes, Glymour & Scheines, 1993).

Ein Problem der kausal-interventionistischen Auffassung der Relevanzbeziehung ist aber, dass die volitional verstandene kausale Relevanz immer nur für einen bestimmten Ort und zu einer bestimmten Zeit gilt. Was kindliches Lernen und wissenschaftliche Theoriebildung aber auszeichnet, ist die Verallgemeinerung oder die Übertragbarkeit eines Erklärungsmodells auf einen anderen Bereich der Wirklichkeit. Erst dieses Kriterium der »Bereichsinvarianz« (Bartelborth, 2007, 89–93) ermöglicht es uns, gesetzesartige, generische Aussagen zu machen

(›Schnee ist weiß‹, ›Kupfer leitet Strom‹ etc.). Diese Fähigkeit, generische Aussagen zu machen, gleichbedeutend damit, dispositionale Eigenschaften von Dingen zu identifizieren, lässt sich bereits im kindlichen Konzepterwerb beobachten (Cimpian & Erickson, 2012; Gelman, 2005; Keil, 1996). Wenn wir als Kind den Begriff von (Wasser-)Eis entwickelt haben, dann wissen wir, dass jedes Stückchen Eis schmelzen kann. Wir müssen für diese Erkenntnis nicht unzählige Experimente mit Wassereis in anderen Bereichen wiederholen, um sicher zu sein.

Ein anderes Problem der allein kausal bestimmten Relevanzbeziehung besteht darin, dass wissenschaftliche Erklärungen gar nicht auf ein Kausalgesetz angewiesen sind (Scheibe, 1976). Ernst Mach sieht die Begriffe Ursache und Wirkung als zu unscharf an, um in der Physik die Abhängigkeit messbarer Größen zu beschreiben (Hüttemann, 2013, 53; Mach, 1906, 275–280, 1886/1922, 74–77). Der Begriff der mathematischen Funktion ist für Mach daher dem Ursachenbegriff vorzuziehen, da sich durch eine Funktion die Abhängigkeiten viel besser darstellen lassen. Duhem (1906/1991) teilt Machs skeptische Auffassung und dehnt sie auf den Begriff der Erklärung aus. Die Physik ziele nicht auf Erklärungen, sondern darauf, abstrakte mathematische und symbolische Ideen miteinander in Beziehung zu setzen, die mit experimentellen Beobachtungen übereinstimmen:

»A physical theory is not an explanation. It is a system of mathematical propositions, deduced from a small number of principles, which aim to represent as simply, as completely, and as exactly as possible a set of experimental laws.« (Duhem, 1906/1991, 19)

Russell (1912) kritisiert ebenfalls die Idee des Kausalgesetzes, nach der gleiche Ursachen immer gleiche Effekte hervorbringen, weil sie implizit die Ursache mit Volition gleichsetze. Für die wissenschaftliche Theoriebildung sei es jedoch unangebracht, einen intelligiblen kausalen Nexus anzunehmen, also irgendeine Verbindung zweier Ereignisse, die nicht über die Sinne, sondern verstandesmäßig erfahren werden können. Die Formeln der Physik ließen keinen Raum für Ereignisse, zwischen denen ein solcher Nexus von Wirkung und Ursache gesucht werden könn-

te (Russell, 1912, 190). Der Begriff der mathematischen Funktion sei daher angemessener in Bezug auf wissenschaftliche Gesetze als das Prinzip von Ursache und Wirkung:

»No doubt the reason why the ›old law of causality‹ has so long continued to pervade the books of philosophers is simply that the idea of a function is unfamiliar to most of them.« (Russell, 1912)

Tatsächlich ist, wie ich zeigen möchte, der mathematische Funktionsbegriff für die Warum-Frage zentral und in manchen Kontexten besser für die Explikation des Erklärungsbegriffs geeignet als die kausale Relation. Funktionen sind ein wesentliches Merkmal von Frage-Antwort-Strukturen. Die relevante Beziehung zwischen Explanans und Explanandum lässt sich nicht allein kausal-interventionistisch bestimmen, sondern muss auch logisch-sprachliche Schemata einbeziehen. Auch wenn ein großer Teil wissenschaftlicher Erklärungen kausale, in die Zukunft gerichtete *type*-Erklärungen sind, bedeutet das nicht, dass *type*-Erklärungen nur kausal zu verstehen sind.

Van Fraassens (1980) pragmatischer Erklärungsansatz steht in der Tradition des logischen Empirismus und seiner Kausalitätskritik. In van Fraassens konstruktivem Empirismus spielt jedoch der Funktionsbegriff keine explizite Rolle. Sowohl der Erklärungsbegriff als auch kausale Ereignisse werden darin akzeptiert. Dennoch sind kausale Zusammenhänge und Naturgesetze nach dieser Theorie keine realen und objektiven Tatsachen der Welt, sondern lediglich symbolisch-abstrakte Beschreibungen experimentell gewonnener Daten.

Ein *cause* ist in van Fraassens Theorie eine spezifische Bedingung für das Ereignis, das erklärt werden soll. Welche kausalen Bedingungen aber herausgepickt werden, um zu erklären, sei abhängig vom Interesse des Individuums bzw. vom Kontext, in dem die Frage auftaucht. Es ist klar, dass diese Auffassung dem Einwand Hempels ausgesetzt sein dürfte, die Verstehensaspekte überzubetonen, denn van Fraassen (1980, 130) legt der Relevanzrelation keinerlei Bedingungen auf. Sie ist ein rein kontextueller Faktor. Für den Fragenstellenden sei einmal dieser und einmal jener *cause* relevant, je nachdem, in welcher Hinsicht die

fragende Person neugierig ist (van Fraassen, 1980, 142) ist. Die Relevanzbeziehung interpretiert van Fraassen lediglich als »the respect-in-which a reason is requested« (van Fraassens, 1980, 142).

Ein zentrales Kapitel von van Fraassens (1980) *The Scientific Image* widmet sich der Analyse der Warum-Frage. Ich möchte gleich darauf hinweisen, dass die Relevanzrelation interpretiert als *the respect-in-which a reason is requested* durchaus dem entspricht, was ich bisher als Sinn der Warum-Frage bezeichnet habe. Die Problematik bei van Fraassens Theorie ist aber, dass diese die Relevanzrelation *allein* hinsichtlich des individuellen Interesses oder in Abhängigkeit vom Kontext bestimmt. Implizit gibt es für van Fraassen dadurch so viele Relevanzrelationen, wie es Individuen mit unterschiedlichen Interessen und Hintergrundtheorien gibt. Seine Theorie, wissenschaftliche Erklärungen als Antworten auf Warum-Fragen zu interpretieren, ist dadurch dem Einwand ausgesetzt, den Hempel allen psychologistischen Ansätzen entgegenhält, nämlich relativ zu und variabel mit der Person zu sein, welche die Frage hat.

Worin liegt aber nun genau das Problem von van Fraassens Argumentation? Für van Fraassen (1980, 124–125) ist ein kausaler Faktor vor anderen salient, weil der epistemische Akteur bestimmte individuelle Orientierungen oder Interessen in Bezug auf das jeweilige Problem hat. Van Fraassen erläutert dies an Hansons (1958/1965) Unfallbeispiel. Dort wird gefragt: ›Warum war der Autounfall tödlich?‹:

»The primary reason for referring to the cause of x is to explain x. There are as many causes of x as there are explanations of x. Consider how the cause of death might have been set out by a physician as ›multiple haemorrhage‹, by the barrister as ›negligence on the part of the driver‹, by a carriage-builder as a ›defect in the brakeblock construction‹, by a civic planner as ›the presence of tall shrubbery at that turning‹.« (Hanson, 1958/1965, 54)

Diese unterschiedlichen Interessen dienen nun van Fraassen als Indiz dafür, dass Warum-Fragen kontextabhängig sind.

Es ist jedoch fraglich, ob Hansons Beispiel unterschiedliche Relevanzrelationen der gleichen Warum-Frage zum Ausdruck bringt, denn es handelt sich bei den unterschiedlichen Erklärungen eher um Antworten auf verschiedene Warum-Fragen, d.h. die Gegenstände oder Subjekte in den Propositionen der Frage sind jeweils verschieden. Die Frage des Stadtplaners ist eher: ›Warum passieren an dieser Kurve besonders viele Unfälle?‹ Das Subjekt des Fragesatzes ist also eine bestimmte Straßenkurve, an der die Unfallhäufigkeit signifikant höher ist im Kontrast zu anderen vergleichbaren Straßenkurven. Die Frage des Autoherstellers lautet: ›Warum kam es bei diesem Fahrzeug zu einem schweren Unfall im Kontrast zu anderen Fahrzeugen?‹ Das Subjekt oder Gegenstand der Frage ist hier ein bestimmtes Fahrzeug oder ein bestimmter Fahrzeugtyp. Die Frage des Anwalts hingegen lautet: ›Warum ist dieser Autofahrer verunglückt im Kontrast zu den vielen anderen, die diese Kurve ohne Unfall passieren?‹ Das Subjekt der Frage ist dann das Verhalten oder die Disposition eines bestimmten Autofahrers.

Die Vielzahl der Erklärungsmöglichkeiten in Hansons Beispiel resultiert in Wahrheit also aus unterschiedlichen Subjekten der Warum-Fragen und ihren spezifischen Kontrastklassen und nicht aus unterschiedlichen Erklärungsmöglichkeiten auf eine gleichlautende Warum-Frage. Die Kontextabhängigkeit erscheint dadurch stärker, als sie in Wahrheit ist. Das Subjekt bzw. der Sachverhalt einer Frage ist natürlich frei wählbar (d.h. jedes Problem kann als Beispiel dienen), aber die Bedeutungsunterschiede sollten sich auch zeigen, wenn die Proposition konstant ist.

Tatsächlich wird die eigentliche Frage ›Warum war der Autounfall tödlich?‹ durch keinen der genannten kausalen Faktoren direkt beantwortet. Da in dem Beispiel die Subjekte der Warum-Fragen nicht getrennt voneinander betrachtet werden, bleibt der Begriff der Relevanzrelation unklar. Van Fraassens Auffassung zum Begriff der Relevanzbeziehung ist daher für Kitcher und Salmon (1987b) Anlass zur Kritik. Weil in van Fraassens Theorie die Relevanzrelation nicht objektiv verstanden wird, kann alles mit allem erklärt werden. So könnte nach van Fraassens Theorie eine Erklärungsantwort auf die Frage ›Warum starb Kennedy am 22. November 1963?‹ auch lauten: ›Weil Mars im 10. Haus des Sagittarius

stand, sofern diese astrologische Konstellation als Erklärung für Interesse und Kontext des Fragenden relevant wäre (Kitcher & Salmon, 1987). Van Fraassens offene Bestimmung der Relevanzrelation würde also im Hinblick auf wissenschaftliche Erklärungen zu absurdem Konsequenzen führen.

Fasst man den Begriff der Relevanzrelation aber objektiv und normativ als das Kriterium der Typ-Adäquatheit, dann liefert van Fraassens pragmatisch reflektierter Begriff der relevanten Beziehung zwischen Explanans und Explanandum jedoch einen wichtigen Ansatz. Ich möchte diesen Ansatz nun aufgreifen und präzisieren, indem ich das D-N-Modell mit Hilfe der bisher getroffenen Typenunterscheidung gegen die konstruierten Gegenbeispiele verteidige.

5.2 Die Intuition des D-N-Modells

Für Hempel und Oppenheim (1948) ist die Beantwortung von Warum-Fragen das oberste Ziel jedes rationalen Erkenntnisvorhabens. Die Intuition des D-N-Modells besteht darin, die Menge von Sätzen, welche zur Erklärung genannt werden, in zwei Subklassen einzuteilen, nämlich zum einen in solche, die spezifische Antezedens-Bedingungen nennen, und zum anderen solche, die generelle Gesetze beschreiben. Sind die Sätze der wissenschaftlichen Erklärung wahr, dann folgt das Explanandum, das zu Erklärende, aus dem Explanans, dem Erklärenden.

(Explanandum) Warum E ?

(Explanans) L und C .

—————
Darum E .

Den Variablenbuchstaben E verwende ich hier stellvertretend für eine wahre Proposition, die gewöhnlich als Evidenz, Effekt oder für das Ergebnis eines Messvorgangs aufgefasst wird. L bezeichnet das Gesetz und C die jeweiligen Randbedingungen. Der Strich zeigt an, dass der Satz

oder die Proposition der Frage aus dem Gesetz und den Randbedingungen folgt. Im Deutschen wird die Konklusion eines Schlusses in der Regel mit *also* eingeleitet. Das Adverbium *darum* fügt sich in die natürliche Antwort jedoch besser ein, denn es korrespondiert direkt mit dem Interrogativ *warum*. Der Schluss in diesem Schema macht den propositionalen Inhalt der Frage wahr.

An einem Beispiel, das in der Wissenschaftstheorie immer wieder zur Veranschaulichung der Kontroverse um das D-N-Modell herangezogen wird, lässt sich das Schema mit Leben füllen. Angenommen eine Person beobachtet das Phänomen, dass der Schatten eines Turms zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten verschiedene Längen hat oder dass unterschiedlich hohe Objekte unterschiedlich lange Schatten werfen. Misst man den Schatten zu einem bestimmten Zeitpunkt und damit zu einem bestimmten Sonnenwinke ab, dann könnte das Ergebnis dieser Messung zum Beispiel den Wert 83,91 m betragen. Eine Proposition (*p*) wie die folgende kann dann von einer Person in einer bestimmten Situation als wahr behauptet werden:

(p) Zum Zeitpunkt *T*: *Länge des Schattens* _{Turm a} = 83,91 m.

Zunächst kurz etwas zur hier gewählten Schreibweise: Das Gleichheitszeichen versteh ich hier so, dass es ein Resultat oder ein Ergebnis (hier eines Messvorgangs) anzeigt. Das Urteil schreibe ich in dieser Form statt in der üblichen alltagssprachlichen Form ›Der Schatten ist 83,91 m‹, um jene Aspekte wiederzugeben, die in unserer Alltagssprache in der jeweiligen Situation meist von den Sprechenden vorausgesetzt werden. Von Bedeutung sind hier die Präzisierungen zum Zeitpunkt, zum jeweiligen Einzelding (bezeichnet mit dem Eigennamen Turm *a*) und zur Maßeinheit. Wird die Proposition nämlich durch den Frageoperator in eine Warum-Frage umgewandelt, wäre es Interpretationssache, wie die Erklärung zu erfolgen hätte, wenn diese situationsabhängigen Aspekte nicht spezifiziert würden.

Es würde dann nicht klar werden, auf welches Element des Fragesatzes sich das Warum bezieht. Je nachdem, welche Kontrastklasse (›Warum zum Zeitpunkt *T* ...?‹, ›Warum Einheit Meter statt Fuß?‹, ›Warum

Länge des Schattens von Turm a statt von Turm b ?>) intersubjektiv vermittelt wird (etwa durch die lautliche Betonung), wäre die Erklärung eine andere. Bereits an der Kontrastklasse lässt sich jedoch ablesen, dass der Modus des Urteils je nach Situation variiert. Bezieht sich die Indikation der Kontrastklasse etwa auf das Ergebnis der Messung, ist das Urteil problematisch (‘Warum beträgt das Ergebnis der Messung = 83,91 m, obwohl doch ein anderer Wert zu erwarten war?’).

Um das D-N-Modell zu erläutern, setze ich nun ein apodiktisches Urteil voraus. Die Warum-Frage lautet dann:

(f1) Zum Zeitpunkt T : Warum $Länge\ des\ Schattens_{Turm\ a}$ notwendig 83,91 m?

Die Proposition ist generisch und diese generische Proposition ist durch die Messung quantifiziert. Die zeitliche Spezifizierung habe ich hier der eigentlichen Frage vorangestellt, da sie konstant gehalten wird. Dadurch schließe ich ein, dass der Zeitpunkt der Situation, für welche die Frage gestellt wird, für die Erklärung nur insofern relevant ist, dass er für alle vorgenommenen Messungen gilt. Die Kontrastklasse wird so durch alle anderen Objekten gebildet, die einen Schatten werfen. Oder anders ausgedrückt: Der Kontext ist derart, dass Turm a mit anderen Objekten, die in der Situation einen Schatten werfen, kontrastiert wird.

Ein anderer Kontext wäre, dass ein bestimmter Zeitpunkt mit anderen Zeitpunkten kontrastiert wird. Die Kontrastklasse wird dann durch alle möglichen Zeitpunkte gebildet, in welchen der Turm einen Schatten wirft. In der expliziten Form wird daher die Bezugnahme auf den Einzelgegenstand der Frage vorangestellt.

(f2) Für Turm a : Warum $Länge\ des\ Schattens_{Zeitpunkt\ T}$ notwendig 83,91 m?

Diese Unterscheidung ist wichtig, um die Funktionsweise des D-N-Modells nachvollziehbar zu machen. Für beide Kontexte stellt das D-N-Modell ein Schema bereit. Der gesetzesartige Zusammenhang ist

in beiden Fällen gleich. Relevant sind der Winkel des Lichtstrahls relativ zur Fläche, die Höhe des schattenwerfenden Objekts und als Konstante der rechte Winkel, den das Objekt mit der Fläche bildet.

Der Winkel des Lichtstrahls und Höhe des Turms können variieren. Sie sind die Randbedingungen, die für die Warum-Frage spezifisch sind. So kann bei Frage (f2) die Höhe des Turms variieren, während der Sonnenwinkel und damit der Zeitpunkt konstant bleiben. Die Warum-Frage und ihre Erklärungsantwort lassen sich nun in das Schema des D-N-Modells bringen:

(Expndm) Warum notwendig $Länge des Schattens_{Turm\ a} = 83,91\ m$?

(Expns) $f(Höhe_{Objekt}) = Länge des Schattens_{Objekt}$
 $Höhe_{Turm\ a} = 100\ m$

Darum notwendig $Länge des Schattens_{Turm\ a} = 83,91\ m$.

Bei Frage (f1) variiert der Zeitpunkt und damit der Sonnenwinkel und die Höhe des Turms ist konstant. Das D-N-Modell erfolgt dann analog dazu, lediglich die Konstrastklasse ist eine andere:

(Expndm) Warum notwendig $Länge des Schattens_{Zeitpunkt\ T} = 83,91\ m$?

(Expns) $f(Winkel_{Sonne}) = Länge des Schattens_{Zeitpunkt\ T}$
 $Winkel_{Sonne} = 50^\circ$

Darum notwendig $Länge des Schattens_{Zeitpunkt\ T} = 83,91\ m$.

Der nomologische Satz ist in der ersten Zeile des Explanans als eine Funktion f notiert. In den Beispielen handelt es sich – wie aus der Schule bekannt – um trigonometrische Funktionen der Ebene. Zu beachten ist hier, dass die Funktion f für die Kotangensfunktion mit dem fixen Argument des Sonnenwinkels 50° steht, sodass wenn $x = 100\ m$, die Schattenlänge = $83,91\ m$:

$$1) \cot(50^\circ)(x) = \text{Schattenlänge}.$$

Ist die Kontrastklasse hingegen die Menge der anderen Zeitpunkte, zu denen das Objekt einen Schatten wirft, dann hängt die Länge des Schattens direkt vom Winkel der Sonneneinstrahlung ab. Die Höhe des Turms ist dann konstant:

$$2) (100 \text{ m}) \cot(x) = \text{Schattenlänge}.$$

Die konstanten Werte ergeben sich jeweils unmittelbar aus der Situation, in der sich die fragende Person befindet, also aus ihrer Relation zu dem spezifischen Stimulus, der Gegenstand der Frage sind. Praktisch-experimentell sind sie die Kontrollvariablen, die konstant gehalten werden, um den Einfluss der unabhängigen Variable, d.h. der erklärenden Variable, auf die abhängige Variable vorherzusagen. Theoretisch-epistemisch sind sie in der Hinsicht, in der eine Frage gestellt wird. Ist die Frage nicht hinreichend explizit formuliert, muss der Antwortgebende mit spezifizierenden Zusatzfragen zuerst die jeweilige Kontrastklasse bestimmen. Erst dann kann die Frage sinnvoll beantwortet werden.

Das Bemerkenswerte am D-N-Modell ist, dass es einerseits der alltagssprachlichen Erklärungspraxis sehr gut entspricht, andererseits aber auch intuitiv die Funktionsweise wissenschaftlicher, vor allem physikalischer Erklärungen aufzeigt. Durch die Vermittlung in der Schule, wo meistens zuerst die Formel eingeführt wird und dann Aufgaben gelöst werden, rückt der Aspekt der Warum-Frage in den Hintergrund. Das D-N-Modell zeigt aber, dass wissenschaftliche Erklärungen nichts anderes sind als präzise Antworten auf einen bestimmten Typ von Warum-Frage. Die Funktion, der nomologische Satz des Explanans, wird hier jedoch als eine einstellige Funktion aufgefasst, d.h., es kann ihr immer nur ein einziger Wert als Randbedingung eingegeben werden. Das ist insofern von Bedeutung, da die Warum-Frage nicht direkt beantwortet wird, wenn nur der mit der Funktion beschriebene Zusammenhang genannt wird.

In einer allgemeinen Darstellung lässt sich eine Funktion folgendermaßen notieren:

3) $f(x) = y$

Intuitiv kann eine Funktion als eine Maschine aufgefasst werden, der ein Wert, dessen Leerstelle hier mit x markiert ist, eingegeben wird, sodass die Maschine aufgrund eines definierten Prozesses einen bestimmten Wert, an dessen Leerstelle ein y steht, ausgibt (Braunfeld, Kaufman & Haag, 1973; Davis & McGowen, 2002). Diese didaktische Auffassung entspricht der informellen Definition des Funktionsbegriffs nach Church (1941), die wiederum mit der Auffassung Freges (1891/2002) übereinstimmt:

»A function is a rule of correspondence by which when anything is given (as argument) another thing (the value of the function for that argument) may be obtained. That is, a function is an operation which may be applied on one thing (the argument) to yield another thing (the value of the function). It is not, however, required that the operation shall necessarily be applicable to everything whatsoever; but for each function there is a class, or range, of possible arguments -- the class of things to which the operation is significantly applicable -- and this we shall call the range of arguments, or range of the independent variable, for that function. The class of all values of the function, obtained by taking all possible arguments, will be called the range of values, or range of the dependent variable.« (Church, 1941, 1)

Hempel und Oppenheim bezeichnen die nomologischen Propositionen als *general laws* oder *causal laws*. Der *cause*-Begriff hier ist nicht im Sinne einer Ereigniskausalität (*token*) zu verstehen, sondern als in die Zukunft gerichtete *type causality* (Halpern 2016, 2). Ansonsten entspricht die Intuition des D-N-Modells in Bezug auf den Gesetzesbegriff ganz der kausalitätskritischen Auffassung, die Mach (1906, 1922), Duhem (1906) und Russell (1912) vertreten, nach denen es in der Physik darum geht, mathematische und symbolische Ideen miteinander in Beziehung zu setzen, und zwar in einer Weise, die mit experimentellen Beobachtungen übereinstimmt. Hempel und Oppenheim (1948) formulieren das Kriterium der experimentellen Übereinstimmung folgendermaßen:

»The explanans must have empirical content; i.e., it must be capable, at least in principle, of test by experiment or observation.« (Hempel & Oppenheim, 1948, 137)

Das Explanans, also die Anwendung der Funktion auf ein Argument, ermöglicht empirische Vorhersagen. Es existiert eine symmetrische Beziehung zwischen Erklärung und empirischer Vorhersage (Hempel, 1965, 367).

Hält man sich etwa die zeitliche Abfolge eines Experiments vor Augen, leuchtet die symmetrische Beziehung von Erklärung und experimenteller Vorhersage im Sinne Hempels unmittelbar ein. Demonstriert eine Chemielehrerin etwa vor der Schulkasse die Knallgasreaktion (»Wenn ich Wasserstoff mit Sauerstoff verbinde und es entzünde, gibt es eine Explosion, und es entsteht Wasser. Ich verbinde Wasserstoff mit Sauerstoff. Ich entzünde es. Es gibt einen Knall, und hier ist Wasser.«), dann handelt es sich anfangs um eine Vorhersage, deren Eintreten unmittelbar in der Wirklichkeit beobachtet werden kann. Der Schluss ist jedoch der gleiche wie bei der Erklärung. Bei einer solchen experimentellen Demonstration wird in der Theorie ebenfalls ein Argument auf eine Funktion angewandt, während in der Praxis ein Ereignis – entsprechend dem Produktionsaspekt der Kausalität – durch eine Manipulation herbeigeführt wird. Auch für das Turm-Schatten-Beispiel lässt sich eine solche Demonstration bewerkstelligen, etwa indem bei einem Modell die Schattenlänge entweder über die Höhe des Objekts (etwa mit einem Teleskopstab) oder über den Winkel des Lichtstrahls manipuliert wird.

Abschließend möchte ich hervorheben, dass sich das Schema von Warum-Frage und objektiver wissenschaftlicher Erklärung in die Schlussform des *modus ponens* bringen lässt. Die Theorie von Hempel und Oppenheim wurde daher auch als *explanations-as-arguments*-Ansatz bezeichnet (Ruben, 1990, 197). Ich interpretiere das materiale Konditional $H \rightarrow E$ hier als Schema einer Funktion: H steht für den Parameter x der Funktion, also für den Platzhalter der jeweiligen Eingabe, E für den Output, also das, was ausgegeben wird, wenn die Funktion aufgerufen wird. Die zweite Prämisse, die Randbedingung, gibt H als tatsächlichen

Input an, sodass E folgt. Diese Übereinstimmung von Funktion mit dem materialen Konditional entspricht der Korrespondenz von Programm und Argumentschema bzw. der *propositions-as-types*-Auffassung (Curry, 1934; Howard, 1980; Wadler, 2015). Eine Erklärungsantwort auf eine Warum-Frage lässt sich daher in die logische Argument-Form bringen:

(Explanandum)	Warum E ?
(Explanans)	$H \rightarrow E$
	H
	—————
	Darum E .

Erklärungen sind jedoch nicht einfach nur als formale Schlussregeln aufzufassen, da das Explanans zumindest prinzipiell durch Experiment oder Beobachtung überprüfbar sein muss (Hempel, 1965, 354–359).

5.3 Asymmetrie-Problem und Typadäquatheit

Das Asymmetrie-Problem hat maßgeblich dazu beigetragen, das D-N-Modell für die Analyse des Erklärungsbegriffs aufzugeben. Das Asymmetrie-Problem besteht darin, dass unklar ist, warum sich die nomologischen Sätze des Schemas nicht auch in der entgegengesetzten Richtung anwenden lassen, obwohl die logische Form des Schemas diese Umkehrung erlauben müsste. Im Folgenden werde ich zunächst am Begriff der Erklärung zeigen, wie das Asymmetrie-Problem entsteht, wenn im Begriff der wissenschaftlichen Erklärung die Typadäquatheit nicht beachtet wird. Dazu werde ich zunächst die zwei Verwendungen des Verbs im Deutschen erklären:

- (i) X erklärt Y .
- (ii) Person B erklärt Person A etwas.

Die Verwendung (ii) drückt den intersubjektiven Aspekt von Erklärungen aus. Wir sagen zum Beispiel: Die Enkelin erklärt der Großmutter das Sonnensystem. Oder: Der Polizist erklärt dem Autofahrer die Verkehrsregeln. Oder: Ein Mensch erklärt einem anderen Menschen sein Verhalten usw. Die Verwendung (i) drückt den objektiven Aspekt von Erklärungen aus. Alltägliche Beispiele wären etwa: Die Turmhöhe erklärt die Schattenlänge. Oder: Die Tageszeit erklärt das Verkehrsaufkommen. Was an diesen Beispielen zu (i) aber nicht gleich deutlich wird: Dass Y durch X erklärt wird, ist nur dann sinnvoll, wenn man um den betreffenden Zusammenhang bereits weiß. Das bedeutet, dass eine Person, die diesen Satz sagen kann, bereits über eine Theorie in Form der generischen Aussage »X erklärt Y« verfügt, die sie dann im entsprechenden Fall anwendet. Kurz gesagt: Wer den Erklärungsbegriff wie in Beispielen zu (i) verwendet, hat bereits eine Erklärung. Die Warum-Frage spielt darin keine Rolle. Die Regel der Form »X erklärt Y« kann man auch anwenden, ohne eine Frage zu stellen. Gerade wenn man sich das fröckliche Lernen ansieht, wird dies klar. Ohne dass wir Warum-Fragen stellen, vermittelt uns die soziale Umwelt von früh an Regeln in Form generischer Aussagen, auf die wir in den entsprechenden Situationen schnell zugreifen können. Erklärungen ohne originäre Warum-Fragen werden uns instruktiv vermittelt wird. Wir wissen, warum etwas ist, wie es ist, ohne den aufwendigeren Denkprozess gehen zu müssen, eine Frage originär zu stellen und die Antwort zu entwickeln.

Auch bei den Beispielen zu (ii) spielt die Warum-Frage keine Rolle. Es wird einfach ein bestimmtes Schema übermittelt, das dann rigoros und in der richtigen Reihenfolge angewandt werden kann und so zum Ziel führt. Wenn wir zum Beispiel jemandem die Verkehrsregeln erklären, dann führt die Anwendung der Regeln dazu, dass die Person sich im Verkehr einigermaßen sicher bewegen kann. Wenn wir jemandem den Weg erklären, dann erreicht die Person durch die rigorose Ausführung der Schritte das Ziel. Auch eine wissenschaftliche Theorie kann so verstanden werden, nämlich dass nach einigen eingangs gegebenen Definitionen eine bestimmte Menge von Regeln auf unterschiedliche Fälle angewendet werden kann. Es muss dazu gar keine Warum-Frage gestellt worden sein.

Das Zusammenspiel von Warum-Frage und Antwort in der Dialogsituation hingegen vereinheitlicht die beiden Aspekte (i) und (ii):

(iii) Person A fragt: ›Warum Y?‹, Person B erklärt: ›X. Darum Y.‹

Das Schema, das Person B hier demonstriert, beantwortet vollständig die Warum-Frage, die gestellt wurde, genau dann, wenn das Explanandum aus dem Explanans folgt. Das, was erklärt wird, ist in dieser Konstellation tatsächlich das Warum. Die Antwort lautet daher gerade nicht ›X erklärt Y‹, da diese Art der Entgegnung eben nicht erklärt, also kein deduktives Verfahren angibt, dessen rigorose Anwendung zum Ziel führt. Würde diese Antwort trotzdem gegeben, bliebe das Warum unbeantwortet und die Folgefrage müsste lauten: ›Warum wird Y durch X erklärt?‹

Am Turm-Schatten-Beispiel kann man sich diesen Unterschied zwischen der Erklärungsantwort auf eine Warum-Frage und der Instruktion einer Erklärung klarer machen. Die generische Aussage ›Die Turmhöhe erklärt die Schattenlänge.‹ ist zwar als Regel eines Schemas richtig und kann in den entsprechenden Fällen angewandt werden. Sie ist aber keine Antwort auf die Frage, warum der Schatten zu einem bestimmten Zeitpunkt eine bestimmte Länge hat. Die wahre und direkte Antwort auf die Warum-Frage ist vielmehr die Anwendung der Funktion auf das Argument. Der erste Satz des Explanans beschreibt die gesetzesartige Aussage, die letztlich eine mathematische Funktion ist. Man könnte den Satz daher auch umformulieren zu: ›Die Schattenlänge ist der Output einer Funktion f .‹ Dieses Gesetz ist aber nicht die vollständige Erklärungsantwort auf die Warum-Frage, da das vollständige Explanans noch zusätzlich den Argumentterm angibt, sodass die Erklärung auch ausgeführt wird.

Versteht man das Gesetz nur im Sinne einer interventionistischen *type causality*, dann entgeht einem die begrifflich präzisere Funktionsauffassung, die zwar die *type causality* umfasst, aber doch allgemeiner ist und auch Denkprozesse einschließt. Das sogenannte Asymmetrieproblem tritt fast zwangsläufig auf, wenn man gesetzesartige Zusammenhänge als singulär kausal interpretiert. Asymmetrie entsteht, wenn

wir Sätze der Form ›X erklärt Y‹ umkehren. Wir können sagen: ›Die Tageszeit erklärt das Verkehrsaufkommen.‹ Aber es klingt falsch zu sagen: ›Das Verkehrsaufkommen erklärt die Tageszeit.‹ Entsprechend ist eine Krankheit eine Erklärung für ein Symptom, aber das Symptom erklärt nicht die Krankheit usw. Wir können auch sagen: Die Ursache erklärt die Wirkung. Aber kaum: Die Wirkung erklärt die Ursache. Wir können sagen: Die Turmhöhe erklärt die Schattenlänge. Aber kaum: Die Schattenlänge erklärt die Turmhöhe.

Diese Asymmetrie taucht dann auf, wenn man davon ausgeht, dass ein Sachverhalt einen anderen Sachverhalt erklärt. Das ist aber gar nicht der Fall, da, wie gesehen, eine bestimmte Sequenz von Propositionen ein Warum erklärt. Das Warum ist eine bestimmte kognitiv-affektive Einstellung, die eine Person in Form einer Frage ausdrückt. Das, was erklärt wird, ist nicht der Sachverhalt, sondern der Modus des Urteils, das diesen Sachverhalt zum Inhalt hat. Das bedeutet: Ist die Bedingung erfüllt, dass sich die Wahrheit einer Proposition – in einer bestimmten Art und Weise – aus der Sequenz von Sätzen ergibt, dann kann die Erklärungsrichtung auch umgedreht werden. Das heißt am Turm-Beispiel: Resultiert die Turmhöhe daraus, dass eine Funktion auf die Länge des Schattens angewandt wird, dann kann – wie noch genauer zu erläutern ist – auch die Schattenlänge die Turmhöhe erklären. Sehr wohl können wir daher sagen: ›Die Turmhöhe ist der Output einer Funktion f , welche die Schattenlänge als das Funktionsargument aufnimmt.‹

Die Asymmetrie der Erklärungsrichtung wurde gegen das D-N-Modell jedoch immer wieder vorgebracht: Das D-N-Modell liefere kein hinreichendes Kriterium zur Bestimmung des Erklärungsbegriffs, da sich Beispiele gemäß des Hempel-Oppenheim-Schemas formulieren lassen, die aber nicht den beschriebenen Sachverhalt zu erklären scheinen. Jedoch genau das Gegenteil wird am Turm-Schatten-Beispiel evident. Denn die Trigonometrie der Ebene erlaubt es, die Turmhöhe aus der Länge des Schatten zu berechnen, nämlich aus der Funktion

- 4) $\tan(50^\circ)(x) = \text{Turmhöhe}$,

wobei hier, zur Vereinfachung wie oben, der Winkel der Sonneneinstrahlung konstant gehalten wird. Es lässt sich daher ein Schema angegeben, das wieder genau dem D-N-Modell entspricht:

(Explanandum) Warum notwendig $Höhe_{Turm\ a} = 100\ m$?

(Explanans) $f(Länge\ des\ Schattens_{Turm\ a}) = Höhe_{Turm\ a}$
 $Länge\ des\ Schattens_{Turm\ a} = 83,91\ m.$

Darum notwendig $Höhe_{Turm\ a} = 100\ m$.

Das Asymmetrie-Problem entsteht nur dem Anschein nach. Man nimmt an, dass dieser Schluss keine Antwort auf die Frage liefere, warum der Turm 100 m hoch sei. Bei genauerer Betrachtung aber entsteht das Problem der Erklärungsasymmetrie, weil in der konvertierten Version der Warum-Frage das Urteil, welches die Warum-Frage voraussetzt, nicht als apodiktisch, sondern als assertorisch aufgefasst wird.

Dass die Art und Weise des Urteils in der Warum-Frage, auf die mit dem D-N-Modell geantwortet wird, eine andere ist, lässt sich hingegen kenntlich machen, indem man die Modalität explizit macht, indem man vor die Proposition ein *notwendig* setzt. Gegeben der Konstanz eines bestimmten Sonnenwinkels und einer bestimmten Schattenlänge, ist es notwendig, dass eine bestimmte Höhe des Turms angenommen werden muss. Zusätzlich wird die Symmetrie auch daran deutlich, dass die Höhe aller Objekte, die senkrecht zu einer Ebene stehen, notwendig 100 m betragen muss, sofern der Winkel des Sonnenstrahls 50° und die Schattenlänge 83,91 m betragen. Gegeben der Kontrastklasse, die durch einen konstanten Wert (Winkel oder Schattenlänge) bestimmt wird, erklärt also die Schattenlänge die Höhe des Turms. Hempel (1965, 347–354) hat schon früh auf dieses Verständnis von Gesetzen hingewiesen und damit – in Übereinstimmung mit Überlegungen von Mach (1886/1922, 74) – gezeigt, dass das Asymmetrie-Problem nicht im D-N-Modell begründet liegt. Vielmehr kommt es aus der Gewohnheit, den Ursachenbegriff im gewöhnlichen Alltagssinn – d.h. im Produktions- und Abhän-

gigkeitssinn – aufzufassen. Da diese Gewohnheit recht hartnäckig ist, will ich sie hier noch etwas erläutern.

Zunächst einmal sei darauf hingewiesen, dass die Fragen nach der notwendigen Länge des Schatten wie auch die Frage nach der notwendigen Höhe des Turms allesamt kontrastierend sind, und zwar in der Weise, dass die Schattenlänge mit denen anderer Gegenstände oder zu anderen Zeitpunkten verglichen wird. In einem nicht-kontrastierenden Sinn besteht die Antwort auf die Frage einfach darin, das Messverfahren und die Definition der Maßeinheit anzugeben. All diese Fragen präsentieren ein apodiktisches Urteil. Die gleiche Frage lässt sich aber auch im assertorischen Modus stellen. In der alltäglichen Situation könnte eine Person etwa auf einen bestimmten Turm verweisen und fragen: ›Warum ist dieser Turm 100 m hoch?‹

Wie lässt sich diese Frage nun so formulieren, dass das darin enthaltene assertorische Urteil explizit wird? Eine Idee wäre, in der expliziten Formulierung die Höhe von 100 m als ein Prädikat in einer Wahrheitswertfunktion auszuweisen, das durch den betreffenden Turm erfüllt ist:

5) $100\text{-m-Höhe}(\text{Objekt}_{\text{Turm } a}) = \text{WAHR}.$

Die Höhe von 100 m ist dann einfach eine akzidentelle Eigenschaft eines Turms. Zwar hat diese Proposition die gleiche Extension wie der Ausdruck

6) $\text{Höhe des Objekts}_{\text{Turm } a} = 100 \text{ m}.$

In ihrem Sinn – der Intension – unterscheiden sich die beiden Propositionen jedoch: Bei (6) wird eine Messung vorgenommen, bei der die Höhe des Turms variiieren kann. Je nachdem, welcher Gegenstand gemessen wird, verändert sich auch das Resultat der Messung. Bei (5) jedoch ist der Maßstab fix, sodass der Wahrheitswert abhängig vom jeweiligen Individuum entweder FALSCH oder WAHR ist.

Die Art und Weise, wie etwas als behauptet wird, wirkt sich nun auf den Typ der Erklärungsantwort aus. Die Warum-Frage, die ein assertorisches Urteil voraussetzt, schreibe ich in der expliziten Formulierung nun folgendermaßen:

7) Warum kontingenterweise $100\text{-}m\text{-Höhe}(\text{Objekt}_{\text{Turm } a})$ = WAHR?

Die modale Indikation *kontingenterweise* zeigt nun zusätzlich an, was bereits durch die gesättigte Funktion als Sinn ausgedrückt wurde, nämlich dass ein Individuum das Kriterium erfüllt, 100 m hoch zu sein. Um das Warum zu diesem assertorischen Urteil zu erklären, wird daher ein Ereignis oder eine Ereigniskette angegeben, warum die Proposition als wahr beurteilt wird. Es sollte also erklärt werden, warum *irgendein* Turm eine bestimmte Länge hat. Die Antwort erzählt dann eine kausale Geschichte, die nur für dieses individuelle Objekt spezifisch ist. Die Frage kann dann etwa mit der Intention der Architektin beantwortet (>100 war ihre Lieblingszahl.) oder mit dem Bankrott der Bauherren (>Bei 100 m ging das Geld aus.) oder sogar damit, dass nach dem Willen des Bauherren der Schatten am entsprechenden Tag zu einer bestimmten Uhrzeit genau eine Länge von 83,91... m haben soll, beantwortet werden (van Fraassen, 1980, 132–134). Die wahre Antwort ist abhängig von der Welt, in der sich die fragenstellende Person und der Gegenstand ihrer Frage befinden.

Um zu zeigen, dass die Symmetrie vollständig ist, können wir aber auch den propositionalen Inhalt der konvertierten Frage assertorisch auffassen. In diesem Fall steht der in der Frageproposition ausgedrückte Sachverhalt in keinem Kontrast zu einem anderen Sachverhalt. Die Frage lautet dann analog dazu:

8) Warum kontingenterweise $83,91\text{-m-Länge}(\text{Schatten}_{\text{Turm } a})$ = WAHR?

Die Proposition der Warum-Frage ist als assertorisches Urteil herausgestellt. Gegen unsere Gewohnheit geht nun, dass hier der Schatten als individueller Gegenstand aufgefasst wird (irgendein Schatten) und nicht in einem generischen Sinn. Da die Schattenlänge sich aus der Funktion, die mit den Eingangswerten Winkel und Objekthöhe gespeist wird, ergibt und dadurch immer im Zusammenhang mit diesen Werten steht, ist es unmöglich, von einem Schatten als Individuum zu sprechen. Dennoch können wir auf einen beliebigen Schatten in unseren Urteilen wie auf einen Einzelgegenstand Bezug nehmen. Dass dies möglich ist, liegt nun daran, dass auch der »individuelle« Schatten eine kausale Geschichte hat, durch die er in Raum und Zeit verwirklicht ist. In diesem Fall ist dann der *cause* die Höhe des Turms, sodass eine Erklärungsantwort in diesem Sinne lauten würde: »Weil das der Schatten dieses Turms zum Zeitpunkt *T* ist.« Die Frage (8) kann daher also auch in einem *token*-Sinn beantwortet werden, was natürlich gegen unsere Gewohnheit geht, da wir einen variablen Schatten kaum als einen Einzelgegenstand auffassen, während wir das mit einem zeitlich starren Turm natürlich tun.

Letztlich ist es der Gleichlaut der Frage, der den epistemischen Unterschied zwischen *token*- und *type*-Erklärungen verschleiert, sofern über die Art und Weise des Urteils der Sinn der Frage nicht explizit gemacht wird. Es ist daher hilfreich, bei *token*-Fragen auf die Ereignishaftheit des Sachverhalts hinzuweisen. Ereignishaftheit bedeutet, dass die singuläre Situation oder die mögliche Welt, in der sich die fragende Person befindet, für die direkte Beantwortung der Frage entscheidend ist. Für das Turm-Schatten-Beispiel bedeutet das: Aus der Menge aller Schatten (oder Türme) hat die fragende Person einen Einzelgegenstand ausgewählt, für den eine Eigenschaft als wahr behauptet wird. Für dieses Ereignis muss eine Erklärung gefunden werden, die nur für diesen individuellen Fall gilt, also spezifisch ist (z. B. »Weil das der Schatten ist, vor dem du zufälligerweise gerade stehst.«). Bei generischen Propositionen jedoch gilt die Erklärung nicht nur für ein singuläres Ereignis, sondern generell für alle Ereignisse, die unter seinen Begriff fallen. Die Erklärungsantwort ist daher universell und invariant, denn im *type*-Fall sind generische bzw. gesetzesartige Zusammenhänge adäquat, die

für alle Einzelereignisse notwendig sind – und zwar sogar dann, wenn diese noch gar nicht geschehen sind. Im *token*-Fall werden hingegen einfach Ursachen für singuläre Sachverhalte eingefordert. Explanatorisch adäquat sind daher in diesem Fall lokale kausale Faktoren, die kontingent oder zufällig sind. Die Angabe einer Kette vergangener Ereignisse, die zu dem zu erklärenden Ereignis geführt hat, entspricht dann auch Lewis' (1986) Definition der Erklärungsantwort:

»Here is my main thesis: to explain an event is to provide some information about its causal history.« (Lewis, 1986, 217)

Ein anderer Begriff für diesen Typus von Antworten auf Warum-Fragen wäre die genetische Erklärung (Hempel, 1965, 447–453) oder *leading-up*-Erklärungen (van Fraassen, 1980, 124). Der Grund für die Asymmetrie wird bei diesen kausalen Erklärungen offensichtlich: Da potenziell unendlich viele verschiedene Weltverläufe zu dem einen Ereignis führen können, lässt sich umgekehrt nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit aus dem Ereignis zurücksließen, was zu seiner Verwirklichung geführt hat. Das ist bei den *type*-Erklärungen insofern anders, da bei diesen nicht ein akzidentelles Ereignis erklärt wird, sondern vielmehr ein dispositionaler Fakt. Bei ihnen ist der Zusammenhang unabhängig von der kontingenten Welt, in der sich die Fragenstellenden befinden. Sie sind invariant hinsichtlich der möglichen Welt.

Ich denke, es ist nach dem bisher Gezeigten angemessen, zu sagen, dass die Asymmetrie der Erklärung kein Einwand gegen die Geltung des Hempel-Oppenheim-Schemas als Modell wissenschaftlicher *type*-Erklärungen ist. Die Erklärungsasymmetrie bleibt aber dennoch für die kausalen Erklärungstheorien relevant (also für *token*-Fragen). Das Problem der Gegenbeispiele, die sich auf Asymmetrie berufen, wie auch des D-N-Modells ist jedoch, dass sie die unterschiedlichen Modi des Urteils und den Zusammenhang von Warum-Frage und Antwort nicht berücksichtigen. Dadurch entgeht ihnen die deduktiv-funktionale Beziehung zwischen Warum-Frage und *type*-Erklärungsantwort und die Reichhaltigkeit des menschlichen Warum-Fragens wird einseitig zugunsten ihrer *token*- oder *type*-Aspekte verengt.

Die grundlegende erkenntnistheoretische Frage gerät dadurch wieder in den Blick: Auf *type*-Erklärungen zielende Fragen sind, wie gesagt, *kinda curious*. Sie befähigen zu einem generellen Verstehen der Welt und ermöglichen abstrakten Sinn und die Erkenntnis universaler Zusammenhänge. Damit ist zwar nicht gesagt, dass wissenschaftliches Warumfragen ausschließlich nach *type*-Erklärungen sucht. Auch die Warum-Fragen, die assertorische (und problematische) Urteile als Subjekt enthalten, ermöglichen Erkenntnis. Für die Begriffsbestimmung der wissenschaftlichen Erklärung ist jedoch essenziell, die jeweiligen Sinnebenen zu unterscheiden und das Kriterium der Typ-Adäquatheit zu beachten.

Die mangelnde Unterscheidung hinsichtlich der Modalität des Urteils war schon in der ursprünglichen Fassung des D-N-Modells angelegt, da es dem dialektisch-interrogativen Aspekt von Erklärungen kaum Beachtung geschenkt hat. Wird aber der intersubjektive Verstehensaspekt ausgeblendet, dann bleibt auch die Notwendigkeit einer Relevanzrelation – *the respect-in-which a reason is requested* – unreflektiert. Nur ist diese Relevanzrelation nicht etwas rein Subjektives oder Pragmatisches, sondern ihre Präzisierung zeigt, dass der Begriff der Relevanzrelation auch logisch-semantisch untersucht werden kann. Auf diese Weise fundiert die epistemische Empathie im Dialog, die darin besteht, den Modus des Urteilens zu unterscheiden, die Objektivität und Universalität des wissenschaftlichen Erklärungsbegriffs. Der Begriff der Begründung oder des Beweises, also das, »worauf im tiefsten Grunde die Berechtigung des Fürwahrhalts« (Frege, 1884/1986, 15) beruht, zeichnet sich dann dadurch aus, dass eine Person vollständig versteht, warum sie selbst oder eine andere Person eine Überzeugung wahrhaft hat, selbst wenn die Person diese wahre Überzeugung nicht unmittelbar aus der Beobachtung schließen kann.

5.4 Anforderung an *type*-Erklärungen: Beweisbarkeit

Alle adäquaten und direkten Antworten auf Warum-Fragen sind Erklärungen, jedoch sind nicht alle Erklärungen Antworten auf Warum-Fra-

gen. Der Grund dafür ist, dass es beim Erklären auch darum geht, ein bestimmtes Verfahren oder Prozedere anzugeben, dessen rigorose Anwendung dazu führt, dass der Adressat zum gleichen Ziel kommen muss, wie es das Verfahren vorsieht. Erklären in diesem Sinn bedeutet dann einfach, eine bestimmte Sequenz von Schritten anzugeben, die nacheinander in einer festgelegten Reihenfolge ausgeführt wird, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen.

Der Forderung Hempels, dass der wissenschaftliche Erklärungsbegriff mit einer formalen Definition eines Beweises übereinstimmen muss, wird hierbei entsprochen. Was jedoch in der Definition des Erklärungsbegriffs als ein Schema untergeht, ist der Sinnaspekt der Warum-Frage. Es scheint offensichtlich, dass der generelle Sinn einer Warum-Frage darin besteht, eine Erklärung zu erhalten. Wie gesehen, setzt eine Frage aber immer auch einen spezifischen Sinn voraus und verlangt entsprechend einen bestimmten Typ von Erklärung. Die Schemata, welche ein Warum erklären, können daher nicht in jeder Hinsicht gleich sein, sondern sie müssen sich abhängig vom Sinn der Frage unterscheiden.

Im vorangehenden Abschnitt wurde bereits an der expliziten Formulierung deutlich, dass *type*-Erklärungen, welche dem klassischen D-N-Modell folgen, nicht von der Erklärungssymmetrie betroffen sind. Da das Urteil apodiktisch ist, kann die Antwort auf die Frage ›Warum beträgt notwendig die Höhe des Turms 100 m?‹ durchaus lauten: ›Die Turmhöhe ist – in einer bestimmten Hinsicht – eine Funktion der Schattenlänge x . Wenn $x = 83,91$ m, dann beträgt die Turmhöhe 100 m. Darum ist der Turm notwendig 100 m hoch.‹

Dass wir eine solche Umkehrung als ungewohnt empfinden, kommt daher, dass wir bei Fragen, die ihre Modalität nicht explizit machen, die Relevanzrelation der Frage eher auf ein assertorisches Urteil beziehen. Wir haben bei der Frage ›Warum ist der Turm 100 m hoch?‹ tendenziell einen anderen epistemischen Kontext im Sinn. Dass der Verstoß gegen die Gewohnheit und dadurch die Asymmetrie nur dann empfunden wird, wenn man die Fragerichtung direkt umkehrt, wird deutlich, wenn man stattdessen die Art und Weise des Urteils in den Vordergrund stellt.

Dazu kann man einen Kontext konstruieren, in der eine solche Frage und Antwort vollkommen Sinn machen. Angenommen eine Person B

deutet auf einen Turm und behauptet: ›Die Höhe des Turm ist notwendig 100 m.‹ Da aber Person B die Höhe des Turm weder direkt gemessen hat noch geraten haben kann und auch sonst über keine Hintergrundinformation zum Turm verfügt, wundert sich Person A: ›Warum kannst du als notwendig wahr behaupten, die Höhe des Turm betrage 100 m?‹ Person B kann dann gemäß des D-N-Modells antworten, indem sie die entsprechende Funktion angibt und die Randbedingung als Argument aufruft. Es besteht dann kein schematischer Unterschied zur inversen Frage ›Warum ist der Schatten notwendig 83,91 m lang?‹

Dies leuchtet noch mehr ein, wenn man sich Hempels Vorhersagekriterium vor Augen hält. Denn genau wie die Schattenlänge ohne direkte Messung vorhergesagt werden kann, so kann auch die Turmhöhe ohne Messung vorhergesagt werden (die Messung bestätigt lediglich die Vorhersage). Das Schema von Frage und Antwort bei der *type*-Erklärung verhält sich dann also symmetrisch.

Es ist klar, dass in beiden Fällen der Winkel der Sonneneinstrahlung bekannt sein muss, um die Antwort geben zu können. Voraussetzung war schließlich, dass die Frage den Ordnungsrahmen hinreichend präzisiert. Dass diese Bestimmung des Ordnungsrahmens anhand der Kontrastklasse wichtig ist, wird nun ebenfalls nochmal deutlich. Denn die Frage nach dem Warum der Länge des Schattens könnte auch so gestellt werden, dass die Schattenlänge zu einem bestimmten Zeitpunkt von der Schattenlänge zu anderen Zeitpunkten abweicht. In diesem Fall ist die Schattenlänge eine Funktion des Winkels der Sonneneinstrahlung. Die inverse Frage ›Warum ist notwendig der Winkel = 50°?‹ wird dann ebenfalls gemäß D-N-Modell beantwortet, wobei die Funktion dann lautet:

$$9) \quad \tan^{-1}(x) = \text{Winkel}_{\text{Sonneneinstrahlung}}$$

Der Eingabewert x wird bestimmt durch das Verhältnis von Turmhöhe zu Schattenlänge (was sich aus der Definition der Tangensfunktion ergibt, deren Inversfunktion hier als Gesetz angegeben wird). Diese Randbedingung ist aber unabhängig davon, welche Länge (von Schatten und Turm) in der physikalischen Welt gemessen wird. Sobald der Winkel fix ist, können Turm oder Schatten beliebig groß oder klein sein. Es han-

delt sich um eine dimensionslose Größe oder eine Größe der Dimension 1, die keine Einheit benötigt, da diese sich herauskürzt (Kurzweil, 1999). Es spielt dann keine Rolle, ob der Schatten variiert oder der Turm, da beide notwendig in einem symmetrischen Verhältnis stehen. Die Frage »Warum ist notwendig der Winkel = 50°?« wird also gar nicht mehr durch Ereignisse in der physikalischen Welt beantwortet, sondern allein durch die vorausgesetzten Werte.

In der Geschichte der Wissenschaftstheorie wurde in Folge der Gegenbeispiele, die sich auf Asymmetrie berufen, die funktionale oder deduktiv-nomologische Auffassung von Erklärungen als Antworten auf *type*-Warum-Fragen zu Gunsten von kausalen Erklärungstheorien aufgegeben. Dies wurde auch damit begründet, dass die kausale Asymmetrie (»die Krankheit erklärt das Symptom«, »der Sonnenaufgang erklärt den Hahnenschrei«, siehe dazu etwa Simon & Rescher, 1966) ein besseres Kriterium liefere, um den Erklärungsbegriff zu explizieren. Grob gesagt bedeutet das auf das Turm-Schatten-Beispiel übertragen: Die Schattenlänge kann über die Turmlänge variiert werden, aber nicht die Turmhöhe über die Schattenlänge. Die Analyse der Warum-Frage zeigt aber, dass solche Variationen in der mathematisch-geometrischen Abstraktion sehr wohl bewerkstelligt werden können.

Zwar geht die *type*-Warum-Frage über das Gegebene der Sinneserfahrung hinaus, denn sie erklärt nicht die Wirklichkeit singulärer Ereignisse, sondern die Apodeixis des Urteils, also seine Beweisbarkeit. Sie wird aus ebendiesem Grund nicht kausal beantwortet, sondern deduktiv mit der Anwendung einer Funktion auf ein Argument (während die kausale Antwort lediglich sagt, dass eine Funktion existiert). Das Kriterium der Beweisbarkeit besagt nun nichts anderes, als dass das Explanandum nicht nur aus dem Explanans folgt, sondern dass auch ein Verfahren angegeben werden kann, mit dem nachvollziehbar und deduktiv gezeigt wird, warum die Evidenz aus der Hypothese folgt. Das bedeutet, dass das Warum nicht nur empirisch begründet, sondern auch deduzierbar sein muss.

In der Argumentdarstellung folgt das Explanatum aus dem Explanans und das Schema von *type*-Warum-Frage und Erklärungsantwort entspricht dem *modus ponens*:

(Explanandum) Warum E ?

(Explanans) $H \rightarrow E$

H

Darum E .

Am Turm-Schatten-Beispiel kann man sich klarmachen, dass die Variablenbuchstaben H und E , verstanden als Hypothese und Evidenz, nicht einfach vertauscht werden können. Sie haben eine feste Bedeutung innerhalb des Schemas, d.h. das Antezendens ist immer als Hypothese und das Sukzendentz immer als Evidenz aufzufassen. Auch bei der symmetrischen Frage ›Warum ist der Turm notwendig 100 m hoch?‹ hat also die Proposition, welche die Höhe des Turms beschreibt, die Funktion der Evidenz, und die Proposition, welche die Länge des Schattens beschreibt, die Funktion der Hypothese.

Oben hatte ich schon angesprochen, dass ein weiteres Kriterium der *type*-Erklärung ihre Beweisbarkeit ist. Diesen Beweis einzufordern, bedeutet also, einen Wahrmachern für das Gesetz einzufordern. Dies geschieht mit der Warum-Frage nach der Geltung der nomologischen Funktion. Die Antwort zeigt dann abstrakt und universell, dass E aus der Annahme H deduktiv hergeleitet werden kann (im Schema durch die Pünktchen angedeutet, Vorbild ist hier die Einführungsregel in Gentzens natürlichem Schließen, Wadler, 2015).

(Explanandum) Warum $H \rightarrow E$?

(Explanans) H

...

E

Darum $H \rightarrow E$.

Das Kriterium der Beweisbarkeit bedeutet informell und im Alltagskontext, dass die befragte Person eine Begründung angeben kann, warum die Wahrheit der Evidenz aus der Wahrheit der Hypothese folgt. Hier eine informelle Definition des Beweisbegriffs:

»A proof in mathematics, much like a proof in any other area, is an argument one gives in order to convince others (and often one's self) of the correctness of one's assertion. The need to prove an assertion stems from doubts about its truth. In mathematics, unlike in many other areas, the standards of proof demand that every assertion can be given a conclusive proof, that is a proof beyond any doubt. It is the absolute certainty provided by rigorous proof that sets mathematical knowledge apart from all other kinds of knowledge, including the sciences.« (Movshovitz-Hadar, 2001, 2)

An dieser informellen Definition des Beweisbegriffs lässt sich nun bereits der intersubjektive Charakter und die Bezogenheit auf einen epistemischen Akteur erkennen (»convince others«), die ich oben hervorgehoben habe, um den objektiv-logischen Aspekt der Warum-Frage zu explizieren. Der Unterschied zwischen einer Alltagserklärung und ihrer Begründung zu objektiv-wissenschaftlichen Erklärungen und Begründungen liegt nun darin, dass Letztere rigoros, präzise und explizit sind, während Erstere informell, vage und implizit sind. Dennoch müssen auch Alltagserklärungen und ihre Begründungen, um die Warum-Frage zu beantworten, prinzipiell deduktiven Regeln folgen, sodass niemand sie vernünftigerweise bestreiten kann. Das bedeutet, dass eine auch direkte und wahre Antwort auf die *type*-Warum-Frage im Alltag potenziell auf abstrakte Gesetzmäßigkeiten zurückgeführt und rigoros bewiesen werden kann.

Hempel (1965, 335) macht selbst auf den epistemisch-intersubjektiven Aspekt von Warum-Fragen aufmerksam. Dazu unterscheidet er zwischen *explanation-seeking-why-questions* einerseits und *reason-seeking* oder *epistemic why-questions* anderseits. Eine *explanation-seeking-why-question* hat für Hempel folgende Form:

- Warum ist es notwendig wahr, dass p ?
- Warum notwendig p ?

Eine *reason-seeking* oder *epistemic why-question* hat hingegen Formen wie

- Warum sollte angenommen werden, dass p ?
- Was sind die Gründe dafür, p zu glauben?
- Warum sollte ich p glauben?

Antworten auf epistemische Warum-Fragen liefern nach Hempel eine Begründung oder Rechtfertigung für eine bestimmte Überzeugung. Antworten auf erkläzungssuchende Warum-Fragen hingegen liefern eine Erklärung für ein bestimmtes empirisches Faktum. Jedoch, wie Hempel anmerkt, sind diese beiden Formen von Warum-Fragen miteinander verbunden: Eine adäquate Antwort auf eine erkläzungssuchende Warum-Frage (›Warum p ?‹) ist potenziell auch eine Antwort auf die korrespondierende epistemische Warum-Frage (›Was sind die Gründe, um zu glauben, dass p ?‹). Für Hempel gilt dies im umgekehrten Fall jedoch nicht: Der Grund zu glauben, dass p , ist nicht hinreichend dafür, dass p (Hempel, 1965, 368).

Der letzte Satz ist natürlich richtig: Nur weil jemand glaubt, dass p , ist p nicht wahr. Daher ergibt sich hier auch für Hempel eine Asymmetrie. Jedoch lässt sich diese etwas abschwächen: Ein Symptom erklärt nicht die Krankheit, aber es kann ein Hinweis sein, dass jemand glaubt oder annimmt, dass eine bestimmte Krankheit vorliegt. Die Anzeige am Barometer erklärt nicht den Luftdruck, aber der Wert, den wir am Barometer ablesen, ist ein Indikator für den tatsächlichen Luftdruck. Im Alltag würden wir daher eher sagen: ›Wie kannst du wissen, dass die Höhe des Turms 100 m beträgt?‹ statt ›Warum beträgt die Höhe des Turms 100 m?‹ Die Evidenz für eine Hypothese erklärt nicht ihre Wahrheit, aber sie ist eine Spur oder ein Anzeichen dafür.

Beim D-N-Modell von *type*-Warum-Fragen und Erklärungsantworten enthält das Explanans nun aber ein abstraktes Gesetz, dessen Geltung beweisbar ist. Durch diesen Beweis kann erklärt werden, warum das Urteil notwendig wahr ist. Es existiert also ein Verfahren oder ein

Prozedere, das rigoros verfolgt und mit dem die symmetrische Beziehung zwischen Hypothese und Evidenz demonstriert werden kann. Diese symmetrische Beziehung zwischen dem Wahrsein und der Wirklichkeit aufgrund logischer Gesetzmäßigkeiten erlaubt es bei den *type*-Fragen, dass wir etwas mit größtmöglicher Sicherheit als wahr behaupten können, das uns empirisch aber nicht unmittelbar zugänglich ist. Auch die inverse Warum-Frage muss daher nicht nur in einem assertorischen Sinn verstanden werden. Sie kann vielmehr in einem apodiktischen Sinn verstanden werden, nämlich als Frage, warum ein Mensch notwendig zu einem wahren Urteil kommt. Ohne die Höhe der großen Pyramide direkt gemessen zu haben, kann etwa Thales von Milet ihre Höhe wahrhaft behaupten, weil er ein Gesetz (die Tangensfunktion) oder ein Verfahren (die Anwendung des Strahlensatzes) angeben kann, bei dessen Anwendung jede Person zum gleichen Urteil kommen muss.

In der intersubjektiven Situation mit zwei Gesprächspartnern wird die jeweilige Sinnebene durch epistemische Empathie unmittelbar erfasst, im Zweifelsfall aber aus kontextuellen Informationen oder durch spezifizierende Nachfragen erschlossen. Die pragmatische Dimension der Relevanzrelation geht daher nicht verloren, aber sie wird durch die explizite Formulierung analysierbar. Achinsteins (1984) Einwand, dass sich immer wieder Gegenbeispiele formulieren lassen, sobald der Erklärungsbegriff über objektive, nicht-pragmatische und universelle Kriterien expliziert wird, könnte man daher widersprechen. Durch das Kriterium, dass *type*-Erklärungen prinzipiell beweisbar sein müssen, erfüllen sie diesen universellen Anspruch.

Die Anfälligkeit für Gegenbeispiele des klassischen D-N-Modells liegt darin, dass in ihm das Zusammenspiel von Warum-Frage und Erklärungsantwort nicht ausreichend reflektiert wurde. Der Sinn der Frage muss mit erfasst werden, um die adäquate Erklärung geben zu können. Berücksichtigt man diese Unterscheidung verschiedener Modi des Urteils, dann lassen sich auch weitere Einwände gegen das D-N-Modell auflösen.

5.5 Weitere Gegenbeispiele zum D-N-Modell

Ein notorisches Beispiel gegen das D-N-Modell stammt von Salmon (1971, 34), das demonstrieren soll, dass auch irrelevante Erklärungsantworten nach dem D-N-Modell gültig seien:

»John Jones avoided becoming pregnant during the past year, for he has taken his wife's birth control pills regularly, and every man who regularly takes birth control pills avoids pregnancy.« (Salmon, 1971, 34)

Um zu zeigen, dass Salmons Beispiel jedoch keinen Einwand für ein stärker interrogativ gefasstes D-N-Modell darstellt, ist es nötig, Salmons Gegenbeispiel als eine Warum-Frage zu formulieren, wobei ich hier die intentionale Formulierung »vermied es«, die die Sache etwas verkompliziert, zunächst weglassen:

(Q8) Warum wurde Jones, der ein Mann ist, im letzten Jahr nicht schwanger?

Bereits durch die Umformulierung zur Frage wird deutlich, dass an dem Gegenbeispiel etwas nicht stimmt. Denn die Antwort, er nehme die Pille, ist sowohl dann eine illegitime Entgegnung, wenn die Aussage, Jones nehme mit Absicht die Pille, den Tatsachen entsprechen würde, als auch dann, wenn die fragende Person annehmen würde, Männer könnten schwanger werden.

Salmons Gegenbeispiel verdient jedoch eine ausführlichere Analyse, da sich an ihr erkennen lässt, welchen Vorteil der interrogative Ansatz für die Explikation des Erklärungsbegriffs hat. Wie gesagt, hat eine Frage aus Neugier immer einen bestimmten Grund. Sie muss einen Typ von Erklärung voraussetzen und kann nicht unabhängig von diesem analysiert werden. Es stellt sich daher die Frage, welcher Denkprozess im Falle des Jones-Beispiels zum jeweiligen Typ der Frage führen könnte. Ich gehe dafür nun alle möglichen Relevanzrelationen einzeln durch und prüfe, ob Salmons Erklärungsantwort für eine Frage Sinn ergeben kann.

Eine erste mögliche Relevanzbeziehung besteht darin, das Urteil, welches von der Frage vorausgesetzt wird, apodiktisch aufzufassen. Die explizite Frage lautet dann »Warum ist Jones notwendig nicht schwanger?« Als direkte Antwort auf diese Frage kann dann einfach angegeben werden, dass die notwendige Bedingung für eine Schwangerschaft nicht erfüllt war, nämlich dass keine Eizelle in Jones' Körper befruchtet wurde. Eine solche apodiktische Antwort ist jedoch unabhängig davon, ob das Individuum Jones eine Instanz des Begriffs »Mann« oder »Frau« ist. Es geht nur darum, zu erklären, warum notwendig ein Individuum nicht schwanger wurde.

Versteht man die Frage »Warum ist Jones nicht schwanger?« nun aber in einem problematischen Sinn, dann wird ebenfalls klar, dass die Frage nicht in der Weise beantwortet werden kann, wie sie Salmons Beispiel fordert. Bei problematischen Warum-Fragen beschreibt die Proposition eine Beobachtung, die erwartungsverletzend oder anomali ist. Eine solche echte Erwartungsverletzung liegt aber nur dann vor, wenn die fragende Person ernsthaft damit rechnen kann, das Jones schwanger werden könnte. Das wäre der Fall, wenn die fragende Person etwa weiß, dass es sich bei Jones um einen trans Mann handelt, der schwanger werden könnte. Unter dieser Bedingung wäre die Einnahme der Pille auch nach dem D-N-Modell aber tatsächlich eine Erklärung für die Nicht-Schwangerschaft.

Wie verhält es sich aber, wenn die Frage »Warum ist Jones nicht schwanger?« tatsächlich assertorisch in einem *token*-Sinn gestellt würde? Nimmt man also den Fall an, dass eine fragende Person die Frage »Warum ist Jones nicht schwanger?« in einem assertorischen *token*-Sinn stellt, dann kann die Antwort nur sein, dass ein kontingenter Weltverlauf, d.h. eine kausale Geschichte dazu geführt hat, dass Jones nicht schwanger ist, wobei die hinreichende Bedingung in dieser Geschichte sein könnte, dass das Individuum Jones zufällig nicht die Disposition zum Schwangersein hat (weil es nicht die organischen Voraussetzungen erfüllt). Strukturell ist diese Antwort aber nicht verschieden von der Antwort, warum Joana Jones, die eine Frau ist, nicht schwanger wurde. Denn auch hier ist ein kontingenter Weltverlauf denkbar, der dazu geführt hat, dass das Individuum Jones nicht schwanger ist, nur

das in diesem Fall die Einnahme der Pille der Grund für die Nicht-Schwangerschaft sein könnte.

Wie man sehen kann, verwischt Salmons Jones-Beispiel den Unterschied zwischen den Sinnebenen, indem es unklar lässt, in welcher relevanten Beziehung eigentlich die Warum-Frage gestellt ist. Salmons Gegenbeispiel scheitert jedoch, egal, welche Fragevoraussetzung wir annehmen. Sogar wenn man davon ausgeht, dass die Frage von einem jüngeren Kind gestellt wird, das sich wundert, warum Jones, der ein Mann ist, nicht schwanger werden könnte, und das von den organischen Voraussetzungen nichts weiß, kann die Antwort nicht lauten, dass er die Pille nimmt. Stattdessen muss die antwortende Person die Präsposition der Frage korrigierend zurückweisen – und zwar selbst dann, wenn Jones zufällig doch die Pille in schwangerschaftsverhütender Absicht einnimmt. Nimmt man jedoch an, dass Jones die Pille regelmäßig nimmt, um seine Schwangerschaft zu verhindern, dann gibt es nur zwei Möglichkeiten, was der Fall sein kann: Entweder ist Jones der Fall eines Mannes mit der Disposition zur Schwangerschaft und verhütet tatsächlich auf diesem Weg (trans Mann). Dann ist aber auch die Erklärung nach dem D-N-Modell für ihn gültig. Oder er ist in dem falschen Glauben befangen, er könnte schwanger werden, was er wiederum durch Einnahme der Pille zu vermeiden sucht. In diesem Fall wäre die Frage allerdings nur dann auf den Sachverhalt anwendbar, wenn Jones sich die Frage selbst stellt. Dann wäre die Frage aber buchstäblich ohne Sinn, denn sie könnte mit allen möglichen Faktoren in der Antwort adressiert werden. Jones könnte etwa Brokkoli essen oder sich auf den Kopf stellen und dürfte geauso das Feststellen seiner Nicht-Schwangerschaft als Evidenz für die vermeintliche Wirksamkeit seiner Handlung sehen (Hitchcock, 1995).

Bei genauerem Hinsehen funktionieren Salmons Gegenbeispiele nur deshalb, weil sie das nomologische Element im Explanans nicht als generischen Ausdruck, sondern als logische Allaussage auffassen. Logisch gesehen führt das zu Widersprüchen, da einer generischen Aussage nur dann ein Wahrheitswert zugeordnet werden kann, wenn sie individualisiert sind, wenn sie also als Funktion auf einen einzelnen Gegenstand als ihr Argument angewandt wird. Generische Ausdrücke können deshalb erklärend für individuelle Einzelfälle sein: Die Wirkung

der Pille erklärt eine ausbleibende Schwangerschaft. Aber ein individueller Einzelfall ist nicht erklärend für die Geltung einer generischen Generalisierung: Ausbleibende Schwangerschaften sind nicht generell in der Wirkung der Pille begründet.

Die generischen Generalisierungen in Salmons Gegenbeispielen lauten etwa ›Die Pille verhüttet Schwangerschaften‹, ›Erkältungen verschwinden innerhalb einer Woche‹, ›Kochsalz löst sich in Wasser‹, ›Am Broadway gibt es keine Löwen‹ usw. (Salmon, 1971). Salmons Gegenbeispiele sind nun widersprüchlich, weil sie einen einzelnen kontingenten Faktor als Erklärung für die Geltung einer generischen Generalisierung anführen. In den angeblich deduktiv-nomologischen Beispielen erklärt das Grunzen das Fernbleiben von Löwen am Broadway und das Verhexen von Kochsalz seine Löslichkeit in Wasser. Würde man jedoch streng einem interrogrativen Modell folgen, dann kann die Geltung einer generischen Generalisierung wieder nur durch eine weitere Funktion erklärt werden, die auf die generischen Ausdrücke als Argument angewandt wird. Denn Fragen, bei denen generische Urteile Subjekt der Frage sind, wie etwa ›Warum löst sich Kochsalz in Wasser?‹ oder ›Warum gibt es am Broadway keine Löwen?‹, erfordern ihrerseits Erklärungen aus höherer Ordnung (d.h. generischer Funktionen).

Werden solche generischen Generalisierungen aber als logische Allaussagen aufgefasst, dann sind diese relativ leicht anhand von Einzelfällen zu falsifizieren: Kochsalz löst sich zum Beispiel genau dann nicht mehr, wenn die wässrige Lösung gesättigt ist. Gastiert ein Zirkus mit Raubtieren an der 42. Straße, kann es am Broadway auch Löwen geben. Und auch das Konzept einer männlichen Schwangerschaft ist keine logische Unmöglichkeit, wenn man den Fall einer transsexuellen Person annimmt, die sich als Mann identifiziert, aber über die organischen Voraussetzungen für eine Schwangerschaft verfügt.

An den Erklärungsantworten für solche Ausnahmefälle wird deutlich, dass nach dem D-N-Modell die Funktion im Explanans generisch ist. Sie können also nicht durch kontingente Einzelfälle erklärt werden. Deshalb kann der Ausnahmefall, dass Löwen am Broadway sind, nicht dadurch erklärt werden, dass dort gerade niemand grunzt. Ebenso wenig kann der Ausnahmefall, dass Kochsalz sich einmal nicht in Wasser

löst, dadurch erklärt werden, dass Kochsalz zufällig gerade nicht verhext wurde. Sollte also der unerwartete Fall eingetreten sein, dass Jones schwanger ist, kann die Erklärung kaum lauten, er habe zufälligerweise nicht die Pille genommen. Hier zeigt sich, dass das interrogative D-N-Modell keinesfalls zu permissiv ist, sondern objektiv Kriterien liefert, wann etwas als Erklärung gültig ist.

Am Scheitern von Salmons Gegenbeispiel lässt sich aber verdeutlichen, wie die Art und Weise des Urteils, welche die Warum-Frage voraussetzt, die Art und Weise der Erklärung bestimmt. Denn bei den illegitimen Antworten handelt es sich nicht einfach um erlogene oder falsche Antworten, vielmehr resultieren Kategorien wie Falschheit und Lüge daraus, dass gegen die Logik der Frage verstoßen wird. Die Beziehung zwischen dem Warum und seiner Erklärungsantwort ist keine rein subjektive und rein pragmatische Angelegenheit. Vielmehr folgt die Relevanzbeziehung objektiv aus dem Modus des Urteils, welches die Frage voraussetzt. Wird dieser *respect-in-which a reason is requested* durch die antwortende Person ausgelassen, lassen sich leicht widersprüchliche Frage-Antwort-Schemata konstruieren.

Das wird auch an einem weiteren Typ von Gegenbeispielen deutlich, wie etwa jenem von Scriven (1962, 198), welches zeigen soll, dass das D-N-Modell auch dann funktionieren würde, wenn es keine Gesetze zitiert. Auf die Frage

(Q9) Warum ist das Tintenglas umgekippt?

könnte man folgende Antwort gemäß D-N-Modell formulieren:

(Explanans) Wenn ich mit dem Arm gegen das Tintenglas stoße, dann kippt es um.

Ich bin mit dem Arm gegen das Tintenglas gestoßen.

Darum ist das Tintenglas umgekippt.

Hier wird nun aber ein kontingenter Einzelfall wie eine generische Funktion aufgefasst. Die Aussage ›Tintengläser fallen durch Dagegenstoßen um‹ ist jedoch nicht generisch. Tintenfässer fallen aus allen möglichen Gründen um und Umkippen ist auch keine Disposition, die speziell nur Tintengläsern zukommt. Abgesehen von Kugeln und Walzen kippen Gegenstände auf der Erde um, wenn bestimmte Randbedingungen erfüllt sind. Stellt man die Frage also wieder mit einer eindeutigen Relevanzbeziehung, dann verliert das vermeintliche Gegenbeispiel seine Wirksamkeit. Denn die apodiktische Frage, warum Gegenstände unter bestimmten Bedingungen notwendig umkippen, kann sehr wohl mit dem D-N-Modell beantwortet werden. Auch Scrivens (1962) Gegenbeispiel funktioniert also nur, weil der Ordnungsrahmen, den die Frage voraussetzt, vage bleibt.

Die Anfälligkeit für Gegenbeispiele des klassischen D-N-Modells liegt letztlich darin begründet, dass es sich zu sehr als Argumentschema für wissenschaftliche Erklärungen präsentierte und nicht als ein dialektisches Schema für eine Warum-Frage und ihrem Typ der Erklärungsantwort. Denn das Schema von Frage und Antwort ist aufgrund der Adäquatheitsbedingung wesentlich strenger als ein Argumentschema. Sobald die Sinnebene explizit ist, setzt die Warum-Frage voraus, dass sie sinnadäquat beantwortet werden muss. Das bedeutet nicht, dass jedes beliebige Argument, dessen Schlussfolgerung wahr ist und dessen Konklusion die gleiche Extension wie die Proposition der Frage hat, die Erklärungsantwort für die Frage ist.

Auch Achinsteins (1983, 167–170) Gegenbeispiele sind daher wohl nicht wirksam. In diesen Beispielen ist das Explanans wahr und die anderen D-N-Bedingungen sind erfüllt, aber das *explanandum-event* ist nicht aufgrund des *explanans-event* eingetreten, sondern aus einem anderen Grund, der nur empirisch ermittelt werden kann. Bereits an Achinsteins Formulierung des Explanandums als Ereignis (*event*) wird deutlich, dass die Warum-Fragen in den Beispielen auf *token*-Erklärungen zielen. Wie oben erläutert, ist das D-N-Modell jedoch nicht adäquat für Warum-Fragen, bei denen ein singulärer Sachverhalt assertiert wird. Das Eintreten singulärer Ereignisse ist gerade nicht notwendig durch Gesetze determiniert, sondern abhängig vom jeweiligen Weltverlauf.

Dass Achinsteins Gegenbeispiel scheitert, wird besonders augenfällig, wenn man es statt in der Argumentform wie bei Achinstein (1985, 168) in das Frage-Antwort-Schema bringt. Die Frage lautet:

(Q10) Warum starb Jones innerhalb der letzten 24 Stunden?

Das Antwortschema gibt dann an:

(Explanans) Wenn jemand 500 g Arsenik zu sich nimmt, stirbt er innerhalb von 24 Stunden

Jones hat 500 g Arsenik zu sich genommen.

Darum starb Jones innerhalb der letzten 24 Stunden.

Achinsteins Beispiel setzt nun voraus, dass Jones kurz nach der Gift-einnahme vom Bus überfahren wurde. Versteht man das Explanandum als eine echte Frage nach der Todesursache, dann ist das Explanandum, er habe eine tödliche Dosis Arsenik eingenommen, unabhängig von der tatsächlichen Todesursache durch den Busunfall. Der Fragetyp erlaubt alle möglichen Todesursachen als Antwort. Damit aber eine nomologische Erklärung überhaupt als Antwort in Frage kommt, müsste irgendeine Beziehung zwischen dem Explanandum und dem Explanans bestehen (wie etwa beim Turm-Schatten-Beispiel, bei dem durch die explizite Formulierung, der gesetzesartige Zusammenhang eingefordert wird). Diese Beziehung besteht aber nicht, da die Frage des *token*-Typs lediglich voraussetzt, dass irgendeine kausale Geschichte zu dem Ereignis geführt hat. Daran ändert dann auch das deduktive Schema nichts. Auch dieses Gegenbeispiel verliert also seine Wirkung, weil es das Kriterium der Typenadäquatheit missachtet.

5.6 Das D-N-Modell als Erklärungstyp

Die Anfälligkeit des klassischen D-N-Modells für Gegenbeispiele liegt darin begründet, dass es den Verstehensaspekt – oder besser: den Sinn-

aspekt – in der Analyse unberücksichtigt gelassen hat. Begrenzt man das klassische D-N-Modell auf Warum-Fragen, die aus epistemischer Neugier gestellt werden und auf nomologische Erklärungen zielen, dann trägt es Machs (1906) Auffassung Rechnung, nach der der mathematische Funktionsbegriff viel besser als der Ursachenbegriff geeignet ist, um die Abhängigkeit messbarer Größen darzustellen. Die kausalen Erklärungstheorien stehen jedoch in der Typentheorie der Erklärung nicht im Widerstreit mit der funktional-nomologischen Erklärungsauffassung. Es handelt sich bei den kausalen Ereigniserklärungen schlicht um einen anderen Typ von Erklärung, der aus einer anderen Sinnebene oder einem anderen Modus des Urteils in der Frage resultiert.

In der pragmatischen Betrachtung entspricht der Sinn der Warum-Frage van Fraassens (1980) Begriff der Relevanzrelation, die er als *the respect-in-which a reason is requested* bestimmt. Jedoch gründet die Relevanzrelation nicht ausschließlich in sozialen Handlungen von Individuen im Dialog oder in der individuellen psychologischen Neugier. Vielmehr beschreiben umgekehrt die logisch-semantischen Gesetzmäßigkeiten im Mechanismus der Warum-Frage die unterschiedlichen Facetten der menschlichen Neugier.

Jedoch wird auch die individuell psychologische Neugier durch die Typen-Theorie der Erklärung repräsentiert. Die problematischen Urteile, bei der etwas stark der Erfahrung widerspricht, führen zu jenen *how-possibly*-Fragen, die Hempel beschreibt. Auch diese subjektiven Fragen sind Bestandteil des wissenschaftlichen Entdeckungsprozesses. Sie markieren genau jenen Punkt im Prozess des Experimentierens, bei dem es nicht klar ist, ob sich hinter der Anomalie ein bisher unentdecktes universales, gesetzesartiges Phänomen verbirgt oder ob es sich bloß um ein lokales *token*-Ereignis handelt. Bei diesen Fragen ist die Relevanzrelation subjektiv oder psychologisch, da dem Individuum nur die eigene Abweichungserfahrung bewusst ist. Die Relevanzrelation ist aber nur so lange subjektiv, bis genügend Information zur Verfügung stehen, um festzulegen, ob es sich um eine *token*- oder *type*-Warum-Frage handelt.

Nach Piagets Theorie wäre dieses problematische Urteil bei Kindern vorherrschend, da nach der genetischen Theorie die Sinnebenen in der

Kindheit noch vermischt seien. Jedoch ist diese starke Verwunderung auch in der frühen Kindheit nicht der einzige oder der ursprüngliche Modus (vor-)wissenschaftlichen Fragens, wie etwa Isaacs argumentiert. Der problematische Modus ist einer neben zwei weiteren Modi des Fragens, wobei der vorherrschende Modus epistemische Neugier ist. Die Typentheorie der Erklärung verweist auf ein Spektrum kognitiver Gefühle oder kognitiv-affektiver Einstellungen, welches sich von geringer Verwunderung (assertorisch) hin zu einer starken Verwunderung (problematisch) erstreckt und dessen Mittelpunkt von den apodiktischen Urteilen bzw. *type*-Warum-Fragen markiert wird. Von welcher Art der jeweilige kognitive Zustand ist, kann durch die Analyse der Frage offengelegt werden.

Bereits Hempel (1965, 347–354) zeigt, dass das Asymmetrie-Problem nicht im D-N-Modell begründet liegt. Vielmehr kommt es aus unserer Gewohnheit, den Erklärungsbegriff im gewöhnlichen Alltagssinn – d.h. im Produktions- und Abhängigkeitssinn – aufzufassen. Kausale Erklärungen sind jedoch nicht notwendigerweise der Erklärungsmodus, auf den das D-N-Modell Bezug nimmt. Das D-N-Modell verweist vielmehr auf einen abstrakten, mathematisch-geometrischen Zusammenhang. Hempel nennt unter anderem das Beispiel, dass bei einem Pendel die Schwingungsdauer durch die Länge des Pendels erklärt werden kann. Das Gesetz für das einfache Pendel ermöglicht es aber auch umgekehrt, die Länge des Pendels aus der Dauer des Schwingungsdurchgangs abzuleiten. In beiden Fällen erfolgt die Schlussfolgerung in der Form des D-N-Modells. Die Asymmetrie entsteht, weil wir in der physikalischen Wirklichkeit die Länge des Pendels nach Belieben verändern und so die Schwingungsdauer als abhängige Variable kontrollieren können, während das umgekehrte Verfahren nicht möglich ist (Hempel, 1965, 352–353).

Wie ich in diesem Kapitel gezeigt habe, verschwinden solche Asymmetrien (die bei Fragen des kausalen *token*-Typs relevant sind) jedoch, wenn die Fragen entsprechend präzise formuliert werden, sodass sie den Modus des Urteils explizit machen. Es sind Warum-Fragen, die ein apodiktisches Urteil verlangen und daher unabhängig von der Erklärungsrichtung *reason-seeking* oder epistemische Warum-Fragen sind. In

Ergänzung zum klassischen D-N-Modell treten damit bestimmte kognitiv-affektive Einstellungen in den Vordergrund, die eine Person bei solchen Fragen haben muss. Anhand des Typs der Proposition lässt sich dann rückschließen, was der Grund der Frage ist und in welchem Sinn sie beantwortet werden muss. Mit Hilfe der Typenunterscheidung wird explizit, was in der oberflächlichen Betrachtung von Warum-Fragen leicht übersehen wird und mit den Begriffen ›Kontext‹ und ›epistemischer Status‹ vage und unanalysiert bleibt: ein spezifischer Modus des Urteils bzw. eine bestimmte Art und Weise, einen Sachverhalt in der Frage auszudrücken. Eine explizit formulierte Warum-Frage hingegen vermittelt ein objektives Kriterium, welcher Typ von Erklärung für das jeweilige Warum angemessen ist. Die Frage, die sich nun anschließt, ist, wie die epistemische Neugier, die solche abstrakten Erklärungstypen verlangt, genau beschrieben werden kann.

6. Thaumázein

Platons *Menon* (79e–86c) fragt, wie folgender Satz wahr sein kann:

»Der Satz nämlich, dass es also einem Menschen weder möglich ist, zu suchen, was er weiß, noch, was er nicht weiß; denn er würde ja wohl nicht suchen, was er weiß, – denn er weiß es ja, und für so jemanden ist eine Suche überflüssig – noch, was er nicht weiß, – denn er weiß ja nicht, wonach er suchen soll.« (Platon, *Menon*, 80d-e, 2018, 19)

Das vermeintliche Paradoxon verweist auf das grundsätzliche Problem der wissenschaftlichen Neugier. Neugier ermöglicht uns Erkenntnis. Wie ist es aber zu begründen, dass Neugier uns Erkenntnis verschafft, die wir als wahr, universell und objektiv gültig erachten? Welches Kriterium leitet unsere Suche nach Wissen? Menons Satz macht dieses Dilemma deutlich: Eine Person, die Wissen sucht, muss bereits wissen, wonach sie fragt, da sie nur so in der Lage ist, die Antwort zu überprüfen und zu beurteilen. Ohne ein solches Kriterium würde jede beliebige Antwort als Antwort genügen.

Für Platons Sokrates ergibt sich das Kriterium aus angeborenen logisch-geometrischen Prinzipien. Setzt man jedoch ein »implizites Wissen« (Polanyi, 1983) voraus, stößt man auf das Problem, dass auch die logisch-geometrischen Prinzipien einem neugiergetriebenen Entdeckungsprozess unterliegen:

That certainly can never be thought innate, which we have need of Reason to discover, unless as I have said, we will have all the certain

Truths, that Reason ever teaches us, to be innate.« (Locke, 1690, I, II, § 9/1975, 52)

Da nicht alle sicheren Wahrheiten angeboren sein können, schließt Locke, dass der Verstand allein durch die sinnliche Erfahrung angeregt wird und die logisch-geometrischen Prinzipien ebenfalls der Erfahrung entstammen müssen. Jedoch auch hier entsteht das Problem, das sowohl Leibniz (1765, I, 1, §19/1999, 45–47 und II, 9/1999, 102–109) als auch Piaget (1974, 77) herausstellen: Lockes Auffassung in Bezug auf das Urteilen ist zu passiv. Sie kann die aktive Rolle des Verstandes nicht erklären. Die Information der Sinnesdaten reicht nicht aus, um Sinn und Bedeutung unserer abstrakten Begriffe zu erklären, wenn der Verstand einfach als Rezeptor aufgefasst wird (Piaget, 1973a, 101).

Eine weitere Möglichkeit, dem Problem der wissenschaftlichen Neugier zu begegnen, ist der Ansatz Piagets, nach der sich die Erkenntnisfähigkeit stufenweise aus der Anpassung des Organismus an seine Umwelt entwickelt. Die Neugier ist dann Ausdruck eines Ungleichgewichts zwischen den internen Schemata und der äußeren Erfahrung, welches der Organismus wieder auszugleichen sucht, indem er neue Informationen als Hinweise nimmt, um seine inneren Repräsentationen zu akkommodieren (Piaget, 1967/1992a, 175–176).

Piagets Stufentheorie hat jedoch zur Folge, dass die objektiven Kriterien logisch-empirischer Rechtfertigung verschwinden, wenn sie allein in der biologisch bedingten Psychologie des Individuums verortet werden. Nicht nur – wie Hempel betont – brauchen wir aber für die objektiven Wissenschaftsdisziplinen objektive Begriffe des Beweises und der Erklärung, sondern wir brauchen auch einen objektiven Begriff der Neugier: einen Begriff des Warums, mit dem sinnvoll zu sagen ist, warum wir Menschen von früher Kindheit nach Erklärungen suchen, die eine Erkenntnis gesetzmäßiger Zusammenhänge versprechen.

In den vorangegangenen Kapiteln habe ich argumentiert, dass eine explizierte Warum-Frage ein objektives Kriterium vermittelt, welcher Typ von Erklärung für das jeweilige Warum angemessen ist. Wenn aber eine Frage nach einer deduktiv-nomologischen Erklärung gestellt wird, was genau hat die fragenstellende Person dazu veranlasst, diesen Typ

von Frage zu stellen? Warum fragt sie mit Interesse jenes wissenschaftliche Warum? Welche *objektive* Motivation hat die wissenschaftliche Neugier?

Das Problem der Neugier stand in der Erkenntnistheorie selten im Vordergrund (Inan, 2017). Dabei weist die menschliche Neugier eine Besonderheit aus, die sie für die Erkenntnistheorie besonders betrachtenswert macht:

»Human curiosity is perhaps the only kind of curiosity that finds its expression in language in the form of a question.« (Inan, 2017, 40)

Erst die Psychologie des 20. Jahrhunderts stellt die Neugier explizit in den Fokus. Berlyne (1954) formuliert in seiner *Theory of Human Curiosity* dazu grundlegende Gedanken, die von folgenden Metafragen ausgehen:

»The first question is why human beings devote so much time and effort to the acquisition of knowledge. [...] The second question [...] is why, out of the infinite range of knowable items in the universe, certain pieces of knowledge are more ardently sought and more readily retained than others.« (Berlyne, 1954, 180)

Berlyne führt dazu den Begriff der *epistemic curiosity* ein. Die epistemische Neugier ist abgegrenzt von der *perceptual curiosity*, die sich mehr auf die Neuheit eines Stimulus bezieht. Epistemische Neugier dagegen zeichnet sich durch gedankliche Konflikte bzw. durch seltsame oder überraschende Sachverhalte aus. Sie ist darauf aus, *meaning responses* hervorzurufen, d.h. sie manifestiert sich in Fragen (Berlyne & Frommer, 1966; Berlyne, 1954).

Um den Begriff der epistemischen Neugier zu explizieren, rücken kognitive Emotionen wie Überraschung, Verwunderung, *puzzlement* in den Vordergrund. Sie stehen für Zustände, die auch immer wieder mit der Warum-Frage in Verbindung gebracht wurden. Für Aristoteles kommt die Motivation, Erklärungen zu finden und dadurch Wissenschaft zu betreiben, aus dem mentalen Zustand des *thaumázein* – der Verwunderung (*Metaphysik*, II 2, 982b17-22). Sully (1896), Piaget (1923)

und Isaacs (1930) greifen dies auf und argumentieren, dass Kinder ihre Warum-Fragen aus einem Zustand der Verwunderung heraus stellen.

Im Folgenden möchte ich den mentalen Zustand der Verwunderung oder der epistemischen Neugier genauer untersuchen und Überlegungen anstellen, wie sich erklären lässt, dass der eigentlich subjektive Zustand der epistemischen Neugier oder der Verwunderung zu Warum-Fragen und schließlich zu abstrakten Erklärungen führt. Ausgangspunkt ist der Begriff des *thaumázein*. Ich verstehe den mentalen Zustand des epistemischen Warums als ein Gefühl aus einem Spektrum kognitiver Gefühle, zu denen auch Glaubensgrade oder Grade von Überraschung gezählt werden können. Diese kognitiven Gefühle wurden mit dem bayesianischen Wahrscheinlichkeits- und dem shannonschen Informationsbegriff mathematisch beschrieben. In der kognitiven Psychologie können damit induktive Schlussformen modelliert werden. So beschreibt etwa die Informationstheorie, wie das »Gefühl« der subjektiven Überraschungserwartung durch informationsermittelndes Fragenstellen verringert wird (Ruggeri & Feufel, 2015; Ruggeri & Lombrozo, 2015).

Für die Warum-Frage haben sich die bisherigen Formalisierungen aber als unzureichend erwiesen. Das in der Warum-Frage ausgedrückte »vague puzzlement« (Belnap & Steel, 1976) fällt nicht in jene Kategorie Überraschungszuständen und Überzeugungszuständen, wie sie sich in nicht-explanatorischen Fragen ausdrücken. Es stellt sich daher die Frage, wie jener Zustand des *thaumázein* gefasst werden kann und unter welchen Bedingungen er ausgelöst wird.

6.1 Kognitive Gefühle

Der Begriff des kognitiven Gefühls stammt von Scheffler (1981). Gopnik (1998) sieht ebenfalls die Freude an der Verifikation oder das Gefühl der Überraschung als grundlegende Antriebe für die Bildung von Theorien an. Erklärungen lösen eine Spannung und hinterlassen ein Gefühl von Befriedigung:

»My hypothesis will be that explanation is to theory-formation as orgasm is to reproduction.« (Gopnik, 1998, 102)

Gopnik (1998) zitiert eingangs Hobbes' Leviathan, in dem die epistemische Neugier als menschliche Leidenschaft und zugleich als Distinktionsmerkmal zu den Tieren bestimmt wird:

»Desire to know why, and how, CURIOSITY; such as is in no living creature but Man: so that Man is distinguished, not only by his Reason; but also by this singular Passion from other Animals; in whom the appetite of food, and other pleasures of Sense, by predominance, take away the care of knowing causes; which is a Lust of the mind, that by a perseverance of delight in the continual and indefatigable generation of Knowledge, exceedeth the short vehemence of any carnal pleasure.« (Hobbes, 1651/1929, 44)

Die evolutionspsychologische Auffassung, nach der die Neugier ein funktionaler Trieb sei, der unser Überleben sichert, ist biologistisch, unterscheidet sich aber von der Auffassung Piagets, die differenzierter und auch erklärender ist. Denn die von Piaget beobachteten Prozesse von Assimilation und Akkommodation werfen ein Licht auf die kognitiv-affektiven Vorgänge, die zum Warumfragen führen. Wird die intellektuelle Neugier hingegen nur als eine *Passion* oder als ein Trieb beschrieben, mit dem der Organismus etwa Unsicherheit in seiner Umgebung verringert, dann bleibt unerklärt, wie die logischen Schemata eigentlich zustande kommen. Für Piaget liegt der Ursprung der operativen Schemata in der Bewegungsaktivität. Diese Auffassung lässt sich jedoch kritisieren, weil die sprachliche Dimension herausfällt (Rotman, 1977). Schon die kindliche Neugier drückt sich in Sprache aus und Fragen gehören zu den frühesten sprachlichen Äußerungen. Es scheint daher vielversprechender zu sein, die kognitiven Gefühle verschiedener Fragetypen zu differenzieren und in Verbindung mit der dialogischen Situation zu untersuchen.

Bromberger (1992) liefert im Hinblick auf die Dialogsituation und das kognitive Gefühl eine interessante Überlegung zur Etymologie des Wortes Erklärung bzw. *explanation*:

»People who contemplate a question with regard to which they are in a *p-predicament* are prone to frown their foreheads, to screw up their faces, to knit their brows, and they usually shed most of these folds and wrinkles and present a smoother countenance upon being told the answer. We know that one who remedies a *p-predicament* often explains in this sense which, if original, is now obsolete. Is this account correct? Perhaps not. (And yet ... the first quotation under ›to explain‹ in the O. E. D. is: ›He must caulk and explain his forehead,‹ 1569; and the second reads ›Their faces are explained and flattered by art.‹ 1650.).« (Bromberger, 1992, 34)

Die etymologische Spekulation zu den Begriffen *Explanation* oder *Explikation* ist gerade vor dem Hintergrund der interpersonellen Situation nachvollziehbar, in welcher Warum-Fragen gestellt und Erklärungen gesucht bzw. gegeben werden. Der Gesichtsausdruck, mit dem das epistemische Gefühl des *p-predicaments* in der Konversation vermittelt oder aufgelöst wird, korrespondiert mit Lautäußerungen (wie »Hm«, »Ah!«, »Aha« usw.). Es wäre durchaus passend, wenn die Bezeichnungen ›Erklären‹ oder ›Ex-Planation‹ auf das Glätten der Stirn verweist. Bromberger sieht diesen epistemischen Zustand ebenfalls im Kontext wissenschaftlicher Entdeckung:

»The search for and discovery of scientific explanations, we think, is essentially the search for and discovery of answers to questions that are unanswerable relative to prevailing beliefs and concepts. It is not, therefore, merely a quest for evidence to settle which available answer is correct, it is a quest for the unthought-of.« (Bromberger, 1966, 91)

Ausgehend von Bromberger kann man nun aber eine Unterscheidung vornehmen, die bereits an Isaacs (1930) Differenzierung verschiedener Typen der Abweichungserfahrung deutlich wurde und die auch den

Unterschied zwischen dem problematischen und dem apodiktischen Modus des Urteils in der Warum-Frage markierte, nämlich den Unterschied zwischen einer Verwunderung oder Irritation aufgrund einer Normverletzung einerseits und einer Verwunderung andererseits, die ohne Normverletzung auskommt und die sich nahezu anlasslos mit einem Phänomen beschäftigt. Es ist der Unterschied zwischen einer psychologischen Verwunderung, die eher als eine ›Irritation‹ oder ›Anomalieerfahrung‹ zu charakterisieren ist, und einer epistemischen Verwunderung, die mehr ein scharfsinniges, fragendes Nachdenken über die Beziehung verschiedener Größen ist.

Bei der ersten läuft ein beobachteter Fakt einer Theorie oder einem Konzept unerwartet und grundsätzlich zuwider. Bei der zweiten besteht jedoch zwischen vorhandenen Konzepten oder Theorien eine Unvereinbarkeit, deren Zusammenhang und Passung aber durch einen Ordnungsrahmen hergestellt werden kann. Phänomene, die in diesem Sinne verwundern, verlieren ihre verwunderungsauslösende Wirkung auch durch Kenntnis einer Erklärung nicht. Sie sind bei genauerer Betrachtung immer wieder interessant (*kinda curious*). Sie sind ›an sich‹ und allgemein erstaunlich. Die erste Art der Verwunderung ist individuell psychologisch und subjektiv, d.h. sie kann für eine Person gänzlich seltsam und widersprüchlich sein, einer anderen aber vollkommen normal erscheinen. Die zweite Art der Verwunderung ist objektiv und universell. Jeder Mensch empfindet sie bei genauerer Betrachtung interessant und bedenkenswert.

Hempels (1965, 427) Beispiel für die psychologisch-subjektiven *how-possibly*-Fragen veranschaulicht die normverletzende Irritation an einem Scherzartikellöffel, der zu schmelzen beginnt, sobald er in heißen Tee getaucht wird, der aber nicht mehr seltsam erscheint, wenn wir erfahren, dass er aus Gallium besteht, und wissen, dass Gallium schon bei knapp 30 °Celsius zu schmelzen beginnt. Ein Beispiel für die epistemische Verwunderung hingegen wäre die Verwunderung darüber, dass Metalle und generell Stoffe verschiedene Schmelzpunkte haben, verbunden mit der Neugier, wie dies zu erklären sei. Auch und gerade wenn wir die Erklärung kennen, erscheint das Phänomen der verschiedenen Eigenschaften von Materie doch immer wieder erstaunlich.

Die kognitiven Gefühle sind in der jeweiligen Situation aber durchaus verschieden.

Dennoch werden die beiden Zustände der Verwunderung oft miteinander gleichgesetzt. Wenn wir im Alltag etwa von Verwunderung sprechen, dann tun wir dies meist im Sinne von ›starker Befremdung‹. Wir bezeichnen solche Erkenntnissituationen als ›Anomalien‹ und meinen damit ›Abweichungen von der Norm‹, ›Unregelmäßigkeiten‹ oder ›Merkwürdigkeiten‹. Susan Carey (1985) etwa charakterisiert das natürliche Lernen in der Kindheit als einen *conceptual change*, der durch ›Anomalien‹ ausgelöst wird – analog zum Theoriewandel in der Wissenschaftsgeschichte (Kuhn, 1962/2012). Jedoch kann die Erfahrung von Anomalien den wissenschaftlichen Fortschritt kaum allein begründen. Anomalien tauchen erst dann auf, wenn bereits Normen und Gesetze etabliert sind.

Kahneman und Miller (1986) zielen mit ihrer Normtheorie ebenfalls auf die Anomalieerfahrung. Nach der Normtheorie wird die Warum-Frage ausgelöst, wenn wir eine Information erhalten, die im Konflikt zu dem steht, was wir als normal erwarten:

»The why question implies that a norm has been violated.« (Kahnemann & Miller, 1986, 148)

Auch Kahnemann und Miller differenzieren nicht ausdrücklich zwischen verschiedenen Typen der Verwunderung. Sie machen aber darauf aufmerksam, dass die Normverletzung (und das gilt für beide Typen der Verwunderung) nicht rein privat, sondern erst in der kommunikativen Interaktion zweier Personen zutage tritt, d.h. in der Dynamik von Frage und Antwort.

Linguistische Evidenz dafür, dass die Normverletzung der Warum-Frage immer relativ zum epistemischen Zustand einer anderen Person erfahren wird, ergibt sich für Kahnemann und Miller (1986) daraus, dass eine Warum-Frage mit einer Warum-sollte-nicht-Frage bzw. Warum-sollte-Frage beantwortet werden kann. Zwar bedürfen nicht alle Warum-Fragen einer solchen Gegenfrage (meines Erachtens gilt dies insbesondere für die Fragen aus universeller Neugier), dennoch verweist die

Möglichkeit des Gegenfragens auf die dialogische Situation. Diese kann als Hinweis dienen, dass eine Erklärung sich primär nicht auf ein in der Frage angesprochenes Ereignis oder einen Sachverhalt bezieht, sondern auf den epistemischen Zustand des Fragenden:

»We suggest that why questions (at least those of the deniable variety, for which ›why not? is a sensible answer) are not requests for the explanation of the occurrence or nonoccurrence of an event. A why question indicates that a particular event is surprising and requests the explanation of an effect, defined as a contrast between an observation and a more normal alternative. A successful explanation will eliminate the state of surprise.« (Kahnemann & Miller, 1986, 148)

Dass das kognitive Gefühl der Überraschung bei Erklärungen eine Rolle spielt, war auch schon von Scheffler (1981) bemerkt worden. Es lässt sich jedoch leicht einwenden, dass ein überraschendes oder seltenes Ereignis nicht notwendigerweise erklärbungsbedürftig ist. Gerade jene Warum-Fragen, die nach nomologischen Erklärungen suchen, beschäftigen sich mit Dingen, die uns vertraut (wie etwa die Erfahrung der Gravitation oder das Blau des Himmels) und die gerade deswegen nicht überraschend sind. Das Erklärungsbedürfnis nach *type*-Erklärungen kann daher nicht allein aus Überraschung erfolgen.

6.2 Der mentale Zustand des *thaumázein*

Ein ähnlicher Ansatz, wie der mentale Zustand der Neugier nach Erklärungen auch psychologisch-mental gefasst werden kann, findet sich bei Gärdenfors (1988). Unter Bezugnahme auf Sintonen (1984) wird dort der Erklärungsbegriff ebenfalls relativ zum epistemischen Zustand des Fragenden bestimmt.

Das kognitive Gefühl der Überraschung spielt in Gärdenfors' Beschreibung eine zentrale Rolle:

»The cognitive dissonance is here measured by the surprise value of the explanandum, and the degree of ›cognitive relief‹ corresponds to the reduction in this surprise value provided by the explanans.« (Gärdenfors, 1988, 169)

Gärdenfors' Überlegung enthält zwei wichtige Elemente. Das erste Element ist das probabilistische Erklärungskriterium, nach dem die subjektive Wahrscheinlichkeit von E , verstanden als Evidenz oder Effekt, geringer sein muss als die subjektive Wahrscheinlichkeit von E , gegeben einer Erklärungshypothese bzw. einer Ursache H (Carnap, 1962, § 60; Good, 1960; Suppes, 1970). Das bedeutet nichts anderes, als dass eine Beobachtung genau dann weniger überraschend ist, wenn wir ihre Erklärungshypothese kennen. Das zweite Element ist Gärdenfors' Idee, den kognitiv-affektiven Zustand des Warums als eine »kognitive Dissonanz« (Festinger, 1957) aufzufassen.

Der Begriff der Dissonanz geht über den Begriff der Überraschung hinaus und ist deshalb hier von besonderem Interesse. Eine Dissonanz in der Musik ist zum einen auflösungsbedürftig (Bharucha, 1984). Sie unbeantwortet zu lassen, führt zu einem wachsenden Gefühl von Instabilität und Vergänglichkeit, wie es etwa in Charles Ives' *The Unanswered Question* (Bernstein, 1981; Ives, 1908/1998) zu hören ist, oder zu einem Gefühl wachsender Spannung und Erregung. Eine musikalische Dissonanz vermittelt auch ein kreatives Moment. Ihre Spannung weckt eine bestimmte Erwartung, ein Wissen darüber, dass sie in einer bestimmten Weise aufgelöst werden muss, aber auch, dass eine gewisse Freiheit besteht, wie dies geschehen kann. Der Gegensatz von Konsonanz und Dissonanz ist essentielles Element einer musikalischen Semantik (Bernstein, 1981). Analog dazu vermittelt die epistemische Warum-Frage eine Erwartung auf eine Erkenntnis oder Einsicht, die verblüfft oder fasziiniert, und die zu weiteren Fragen anregt. Die Warum-Frage vermittelt aber ebenfalls eine schöpferische Freiheit innerhalb bestimmter Grenzen.

Für Aristoteles bedeutet, Erkenntnis von etwas zu haben, das Warum einer Sache zu erfassen. Die Motivation, Erklärungen zu finden und da-

durch Wissenschaft zu betreiben, kommt aus der Verwunderung (*thaumázein*):

»Denn Verwunderung (*thaumázein*) veranlaßte zuerst wie noch jetzt die Menschen zum Philosophieren, indem man anfangs über die unmittelbar sich darbietenden unerklärlichen Erscheinungen sich verwunderte, dann allmählich fortschritt und auch über Größeres sich in Zweifel einließ, z.B. über die Erscheinungen an dem Monde und der Sonne und den Gestirnen und über die Entstehung des All. Wer aber in Zweifel und Verwunderung über eine Sache ist, der glaubt sie nicht zu kennen.« (*Metaphysik* II 2, 982b17-22/Aristoteles, 2010, 42)

Der Begriff der Verwunderung – *thaumázein* –, der auch für Platon (*Theätet*, 155c) den Anfang der Philosophie markiert, hat eine geometrisch-musikalische Bedeutung, auf die Aristoteles explizit hinweist: Was Verwunderung auslöst, so Aristoteles, ist etwa die Inkommensurabilität und Irrationalität der Diagonale (*Metaphysik* II 2, 983a15). Hat das Seitenmaß eines Quadrats die Länge 1, so ist die Diagonale gleich der Quadratwurzel aus 2. Misst man aber die Diagonale mit dem Maß 1, dann ist die Seite des Quadrats irrational, nämlich gleich $1/\sqrt{2}$. Diagonale und Seite eines Quadrats sind also nicht beide mit einer ganzen oder gebrochen rationalen Zahl messbar. Der Begriff der Inkommensurabilität ist in seinem Ursprung identisch mit dem Begriff der Asymmetrie:

»The adjective ›commensurable‹ is the Anglicized form of the Latin *commensurabilis*, which is itself a loan-translation of the Greek σύμμετρος. The corresponding Greek abstract noun σύμμετρία comes to us as ›symmetry‹ via the Latin transliteration *symmetria*. Thus, though having different meanings today, ›commensurability‹ and ›symmetry‹ are cognate words, even doublets, in the sense of deriving from the same Greek source.« (Pierce, 2017, 6)

Der Begriff der kognitiven Dissonanz erhält im Hinblick auf die antike Auffassung zur Warum-Frage noch größere Bedeutung als motivierendes Gefühl der Warum-Frage, denn die Irrationalität der Diagonale mit

ihrem Verhältnis $1/\sqrt{2}$ entspricht in der Musik dem Tritonus. Dieses dissonante Intervall strebt wie kein anderes nach Auflösung und ist gleichzeitig ein Spielplatz schöpferischer Möglichkeiten:

»And the Dissonances will be extremely harsh, in case the Times of the Vibrations are incommensurable. And of such this is one; When one of two Strings, Unisons, is sounded with such a Part of another, as is the Side of a Square of its Diagonal; which Dissonance is like to the *Tritone* or *Semi-diatente*. » (Galilei Galileo, 1638/1734, 151)

Für Aristoteles besteht das Wissen des Geometrikundigen nun gerade darin, sich nicht mehr über diese Inkommensurabilität zu wundern, sondern die Erklärung zu kennen. Ein einfacher geometrische Beweis, auf den Aristoteles vermutlich anspielt, stützt auf jene geometrische Figur, die in Platons Menon dazu dient, die Falschheit von Menons eristischer Schlussfolgerung zu beweisen (Corry, 2015, 52–55; Knorr, 1975, 26–28). Es stellt sich nun weiterhin die Frage, wie sich aus diesen beiden Elementen – Überraschung und Dissonanz – für die fragenstellende Person eine Warum-Frage ergibt. Um hierfür einen möglichen Ansatz zu entwickeln, ist es nötig, zuerst den Zusammenhang zwischen dem Gefühl von Überraschung und unseren Schlussweisen herauszustellen.

6.3 Logik der Entdeckung

Platons Auffassung im Menon, nach der wir, sobald wir uns aus Neugier die Frage stellen, auch schon den Schlüssel zur Lösung gefunden haben, kann dahingehend weitergeführt werden, dass der Prozess des Verwunderns selbst schon eine Art des Schließens ist. Dieses Schließen wäre als eine Operation zu verstehen, welche das Suchen objektiv-wissenschaftlicher Erkenntnisse durch das Aufwerfen von Fragen erst ermöglicht. Versteht man den Verwunderungszustand des epistemischen Warums als eine Schlussweise, ergibt sich ein Zusammenhang mit der Schlussweise der Abduktion:

»Of course, the most obvious case where abduction is explicitly called for are ›Why‹ questions, inviting the other person to provide a reason or cause.« (Aliseda, 2006, 44)

Der Begriff der Abduktion ist eng verbunden mit der Unterscheidung, den Begriff ›Erklärung‹ – statt aus einem deduktiven Schema heraus – aus der Dynamik des Fragenstellens zu explizieren: Es ist ein Unterschied, ob die wahre und direkte Antwort auf eine Warum-Frage von einer anderen, wissenden Person unmittelbar gegeben werden kann oder ob die Erklärung durch ständiges Fragen neu gedacht wird. Diesen Unterschied zwischen allgemeinem Wissen und kreativer Entdeckung lässt sich mit dem Begriffspaar der Erklärung als ›Produkt‹ und der Erklärung als ›Prozess‹ (Chin-Parker & Bradner, 2010; Lombrozo, 2012; Sintonen, 1993) beschreiben. Bei der Erklärung als Produkt steht die Antwort gewissermaßen schon fest und die antwortende Person kann sie potenziell in einem Lehrbuch nachlesen. Bei der Erklärung als Prozess muss die Erklärungsantwort durch das wiederholte Stellen und Neudenken der Frage erst entwickelt oder gefunden werden. Bevor der Inhalt einer Warum-Frage aus dem menschlichen Wissensbestand – aus dem Explanans – deduziert werden kann, braucht es also vorher schon einen Gedankenprozess, in welchem die Frage immer wieder aufgeworfen und schließlich als Explanandum herausgestellt wird.

In der Wissenschaftstheorie wurde das abduktive Vorgehen auch als Logik der Entdeckung bezeichnet, die im Gegensatz zu einer Logik der Rechtfertigung stehe (Paavola, 2004). Popper (1935, 4–5) etwa hat die Möglichkeit einer Logik der Entdeckung (das »Zustandekommen des Einfalls«, Popper, 1935, 4) zurückgewiesen, da sie logisch nicht analyzierbar und die Beschäftigung mit ihr eine Aufgabe der Psychologie sei. Ähnlich argumentiert auch Reichenbach (1938, 7 und 382).

Wie schon beim D-N-Modell gesehen, führt jedoch das Heraushalten der psychologischen Aspekte zu Problemen, schon deshalb, weil auch die kognitive Psychologie auf exakte Modelle angewiesen ist, aber auch umgekehrt, weil die Psychologie als subjektiver Zustand des Fragenden, die Differenzierung von Erklärungstypen ermöglicht, was gerade die objektiven Ansätze stärkt. Bei den subjektiven Schlussweisen

Induktion und Abduktion lässt sich dann auch genau zeigen, wie sich durch richtiges Schließen der subjektive Zustand der Überraschung verändert. Bereits in Peirce (1935) bekanntem Schema der Abduktion nimmt der Überraschungsbegriff eine zentrale Rolle ein:

»The surprising fact, E , is observed; But if H were true, E would be a matter of course, Hence, there is reason to suspect that H is true.« (Peirce, 1935, 117; CP 5.189, Variablenbuchstaben ausgetauscht – A. S., McGrew, 2003)

Eine andere Bezeichnung für Abduktion ist der Begriff *Inference to the Best Explanation* (IBE) nach Harman (1965). Bei der IBE schließt eine Person aus dem Fakt, dass eine bestimmte Hypothese die Evidenz am besten erklären würde, auf die Wahrheit einer Hypothese. Die IBE lässt sich an der Logik aus typischen Detektivgeschichten veranschaulichen (Eco, 1983; Hintikka & Hintikka, 1983). In einer Krimigeschichte muss die ermittelnde Person jede noch so kleine Spur berücksichtigen. Die Spannung des Krimis entsteht dadurch, dass kleinste Auffälligkeiten – Indizien – schließlich zur Lösung des Kriminalfalls führen. In *Der Name der Rose* (Eco, 1983/2004) etwa schließt der ehemalige Inquisitor William von Baskerville allein aus wenigen Spuren, Indizien oder Zeichen auf das Aussehen und den Namen eines Pferdes. Da eindeutige Informationen nur spärlich zur Verfügung stehen, kann jede kleinste Spur der Schlüssel zum Auffinden der wahren Hypothese sein.

»Adso,« William said, »solving a mystery is not the same as deducing from first principles. Nor does it amount simply to collecting a number of particular data from which to infer a general law. It means, rather, facing one or two or three particular data apparently with nothing in common, and trying to imagine whether they could represent so many instances of a general law you don't yet know, and which perhaps has never been pronounced.« (Eco, 1983/2004, 295)

Die Beschreibung aus Eco (1983) ist die Beschreibung einer IBE. Die Inferenzen, zu denen William von Baskerville in der Lage ist, sind nur

aufgrund seines immensen Vorwissens möglich. Weitere Voraussetzung für solche Schlüsse ist sicher eine verwundert fragende Haltung. Jedoch muss es sich bei der detektivischen Logik der IBE um eine andere Art der Erklärungssuche handeln als die im kreativen Erklärungsprozess, bei dem ein gesetzesmäßiger Zusammenhang verschiedener Größen durch das Aufwerfen einer Warum-Frage neu entdeckt wird. Bei der IBE wird die wahre Hypothese aus einem Set bereits bekannter Hypothesen aufgrund ihrer subjektiven Wahrscheinlichkeit herausgepickt. Das bedeutet, dass die Hypothesen im Sinne von Möglichkeiten bereits der fragenden Person implizit bekannt sind. Die Entdeckung gesetzesmäßiger Zusammenhänge aber ist weniger ein Vorstellen von Hypothesen, aus denen dann die wahrscheinlichste heraussticht. Sie ist mehr ein Konstruieren mathematisch-geometrischer Zusammenhänge, die einer logischen Ordnung entsprechen müssen.

Dennoch ist die IBE keine Vorhersage auf das nächste Ereignis. Harman (1965) grenzt die IBE daher von der enumerativen Induktion ab, also etwa dem Schluss von der Zugehörigkeit eines Individuums zu einer Klasse auf eine Eigenschaft des Individuums. Die enumerative Induktion ist also jener Schluss, bei dem zum Beispiel aus der Beobachtung einer bestimmten Anzahl von schwarzen Raben induktiv geschlossen wird, dass der nächste Rabe, den wir beobachten, schwarz ist, oder gar, dass alle Raben schwarz sind (in den Worten Ecos, 1983/2004, 295: »collecting a number of particular data from which to infer a general law«).

Die enumerative Induktion, die eine Vorhersage ist, entspricht so dem Schluss von der Hypothese auf die Evidenz (etwa ›Wenn x ein Rabe ist, dann ist x mit ziemlicher Sicherheit schwarz.‹). Der Schluss auf die beste Erklärung entspricht hingegen dem umgekehrten Schluss von der Evidenz auf die Hypothese (›Wenn x schwarz ist, dann ist es vielleicht ein Rabe.‹), was sie streng genommen zu einer Retroduktion macht (siehe für die abweichende Verwendung von *retroduction* bei Peirce: Pietarinen & Bellucci, 2014).

Der Unterschied zwischen den beiden induktiven Schlussweisen – IBE und enumerative Induktion – spiegelt sich meines Erachtens in einer Unterscheidung der juristischen Beweislehre wieder, nämlich

als Unterschied zwischen Konjektur und Präsumption (Scholz, 2011). Bei der Konjektur werden verschiedene Anhaltspunkte gegeneinander abgewogen, bis eine Hypothese wahrscheinlicher wird. Das entspräche genau dem Vorgehen im Kriminalfall und damit dem Schluss auf die beste Erklärung: Aufgrund einer Vielzahl von Spuren oder Indizien steigt die Überzeugung in eine Erklärungshypothese immer weiter an. Die Präsumption hingegen erlaubt ein vorläufiges Fürwahrthalten bis zum Beweis des Gegenteils. Aufgrund einer Hypothese kann eine relativ sichere Vorhersage gemacht werden. Die Präsumption entspräche daher dem vorläufigen Ergebnis einer enumerativen Induktion.

In der neuzeitlichen Erkenntnistheorie begegnet einem diese Unterscheidung in Leibniz' (1765, IV, 14, § 3/1999, 494) Entgegnung auf Locke. Leibniz kritisiert dort Lockes Verwendung des Urteilsbegriffs:

»Judgement is the presuming things to be so without perceiving it.«
(Locke, 1690, 4, XIV, § 4/1975, 653)

Locke erweitert hier seine Definition, nach der Urteilen das Verbinden oder Trennen verschiedener Ideen durch Bejahren oder Verneinen eines Satzes ist. Da der Urteilsbegriff bereits die Wahrheit oder Falschheit einer Proposition voraussetzt, kann hier jedoch, so Leibniz' Einwand, kaum von einer Präsumption gesprochen werden, da unter Präsumption ein vorläufiges Fürwahrthalten zu verstehen ist. Statt Urteil sei der Ausdruck »Glaube« (*belief*) hier angemessener. Leibniz' Einwand ist auch für die moderne Unterscheidung hilfreich: Denn durch sie kann man klar zwischen einer propositionalen Einstellung (»Ich glaube, dass *p* wahr ist«) und einem logischen Urteil (»*p* ist wahr«) unterscheiden.

Wie Locke in dieser Terminologie fortfährt, äußert die antwortende Person einen *belief*, wenn sie in Bezug auf die Antwort unsicher ist. Diese Unsicherheit in eine Überzeugung kann nach Locke unterschiedliche Grade einnehmen, von fast sicher bis zur Sicherheit, dass ein Ereignis unmöglich ist (Locke, 1690, 4, XV, § 2/1975, 655).

In unserer Alltagssprache werden diese Überzeugungsgrade hinsichtlich einer propositionalen Einstellung durch epistemische Kennzeichnungen ausgedrückt, wie etwa »bestimmt«, »so gut wie sicher«,

›vielleicht‹ oder ›ich vermute, dass ...‹, ›ich glaube, dass ...‹ usw. Die Idee unterschiedlicher Grade von epistemischer Unsicherheit steht dann auch am Anfang der neuzeitlichen Wahrscheinlichkeitstheorie (Scholz, 2011). Mithilfe der induktiven Logik der Wahrscheinlichkeit lässt sich nun zeigen, wie unterschiedliche Grade von Überzeugung und Überraschung mit unseren Schlussweisen zusammenhängen. Mit dem Bayes-Theorem haben wir so ein formales Instrumentarium an der Hand, mit dessen Hilfe sich die induktiven Schlussweisen präziser beschreiben lassen.

6.4 Glaubensgrade

Der Begriff der Wahrscheinlichkeit wird zum einen als ein subjektiver Glaubensgrad interpretiert, zum anderen im Sinne der relativen Häufigkeit von Ereignissen oder Elementen, die zu einer Klasse gehören. Letztere Auffassung lässt sich nach Russell (1948) folgendermaßen präzisieren: Gegeben eine endliche Klasse B mit n Elementen und gegeben, dass m von diesen zu einer Klasse A gehören, dann ist bei der zufälligen Wahl eines Elements von B die Wahrscheinlichkeit, dass es zu A gehört, m/n . Dieses Verhältnis kann aber auch subjektiv als Glaubensgrad oder als Gefühl verstanden werden. Es handelt sich dann um das Gefühl, etwas mit einem bestimmten Grad an Überzeugung zu wissen. Eine Hypothese zu kennen, bedeutet demnach, ihr einen Glaubensgrad zuzuordnen.

Nach diesem Prinzip entspricht der Grad der Überzeugung der Mächtigkeit des Hypothesenraums, der als Menge der möglichen Hypothesen definiert ist:

10) *Menge der Hypothesen* = $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$.

Gibt es n -viele Hypothesen, dann hat der Überzeugungsgrad den Wert $1/n$, sofern kein zusätzliches Wissen vorhanden ist. Die Gleichwahrscheinlichkeit aller Hypothesen ergibt sich aus dem Indifferenzprinzip (auch Prinzip vom mangelnden zureichenden Grunde genannt):

»Wenn keine Gründe dafür bekannt sind, um eines von verschiedenen möglichen Ereignissen zu begünstigen, dann sind die Ereignisse als gleich wahrscheinlich anzusehen.« (Stegmüller, 1959, 3)

Der Grad der Unsicherheit des Glaubens wird als subjektive Wahrscheinlichkeitsfunktion P notiert, deren Wertebereich von 0 bis 1 reicht, wobei der Wert 1 für größtmögliche Sicherheit und 0 für den Nicht-Glauben (*disbelief*) steht (Eriksson & Hájek, 2007). Ein sicherer Glaube in die Hypothese H lässt sich dann notieren mit

$$11) \quad P(H) = 1,$$

was nichts anderes bedeutet, als dass ein beliebiger epistemischer Akteur sicher glaubt, dass die Proposition H wahr ist. Die Komplementärhypothese wird dann entsprechend nicht geglaubt, d.h., sie wird für unmöglich gehalten:

$$12) \quad P(H^\circ) = 0.$$

Entsprechend kann eine Person auch unentschieden zwischen zwei oder mehreren Hypothesen sein, wie es das Indifferenzprinzip vorgibt. Bei genau zwei Hypothesen ist dann

$$13) \quad P(H) = \frac{1}{2}$$

und

$$14) \quad P(H^\circ) = \frac{1}{2}.$$

Der Glaubensgrad in eine Hypothese H nach Berücksichtigung einer Evidenz E , die als beobachtetes Ereignis, Messung oder Wirkung interpretiert wird, wird durch die bedingte Wahrscheinlichkeit $P(H|E)$ beschrieben. Dabei wird der Strich | einfach als »gegeben« oder »unter Bedingung von« gelesen (Jaynes, 2003). Alltagssprachlich wird dieser symbolische Ausdruck verständlich als Satz wiedergegeben: »Ich glaube

mit einem bestimmten Grad, dass die Hypothese H unter der Bedingung von Evidenz E wahr ist. Jede beliebige Hypothese lässt sich so als Annahme vor dem Hintergrund einer Evidenz mit einem bestimmten Glaubensgrad notieren.

Um ein möglichst einfaches Beispiel zu erhalten, kann man sich eine Situation vorstellen, in der Person A vor einem Vorhang steht und einen einzelnen Gegenstand erraten muss, der sich hinter dem Vorhang befindet und der von einer weiteren Person B willkürlich herausgepickt wurde. Diese Person B stellt als glaubwürdige Informantin der Person A Informationen bereit, damit Person A den Gegenstand irgendwann richtig errät. Die epistemische Situation ist die gleiche wie bei dem bekannten Kinderspiel, das auch als *Game of 20 Questions* bekannt ist. Dabei handelt es sich um das Spiel, bei dem eine Person einen Gegenstand erraten muss, den eine andere mitspielende Person ausgewählt hat. Die ratende Person darf dabei nur Satzfragen stellen, wobei das Ziel ist, nicht mehr als 20 Fragen zu brauchen, um den Gegenstand zu erraten. Den Raum der Hypothesen muss also durch möglichst geschicktes Fragen verkleinert werden, bis schließlich die letzte Frage mit Ja beantwortet bzw. der Gegenstand präsentiert wird (Bennaim, 2015).

Hat diese Informantin etwa gerade bestätigt, »es ist schwarz«, dann kann die Person A mit einem bestimmten Maß an Unsicherheit annehmen, »es ist ein Rabe«, sofern die Hypothese »Rabe« Element des Hypothesenraums ist und sie über die Theorie verfügt, dass Raben schwarz sind. Sicher wissen, dass die Proposition wahr ist, kann sie jedoch erst, wenn ihre letzte Frage »Ist es ein Rabe?« wahrheitsgemäß mit Ja beantwortet wurde.

Die Situation, in der etwas nicht direkt und vollständig der Wahrnehmung zugänglich ist, entspricht genau dem Begriff *belief* in der Verwendung von Locke, wobei man mit Leibniz (1765, IV, 14, § 3/1999, 494) präzisieren kann, dass es sich um eine Konjektur handelt. Die Präsumtion drückt sich in dem *belief* aus, bei dem die Evidenz durch die Hypothese bedingt ist, was durch die bedingte Wahrscheinlichkeit $P(E|H)$ ausgedrückt wird.

Alltagssprachlich wird hier der Grad der Überzeugung ausgedrückt, mit dem die Evidenz eintritt, wenn die Hypothese wahr ist. Am Raben-

beispiel würde die ratende Person A sagen: ›Ich bin mir mit einem bestimmten Grad an Überzeugung sicher, dass x schwarz ist, unter der Bedingung der Hypothese, dass x ein Rabe ist.‹ Eine starke Überzeugung in diesen Satz liefert nun den Grund nach, warum die ratende Person annehmen konnte, dass es sich um einen Raben handelt, sofern die gegebene Information lautete, dass der Gegenstand schwarz ist.

Die starke Überzeugung in $P(E|H)$ macht den ausgedrückten Glauben zu einer Präsumption. Der damit ausgedrückte Satz ›Wenn es ein Rabe ist, dann ist es schwarz‹ kann zwar potenziell widerlegt oder abgeschwächt werden, aber er kann bis zum Beweis des Gegenteils für wahr gehalten werden. Der Überzeugungsgrad ist dabei das Ergebnis der Erfahrung. Jede Sichtung eines schwarzen Raben bestätigt, dass die Theorie vorläufig wahr ist.

Das Bayes-Theorem ermöglicht die Lösung des inversen Problems, die *Konjektur* der Hypothese:

$$15) \quad P(H|E) = P(H) P(E|H)/P(E).$$

In der sogenannten hierarchischen Form

$$16) \quad P(H|E, T) = P(H|T) (E|H, T)/P(E)$$

wird mit T eine Theorie, ein generisches Konzept oder das Welt- oder Domänenwissen explizit macht. T kann aber auch für ein höherstufiges Wissen über die jeweilige Domäne stehen. Man spricht bei dieser Darstellung des Bayes-Theorem auch von der hierarchischen Bayes-Regel (Tenenbaum et al., 2011).

In jüngerer Zeit hat das Bayes-Theorem sowohl in der Erkenntnistheorie als auch in der kognitiven Psychologie der Kindheit eine zentrale Rolle gespielt, bei letzterer vor allem im Kontext der Theorie-Theorie (Gopnik et al., 2001, 2004b). Hierarchische Bayes-Netze werden in diesem Ansatz als kausale Karten interpretiert, mit deren Hilfe etwa *common-cause-* von *causal-chain-*Strukturen unterschieden werden (Glymour, 2001; Pearl, 2009; Spirtes, Glymour & Scheines, 1993). In Experimenten mit zwei- bis vierjährigen Kindern wurde etwa gezeigt,

dass jüngere Kinder intuitiv den kausalen Faktor identifizieren konnten, der für einen bestimmten Effekt bei einem unbekannten Spielzeug verantwortlich war (Sobel, Tenenbaum, & Gopnik, 2004). Jedoch löst diese Modellierung frühkindlichen Kausallernens mithilfe hierarchischer Bayes-Netze nicht das Problem, wie jüngere Kinder abstrakte Theorien lernen:

»The conceptual changes that children go through are still more profound than any the computational models can currently explain. Even hierarchical Bayes nets are still primarily concerned with testing hypotheses against evidence, and searching through a space of hypotheses. It is still not clear exactly how children generate what appear to be radically new hypotheses from the data.« (Gopnik & Wellman, 2012, 31)

An Gopniks Formulierung wird deutlich, dass die Modellierung bestimmter Schlüsse mit Hilfe bayesianischer Überzeugungsgrade nicht die ganze Vielfalt unserer Schlussweisen abdecken kann. Wie das epistemische Warumfragen nach abstrakten Erklärungen genau beschrieben werden soll, bleibt unklar. IBE und die Präsumption enumerativer Induktion können mithilfe des Bayes-Theorem modelliert werden, aber wie die *Erklärung als Prozess* vonstattengeht, ist eine offene Frage. Es lässt sich aber vermuten, dass die Logik der Entdeckung vor allem dadurch motiviert ist, dass etwas als ein Problem wahrgenommen wird, das dann wiederum in irgendeiner Form aufgelöst werden muss. Im folgenden Abschnitt möchte ich zeigen, wie Problemstellungen und Überraschungswerte sich in Fragen ausdrücken.

6.5 Information und Überraschung

Es ist interessant zu bemerken, dass Jeffreys (1936, 333), ein Wegbereiter der bayesianischen Methode, schon früh auf den Zusammenhang der bayesianischen Auffassung mit jenem *epistemophilic instinct* oder »Wisstrieb« (Klein, 1932) in der Kindheit hingewiesen hat:

»It appears that inductive inference comes before the notion of reality or of the external world. An object is held to exist because it enables us to co-ordinate certain sensations and to infer others from them.« (Jeffreys, 1936, 325)

Der emotionale Faktor, so Jeffreys, bestimme das Interesse und zeige das Problem an, welches untersucht werden soll. Ein Problem hingegen, das keine Emotion errege, sei keines (Jeffreys, 1936, 333). Harris (2012) berichtet eine Episode, die die kognitive Emotionalität beim Stellen einer Frage veranschaulicht:

»A brief example will illustrate how children managed – via a combination of word and gesture – to pose their question. A mother was unloading her groceries. Her daughter picked up an unfamiliar item, a kiwi fruit, held it toward her mother with a puzzled expression, and said: ›Uh?‹ – apparently seeking to know more about this mystery fruit.« (Harris, 2012, 262)

Die *puzzled expression* des Kindes lässt sich gut mit dem Überraschungsgrad erklären, den die Begegnung mit der unbekannten Frucht auslöst. Nach der Erklärung der Mutter ist die Beobachtung weniger überraschend. Eine Beobachtung verliert an Überraschung, sobald sie mit einem Begriff erfasst ist.

Diesen Zusammenhang von Überraschung und dem Stellen von Fragen in der dialogischen Situation kann man sich wieder am *Game of 20 Questions* klar machen. Es lässt sich nämlich zeigen, dass wir unsere Art und Weise des Fragens je nach Problemstellung anpassen.

In der psychologischen Literatur (Angela, Swaboda & Ruggeri, 2020; Mosher & Hornsby, 1966; Ruggeri & Feufel, 2015; Ruggeri & Lombrozo, 2015) unterscheidet man beim *Game of 20 Questions* zwei verschiedene Typen von Satzfragen. Beim *hypothesis-scanning* wird geprüft, ob eine bestimmte Eigenschaft durch die Gattung erklärt wird. In diesem Fall würde die ratende Person direkt fragen: ›Ist der gesuchte Gegenstand ein Rabe?‹ Beim *constraint-seeking*, der Frage nach der Eigenschaft, lautet die Frage hingegen: ›Ist es schwarz?‹

Es ist klar, dass im Spiel die Methode des *hypothesis-scanning* nur dann angebracht ist, wenn durch eine Reihe von *constraint-seeking*-Fragen der Hypothesenraum verkleinert wurde, sodass die Geltung einer anderen Hypothese nahezu ausgeschlossen ist. Das *constraint-seeking* ermöglicht die Konjektur. Die ratende Person setzt bei der Auswahl der Frage implizit voraus: »Ich habe H_1, H_2, \dots, H_n als Möglichkeiten. Welche Evidenzen verkleinern den Hypothesenraum bestmöglich?« Das *hypothesis-scanning* entspringt dagegen einer Präsumption. Die Person sagt sich dann etwa: »Ich nehme diejenige Hypothese in der Frage an, bei der das richtige Raten am wenigsten überraschend ist.«

Das kognitive Gefühl der Überraschung lässt sich quantifizieren (Baldi & Itti, 2010; Shannon, 1948):

$$17) \text{ Überraschung } (E) = \log_2 (1/P(E)).$$

Demnach ist eine Beobachtung von E (hier gleichbedeutend mit Evidenz) zu einem bestimmten Grad überraschend, wobei der Input dieser Funktion ein bestimmter Glaubensgrad ist. Kann ein Ereignis mit der Wahrscheinlichkeit von 1 sicher erwartet werden, ist die Überraschung entsprechend gleich 0. Mit Hilfe der Shannon-Überraschung kann man nun auch darstellen, wie sich die Überraschung verringert, sobald H bekannt ist. Die folgende Darstellung macht diese Interpretation explizit:

$$18) \text{ Überraschung } (E, H) = \log_2 (P(E|H)/P(E))$$

Diese Darstellung entspricht auch Gärdenfors' (1988) Erklärungskriterium, nach welchem die subjektive Wahrscheinlichkeit von E kleiner ist als die subjektive Wahrscheinlichkeit von E , gegeben einer Erklärungshypothese bzw. einer Ursache H (Carnap, 1962, § 60; Good, 1960; Suppes, 1970). Zu beachten ist allerdings, dass dieses Kriterium nur gilt, solange die wahre Hypothese noch nicht gefunden ist. Ist die wahre Hypothese gefunden, ändert die Evidenz nichts mehr am Überzeugungsgrad in die Hypothese.

Macht man sich nun bewusst, dass die ratende Person die gegebene Evidenz durch Fragen einfordern kann, dann lässt sich anhand dieses epistemischen Gefühls der Intuition quantifizieren, wie viele Fragen zu stellen sind und welche Strategie des Fragens jeweils am besten ist. Das ist die Idee von Claude Shannons Entropie-Begriff. Die Shannon-Entropie (Shannon, 1948) liefert ein Maß für die durchschnittliche Anzahl der Fragen, um eine wahre Hypothese H zu bestimmen. Besteht der Hypothesenraum nur aus zwei Elementen H und H° , dann können wir mithilfe der Funktion

$$19) \text{ Entropie } (H) = P(H) \log_2 (1/P(H)) + P(H^\circ) \log_2 (1/P(H^\circ))$$

ermitteln, dass genau eine Frage (›Ist es schwarz?‹) gestellt werden muss, um die wahre Hypothese zu bestimmen (sofern die Überzeugung in beide Hypothesen gleich groß ist). Mit der darauffolgenden Frage (›Ist es ein Rabe?‹) gewinnen wir dann das Spiel sicher. Die Ja-Antwort trägt dann nichts mehr zur Veränderung des Glaubensgrades bei. Bei einem größeren Hypothesenraum vergrößert sich die Entropie entsprechend, sodass etwa bei vier Hypothesen zwei Fragen gestellt werden müssen usw.

Die Stärke des Informationsgewinns durch die Auswahl einer Klasse von Eigenschaften wird durch das Maß des *information gain* (IG) bestimmt:

$$20) \text{ IG } (H, E) = \text{Entropie } (H) - \text{Entropie } (H|E).$$

Als Regel formuliert: Wähle den Oberbegriff bzw. die Eigenschaften immer unter der Bedingung, dass der *information gain* maximal ist (Oaksford & Chater, 1994; Ruggeri & Feufel, 2015). Die Strategie des *constraint-seeking* ist dann die beste Strategie, wenn die ratende Person zu Anfang davon ausgehen muss, dass alle Hypothesen gleichwahrscheinlich sind. Das ist auch der übliche Beginn des Spiels: Es muss eine Eigenschaft gewählt werden, die möglichst vielen individuellen Gegenständen zukommt, aber wiederum auch nicht zu vielen, da sich dann wieder die Zahl der Fragen unnötig erhöht. Erfüllt man dieses Kriterium, verkleinert sich der Hypothesenraum in der optimalen Wei-

se, sodass man schließlich den Einzelgegenstand durch einen Begriff identifizieren kann. Ist es jedoch wahrscheinlicher, dass der Gegenstand unter einen bestimmten Begriff fällt, dann ist es strategisch klüger, gleich nach der Hypothese zu fragen, indem die ratende Person das *hypothesis-scanning* anwendet (Ruggeri & Lombrozo, 2015). Dieser Typ des Fragens enthält dann die Aufforderung, die Präsumption der Zugehörigkeit zu einer Klasse zu bestätigen.

6.6 Neugier und Überraschungsgefühl

Wir bereits oben erwähnt, liefern die Bayesianische Statistik und die Informationstheorie mathematische Werkzeuge, um kausale Denkprozesse zu modellieren (Gopnik et al., 2001, 2004a). Kognitive Gefühle, die sich als Überzeugungsgrade und Überraschungswerte beschreiben lassen, sind daher auch für die theoretische Rahmung der menschlichen Neugier naheliegend (Jeffreys, 1936, 333). Das empirisch beobachtbare Neugierverhalten jüngerer Kinder sollte dann mit diesen Modellen übereinstimmen. Es sollte also beobachtet werden, dass jüngere Kinder sensibel für statistische Regelmäßigkeiten und Irregularitäten sind. Ferner sollte sich ihre Aufmerksamkeit in Bezug auf Objekte informationstheoretisch beschreiben lassen.

Derartige Vorhersagen stehen in deutlichem Gegensatz zu Piagets Hypothese von der frühkindlichen Präkausalität, die sich darin ausdrückte, dass Kinder kein Konzept vom Zufall hätten und dass es ihnen an der Fähigkeit fehle, Objekte als permanent zu repräsentieren. Tatsächlich hat die Entwicklungspsychologie diese theoretische Auffassungen Piagets aufgrund experimenteller Befunde verworfen. Bower, Broughton & Moore (1971) präsentierten viermonatigen Babys einen Zug, der sich entlang einer Strecke bewegte, wobei die Kinder in der Lage waren, das Objekt mit ihren Augen zu verfolgen. Fuhr der Zug hinter eine Abdeckung, die die Sicht versperrte, richteten die Kinder ihren Blick auf die andere Seite der Abdeckung. Erschien statt des Zugs ein anderes Objekt, zeigten die Babys Anzeichen von Neugier und Interesse.

Maß für das Interesse war die Blickdauer der Kinder. Bei den abweichenden Ereignissen (vertauschtes Objekt, Erscheinen des Objekts an einer anderen Stelle) schauten die Kinder signifikant länger hin. Weitere Studien (Baillargeon, Spelke & Wasserman, 1985) demonstrierten, ebenfalls konträr zu Piagets Auffassung, dass Kinder im Alter von fünf Monaten im Experiment länger hinschauten, wenn der Eindruck erweckt wurde, dass feste Gegenstände durch andere feste Gegenstände hindurchgleiten können. Innerhalb dieses *violation-of-expectation*-Paradigmas werden die Befunde so interpretiert, dass Kinder genau dann länger hinschauen, wenn das Beobachtete ihren Vorkonzepten widerspricht. Nimmt die Blickdauer bei normverletzenden Ereignissen zu, so die Schlussfolgerung, dann weil Vorwissen über die Welt verletzt wird (Baillargeon, 1987, 2008). Spelke und andere (1992) nehmen ausgehend vom *violation-of-expectation*-Paradigma eine innatistische Position ein: Babys hätten schon von Geburt an über ein angeborenes Wissen in Bezug auf die Räumlichkeit und Solidität von Objekten oder die Kontinuität von Bewegungen. Auch Befunde neuerer Studien werden in diese Richtung interpretiert: Stahl und Feigenson (2015, 2017) ließen elf Monate alte Kinder zwischen Spielzeugen auswählen, die in einer vorhergehenden Demonstration entweder ein erwartungsverletzendes Verhalten gezeigt oder nicht gezeigt hatten, wie etwa ein Spielzeug, das in der Luft zu schweben scheint, wenn es über die Tischkante geschoben wird, im Gegensatz zu einem Spielzeug, das erwartungsgemäß herunterfällt. Die Kinder wählten eher die Gegenstände, die sich anomali verhielten und erkundeten diese eher.

Das *violation-of-expectation*-Paradigma hat auch eine Reihe kritischer Entgegnungen provoziert (Haith, 1998; Munakata, 2000; Schöner & Theilen, 2006). Ein wichtiger Einwand ist, dass eine längere Blickdauer nicht den Schluss rechtfertigt, dass Kinder über angeborene Vorkonzepte verfügen. Die Befunde könnten auch so interpretiert werden, dass die Kinder rein perzeptuelle Unterschiede bemerken und deshalb mit längeren Blickzeiten reagieren.

Ohne auf die Details dieser paradigmatischen Debatte einzugehen, lässt sich hier argumentieren, dass gerade der Ausdruck »rein perzeptuell« einen Hinweis liefert, was tatsächlich zu passieren scheint. Denn

man muss die Abweichung oder die Erwartungsverletzung nicht als einen Verstoß gegen ein angeborenes Konzept interpretieren, sondern kann sie auch als gefühlsmäßige, d.h. überraschungsgeleitete Veränderung der *beliefs* ansehen, die eine bestimmte Schwelle überschreitet. Die längere Blickdauer in den entsprechenden Experimenten würde bedeuten, dass Kinder dann etwas bewusst wahrnehmen, wenn es aus der Masse der übrigen Perzeptionen herausragt, d.h. wenn es für sie ein Problem oder einen Gegenstand darstellt, die eine Lösung bzw. einen Begriff verlangen.

Ein Experiment von Xu und Garcia (2008) etwa zeigt, wie der enge Zusammenhang von statistischer Intuition und Veränderung des *beliefs* die Aufmerksamkeit von Kindern steuert. Darin wurde acht Monate alten Kindern eine Schachtel mit weißen und roten Tischtennisbällen in einem Verhältnis von 80 zu 20 vorgestellt. Die Experimentatorin zeigte den Kindern anschließend eine Stichprobenziehung, wobei die gezogenen Tischtennisbälle neben der Schachtel abgelegt wurden. Statistisch zu erwarten wäre, dass die Verteilung der Kugeln in der Stichprobe ungefähr der Verteilung der Kugeln in der Schachtel entspricht. Tatsächlich sahen die Kinder länger hin, wenn – entgegen dieser statistischen Erwartung – eine Stichprobe mit überwiegend roten Kugeln aus einer Schachtel mit überwiegend weißen Kugeln entnommen wurde. Im Gegensatz dazu waren die Blickzeiten der Kinder kürzer, wenn – entsprechend der statistischen Erwartung – eine Stichprobe mit überwiegend weißen Kugeln entnommen worden war.

Es gibt weitere Studien, die zu ähnlichen Befunden gelangen (Denison & Xu, 2010; Kushnir, Xu & Wellman, 2010; Yeung, Denison & Johnson, 2016). Bemerkenswert ist auch, dass Kinder bestimmte sozial-interaktionale Aspekte bei der Beurteilung statistischer Anomalien einbeziehen. Hat die Experimentatorin etwa die Augen geöffnet und blickt während der Stichprobenziehung in die Schachtel, dann sind die Blickzeiten der Kinder nicht signifikant länger – es scheint, dass die Anomalie dann unmittelbar durch die absichtsvolle Handlung der Experimentatorin für die Kinder erklärt wird. Sobald jüngere Kinder (genau wie ältere Kinder oder Erwachsene) also irgendwo länger hinblicken bzw. bestimmte Regionen in ihrem Gesichtsfeld bevorzugen, muss dies nicht bedeuten,

dass die Beobachtung in Konflikt mit einem angeborenen Vor-Konzept steht. Vielmehr könnten bestimmte statistische Muster der über die Sinne vermittelten Eindrücke auch objektiv überraschend im Sinne einer Veränderung der Glaubensgrade sein, die diese Perzepte zum Inhalt haben.

Die statistischen Intuitionen, die schon sehr junge Kinder zeigen, und auch die Fähigkeit, Gegenstände mit ihrem Blick zu verfolgen, ihre Neugier und ihr explorierendes und fragendes Verhalten, lassen sich also durchaus erklären, wenn man diese als Ausdruck eines Überraschungsgefühls deutet, jedoch nicht in der herkömmlichen Auffassung von seltenen Ereignissen, sondern als sprunghafte Veränderungen von Glaubensgraden. In diesem Zusammenhang möchte ich noch einmal auf Berlynes (1954) Begriff der epistemischen Neugier verweisen. Zwei zentrale Aspekte bei Berlyne sind dabei wichtig: Erstens, dass sich die Neugier bei seltsamen oder überraschenden (‘puzzling’) Situationen einstellt, die sich als Fragen ausdrücken (Berlyne, 1954, 13). Und zweitens, dass für Berlyne die größte Aufmerksamkeit an jenem neutralen Punkt zu finden ist, wo eine Erfahrung hinreichend überraschend, aber auch nicht zu überraschend ist.

Beide Aspekte sind für die menschliche Erkenntnisfähigkeit zentral. Die menschliche Besonderheit, Neugier in Form von Fragen dialogisch auszudrücken, wird vor dem Hintergrund der Theorie ostensiv-inferentieller Kommunikation relevant (Kap. 4.1): Zeigegesten, die Kinder ab etwa einem Jahr anwenden, können als Protofragen interpretiert werden, mit der auf saliente, erklärbungsbedürftige Phänomene verwiesen oder ein Gefühl von Überraschung ausgedrückt wird (Southgate, Van Maanen & Csibra, 2007). Diese Beziehung von kognitiven Gefühlen, kognitiver Empathie und Triangulierung im Dialog scheint es zu ermöglichen, dass wir anderen Überzeugungen und propositionale Einstellungen zuschreiben und Abweichungen und Übereinstimmungen feststellen. Letztlich dürften hier unsere normativen Urteile begründet sein, die darüber entscheiden, was korrekt, angemessen oder wünschenswert ist (Baghramian, 2016, 27). Kognitive Gefühle in Verbindung mit Referenzialität und epistemischer Empathie haben so durchaus

Erklärungskraft für die Frage, wie die menschliche Erkenntnisfähigkeit begründet werden kann.

Der zweite Aspekt ist ebenfalls bedeutend: Eine Erfahrung muss hinreichend neu sein, um mit einer bisherigen Erfahrung im Konflikt zu stehen, aber sie darf auch nicht zu seltsam sein, da ihre Problembewältigung dann als zu schwierig erscheint. Die Analyse der unterschiedlichen Relevanzrelationen der Warum-Frage hat bereits über die Modalität des Urteils psychologisch auf ein Spektrum kognitiver Gefühle verwiesen. Dieses Spektrum reicht von geringer Verwunderung (assertorisch) hin zu einer starken Verwunderung (problematisch) und zu einer moderaten, epistemischen Verwunderung bei den apodiktischen Urteilen. Tatsächlich lässt sich ein solcher Punkt in der Aufmerksamkeitsökonomie von Kindern feststellen. Untersuchungen zum sogenannten Goldilocks-Effekt (Kidd, Piantadosi & Aslin, 2012; Kidd & Hayden, 2015) zeigen, dass Kinder im Alter von sieben bis acht Monaten visuelle Stimuli bevorzugen (d.h. sie schauen mit geringer Wahrscheinlichkeit weg), wenn der Informationsgehalt, d.h. der Informationsgehalt oder die Überraschung (*Negative Log Probability* nach Shannon, 1948) weder zu niedrig noch zu hoch, sondern gerade richtig ist.

Gerade richtig bedeutet, dass die Aufmerksamkeit genau dort maximal ist, wo die Shannon-Überraschung gemessen an den jeweiligen Wahrscheinlichkeiten ihren mittleren Wert hat. Der Goldilocks-Effekt könnte daher theoretisch eine Begründung dafür liefern, dass Kinder in der Warum-Phase zwischen den unterschiedlichen Typen des Warums unterscheiden und warum sie den Zustand der epistemischen Verwunderung bevorzugen. Denn wenn der Punkt, der die größte Aufmerksamkeit verdient, genau dort liegt, wo die Dinge weder zu vorhersehbar noch zu überraschend sind, dann sollte sich auch die epistemische Verwunderung genau dort befinden, wo ein Konzept (oder eine Proposition) weder zu allgemein noch zu individuell bzw. wo die Abweichung zwischen einer Erfahrung und einem Konzept weder zu gering noch zu groß ist.

6.7 Das epistemische Warum

Die zentrale Frage bleibt aber, wie der mentale Zustand einer Warum-Frage aus epistemischer Neugier modelliert werden kann. Mithilfe von Informations- und Wahrscheinlichkeitstheorie lassen sich induktive und abduktive Schlüsse darstellen. An ihnen wird deutlich, wie diese mit dem Überraschungsgefühl zusammenhängen. Dennoch wird bei genauer Betrachtung auch klar, dass die Verwunderung in der Beschreibung des Erklärungsbedürfnisses als ein Gefühl der Überraschung nicht aufgeht. Beim Warum aus assertorischen Urteilen, bei dem jede Proposition als Warum-Frage markiert werden kann, und beim Warum aus problematischen Urteilen, bei denen ein Sachverhalt so verwunderlich ist, dass er ohne Erklärung nicht sein kann, erscheint die Beschreibung einfacher: Sie stellen Extrempunkte dar, die sich dadurch auszeichnen, dass sie entweder überhaupt nicht mit dem Gewöhnlichen im Widerspruch stehen oder – im Gegensatz dazu – sich der absoluten Absurdität beliebig weit annähern.

Diese Extreme verweisen aber auf einen mittleren Bereich des epistemischen Gefühls, in welchem etwas zwar komplex und unvorhersagbar erscheint, darin dennoch eine bestimmte Ordnung erkannt wird, sodass sich die intellektuelle Beschäftigung damit lohnt. Tatsächlich entspricht eine solche Beschreibung genau Berlynes (1954) Anforderung an die epistemische Neugier. Epistemische Neugier muss sich an jenem Punkt finden lassen, wo eine Erfahrung als hinreichend konflikthaft, aber auch nicht als unlösbar erscheinen darf. Auch Berlyne (1954, 186) verwendet Beschreibungen wie ‚überraschend‘, ‚unerwartet‘, oder ‚fremd‘. Das Problem mit dem Überraschungsbegriff jedoch ist, dass darin eine Ordnung oder Regelhaftigkeit nicht vorausgesetzt werden muss. Man sollte daher besser argumentieren, dass man es beim epistemischen Warum mit Sachverhalten zu tun hat, bei denen die Überraschungswerte bzw. Überzeugungsgrade veränderlich sind und immer in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. An Dels Fragen, die Piaget (1923/1975, 202) dokumentiert, lässt sich das erläutern: »Es gibt Wellen nur am Rande (des Sees). Warum?«, »Warum wird es immer kälter, wenn man hinaufgeht (wenn man nach Norden geht)?«,

»Warum sieht man nachts den Blitz besser?« Gemein ist diesen Fragen, dass das Phänomen unter bestimmten Bedingungen vorhersagbar, also nicht überraschend ist, während es unter anderen Bedingungen abweicht. Das Phänomen erscheint daher nicht ereignishaft, sondern trotz einer darin erlebten Abweichungserfahrung regelhaft.

Ein weiterer Grund, warum der Überraschungsbegriff nicht ausreichend zu sein scheint, zeigt sich daran, dass sich die Warum-Fragen (alle explanatorischen Fragen) von den herkömmlichen informationsermittelnden Fragen unterscheiden. Wie Belnap und Steel (1976) klarmachen, lassen sich informationsermittelnde Fragen als Satzfragen oder Welches-Fragen modellieren. Genau in diesem Sinne sind auch die Einzelfragen des *Game of 20 Questions* Satzfragen, die den Hypothesenraum verringern. Die Welches-Frage wird einfach in einen Entscheidungsbaum aus Satzfragen zerlegt und der *information gain* misst die steigende Vorhersagbarkeit.

Im Hinblick auf das Spiel *20 Questions* und den Prozess des Informationsgewinns bzw. der Überraschungsverringerung unterscheiden sich die Fragen dieses Spiels von den Warum-Fragen jedoch hinsichtlich der Art der Informationsverarbeitung. Beim Spiel wird jede Frage genutzt, um aus einer Liste möglicher Antworten die wahrscheinlichste auszuwählen, was eine zunehmend engere Annäherung an die wahre Antwort ermöglicht. Der Informationsgewinn ist quantitativ und direkt messbar, da jede beantwortete Frage die Unsicherheit über das gesuchte Objekt reduziert. Auch die Warum-Fragen des *token*-Typs folgen dieser Struktur, wobei Warum-Fragen sowohl nach den Merkmalen eines Gegenstands als auch nach dessen kausaler Geschichte oder seinen Funktionen möglich sind (»Warum kannst du erkennen, dass dies ein Rabe ist?« oder »Warum hat ein Rabe diese und jene Eigenschaften?«). Dennoch gehen die Warum-Fragen über einfache Satzfragen und Welches-Fragen hinaus, da sie nicht nur die bloße Identifikation eines Objekts betreffen, sondern vielmehr eine Erklärung und das Verständnis der zugrunde liegenden Merkmale, Ursachen und Funktionen fordern. Sie sind dadurch Fragen höherer Ordnung und von ihrem Anspruch her komplexer.

An den Fragerichtungen des *token*-Warums – im Gegensatz zu den reinen Satzfragen oder den Welches-Fragen – wird deutlich, dass das Warum uns eine sprachliche Welt abgegrenzter Dinge ermöglicht, die wir mit Oberbegriffen fassen. Intension und Extension eines Begriffs scheinen genau diese Fragerichtungen zu markieren: Einerseits als Vorf hersagen, was alles unter diesen Begriff zu fallen hat. Andererseits aber auch als Rückschlüsse, warum etwas als das erscheint, was es ist. Die semantischen Ausdrücke Extension und Intension (oder Komprehension) und lassen sich diesen beiden Richtungen des gedanklichen Prozesses zuordnen. Die Extension ist das Abstrakte, nämlich die Klasse, unter die eine bestimmte Zahl von Gegenständen fällt oder nicht fällt; die Intension ist das Konkrete, nämlich das, was alle Attribute des Gegenstands vereint. Nach der Logik von Port-Royal (1662/1861, 171) ist das Verhältnis von Extension und Intension invers. Baynes (Port Royal, 1662/1861, 387) verdeutlicht diesen inversen Zusammenhang in seiner Anmerkung zum entsprechenden Abschnitt in der Port-Royal-Logik: Ist die Extension an ihrem Maximum und die Intension an ihrem Minimum, dann fällt dieser Extrempunkt mit dem Begriff des *Seins* zusammen. Ist die Intension an ihrem Maximum und die Extension an ihrem Minimum, dann fällt dieser Extrempunkt mit dem Begriff des *Individuums* oder des Einzel ding zusammen.

Die *type*-Warum-Fragen, die aus dem Gefühl der Verwunderung und nicht aus dem Bedürfnis einer Überraschungsreduktion resultieren, können jedoch als Fragen interpretiert werden, die einer noch höheren Komplexitätsstufe entspringen. Denn sie haben selbst genau derartige inverse Verhältnisse oder generell Zusammenhänge verschiedener Größen zum Gegenstand. Sie suchen nach Proportionalitäten oder nach inversen Beziehungen zwischen den Variablen. Das Turm Schatten-Beispiel führt dies direkt vor Augen: Die Fragen ›Warum hat der Schatten notwendig die Länge x ?‹ und ›Warum ist die Höhe des Turms notwendig x (gegeben der Schattenlänge y)?‹ werden durch einen Erklärungsrahmen beantwortet, der auf trigonometrische Funktionen verweist. Irrationale Größen, d.h. solche, die inkommensurabel oder asymmetrisch zu rationalen Größen sind, spielen in diesen Zusammenhängen eine zentrale Rolle, gerade weil sie in den grundlegenden

mathematischen Konstanten und Verhältnissen vorkommen. Das wäre etwa der Fall, wenn der Informationsgehalt oder die Überraschung (*Negative Log Probability* nach Shannon, 1948) bei zwei möglichen Ereignissen genau bei $\frac{1}{2}$ liegt. Eines der Ereignisse tritt dann mit einer Wahrscheinlichkeit von $P = 1/\sqrt{2}$ ein. Für eine fragende Person könnte dies als implizites Wissen gedeutet werden, das sie dazu veranlasst, durch das Warum nach Hypothesen zu fragen.

Der Begriff der kognitiven Dissonanz wäre in diesem Kontext also buchstäblich zu verstehen: Was Verwunderung auslöst, so Aristoteles (*Metaphysik* II 2, 983a15-21/Aristoteles, 2010, 43), ist die Inkommensurabilität und Irrationalität der Diagonale. Diagonale und Seite eines Quadrats sind nicht mit einer ganzen oder gebrochen rationalen Zahl messbar. Fragt man nach der Natur der Sachverhalte, die uns in das *thauma* bringen, dann die, die uns derart in eine kognitive Dissonanz versetzen. Ein Ansatz zur genauen Beschreibung des kognitiven Zustands des epistemischen Warum könnte daher darin bestehen, irrationale numerische Werte in die Modellierung einzubeziehen, um die komplexe Natur des *thaumázein* abzubilden. In der Modellierung kognitiver Zustände in der Psychologie werden Wahrscheinlichkeitswerte verwendet, die zwischen 0 und 1 liegen. Die verwendeten Werte sind jedoch immer rational. Sie lassen sich als Bruch zweier ganzer Zahlen darstellen. Theoretisch könnten jedoch auch irrationale Zahlen als Wahrscheinlichkeiten dienen und so Möglichkeiten eröffnen, komplexe epistemische Zustände zu erklären.

Betrachtet man die epistemischen Warums von Kindern, dann zeigt sich eine Struktur, die auf derartige Zusammenhänge hindeuten. Im Dialog von Beth mit ihrer Mutter (siehe Abschnitt 2.4) etwa stehen zwei Begriffe dissonant gegenüber: das Spitzdach und das Flachdach. Dem Problem wohnt eine Notwendigkeit inne, die wie auch Piaget erkennt, von einer geordneten Welt ausgeht. Es muss daher auch ein Modell oder eine übergeordnete Gesetzmäßigkeit geben, die die Ordnung wiederherstellt. Ebenso Jamies Frage (siehe die Einleitung): Warum ist der Beton *in the mix* flüssig? Die beiden Konzepte *concrete* und *mud* stehen dissonant zueinander. Sie weisen aber eine Symmetrie auf, da sie Eigenschaften teilen, aber sie sind dennoch inkommensurabel, weil

sie unterschiedliche Auswirkungen in der Welt haben. Die Erklärung liefert dann wieder einen Ordnungsrahmen, innerhalb dessen beide Beobachtungen wahr sein können.

Das Vorgehen, anhand incommensurabler Phänomene Ordnungsstrukturen zu schaffen, die eine erklärende Funktion für möglichst viele von verwunderungsauslösenden Sachverhalten hat, scheint jedoch nie vollständig oder abgeschlossen. Im Gegenteil erzeugt es immer weiter Fragen und Unklarheiten. Über diese kognitiven Dissonanzen nicht hinwegzugehen oder sie zu vermeiden, ist kognitive Arbeit. Diese Arbeit vollzieht sich jedoch nach bestimmten Regeln. Letztlich ergeben sich diese Regeln aus der Struktur von Frage und Antwort. Das Gefühl der Verwunderung ist nicht nur ein privates, sondern auch geteiltes, ein mitgeteiltes Gefühl. Die Ordnungsstruktur, innerhalb derer sich wissenschaftliche Theorien entwickeln können, ist aber nicht der Diskurs oder eine Übereinkunft usw. auch nicht eine Sprache oder Kultur, sondern die abstrakten Begriffe, die sich in der Struktur von Frage und Antwort wiederfinden. Wahrheitswerte, Relationen und Funktionen, die Auswahl aus Mengen anhand von Eigenschaften, Objekte und Zahlen sind direkte Auswirkungen der Struktur von Frage und Antwort. Das epistemische Warum erweitert diese zu abstrakten wissenschaftlichen Theorien.

6.8 Einsteins Beispiel

In Albert Einsteins (1949/1970) autobiografischen Notizen findet sich eine bekannte Stelle, die den Zusammenhang von Verwunderung im Sinne des *thaumázein* und wissenschaftlicher Erkenntnis anschaulich beschreibt und die er direkt mit den Erfahrungen seiner Kindheit verbindet:

»For me it is not dubious that our thinking goes on for the most part without use of signs (words) and beyond that to a considerable degree unconsciously. For how, otherwise, should it happen that sometimes we ›wonder‹ quite spontaneously about some experience? This

›wondering‹ seems to occur when an experience comes into conflict with a world of concepts already sufficiently fixed within us. Whenever such a conflict is experienced hard and intensely it reacts back upon our thought world in a decisive way. The development of this world of thought is in a certain sense a continuous flight from ›wonder.‹

A wonder of this kind I experienced as a child of 4 or 5 years, when my father showed me a compass. That this needle behaved in such a determined way did not at all fit into nature of events, which could find a place in the unconscious world of concepts (effect connected with direct ›touch‹). I can still remember – or at least believe I can remember – that this experience made a deep and lasting impression upon me. Something deeply hidden had to be behind things. What man sees before him from infancy causes no reaction of this kind; he is not surprised over the falling of bodies, concerning wind and rain, nor concerning the moon or about the fact that the moon does not fall down, nor concerning the differences between living and non-living matter.

At the age of 12 I experienced a second wonder of a totally different nature: in a little book dealing with Euclidean plane geometry, which came into my hands at the beginning of a schoolyear. Here were assertions, as for example the intersection of the three altitudes of a triangle in one point, which – though by no means evident – could nevertheless be proved with such certainty that any doubt appeared to be out of the question. This lucidity and certainty made an indescribable impression upon me. That the axioms could not be proved did not disturb me. In any case it was quite sufficient for me If I could peg proofs upon propositions the validity of which did not seem to be dubious. For example I remember that an uncle told me the Pythagorean theorem before the holy geometry booklet had come into my hands. After much effort I succeeded in ›proving‹ this theorem on the basis of the similarity of triangles; in doing so it seemed to me ›evident‹ that the relations of the sides of the right-angled triangles would have to be completely determined by one of the acute angles. Only something which did not in a similar fashion seem to be ›evident‹ appeared to me to be in need of any proof at all. Also, the objects with which geometry deals seemed to be of no different type than the objects of

sensory perception, ›which can be seen and touched‹. This primitive idea, which probably also lies at the bottom of the well known Kantian problematic concerning the possibility of ›synthetic judgements a priori‹, rests obviously on the fact that the relation of geometrical concepts to objects of direct experience (rigid rod, finite interval etc.) was unconsciously present.

If thus it appeared that it was possible to get certain knowledge of the objects of experience by means of pure thinking, this ›wonder‹ rested upon error. Nevertheless, for anyone who experiences it for the first time, it is marvelous enough that man is capable at all to reach such a degree of certainty and purity in pure thinking as the Greeks showed us for the first time to be possible in geometry.« (Einstein, 1949/1970, 9–11)

Zu Beginn der Reflexion scheint auch Einstein eher an die psychologische Abweichungserfahrung zu denken, die er als Konflikt einer neuen Erfahrung mit einem bereits vorhandenen Konzept interpretiert. Der weitere Text macht jedoch die Lesart wahrscheinlicher, dass Einstein die epistemische Abweichungserfahrung im Sinn hat. Der mentale Konflikt, den Einstein als Kind angesichts des Verhaltens der Kompassnadel empfindet, existiert nicht innerhalb der ›unbewussten Begriffswelt‹, sondern das ›Erlebnis‹ passt nicht in das Geschehen, das sich sonst den Sinnen präsentiert. Es verweist vielmehr in die Welt ›hinter den gewöhnlichen Dingen‹. Wird der Gedankenprozess, den dieses Warum auslöst, aber weiter verfolgt, entsteht eine wissenschaftliche Gedankenwelt, die das Warum erklärt, indem sie – etwa mit dem Begriff des elektromagnetischen Feldes – der verborgenen Wirklichkeit Gestalt und Anschauung gibt.

Verwundert ist der jugendliche Einstein auch beim Lernen der euklidischen Geometrie. Das Erstaunliche oder Verblüffende liegt dort in der Klarheit und Sicherheit, mit der ein geometrischer Satz bewiesen wird. Es stelle sich sofort die Frage ein, wie diese Sicherheit und Klarheit begründet werden kann. Einstein findet eine erste Antwort bei Kant. Für Kant sind die logisch-formalen Grundsätze – Euklids »Axiome« – »zwar wirklich analytisch und beruhen auf dem Satze des Widerspruchs«

(KrV B16/1998, 67). Sie sind daher von jeder Erfahrung unabhängig. Sie müssen und können auch nicht begründet werden. Ein geometrischer Grundsatz aber – Euklids »Definitionen« –, wie dass die gerade Linie zwischen zwei Punkten die kürzeste sei, kommt für Kant aus der Anschauung, die sich unmittelbar aus der räumlichen Vorstellung ergibt, die *a priori* gegeben sei. Es handele sich daher bei dem Grundsatz um ein synthetisches Urteil *a priori*. Dass die geometrischen Sätze »apodiktisch, d. i. mit dem Bewußtsein ihrer Notwendigkeit verbunden« (KrV B 41/1998, 100) sind, ist für Kant eine Folge der ursprünglichen Anschauung des Raumes. Der Mensch könne gar nicht anders denken, als dass die geometrischen Sätze notwendig sind, sie stammen aber nicht aus der Erfahrung oder können aus ihr geschlossen werden.

Wie Einstein anmerkt, wird dieses Denken jedoch empirisch bestätigt, da sich feste Körper in der beobachteten Wirklichkeit bezüglich ihrer Lageverhältnisse wie Körper der euklidischen Geometrie verhalten (Einstein, 1921, 6). Der ›Fehler‹ Kants liegt nach Einstein aber darin, dass ein geometrischer Grundsatz auch ohne Zuhilfenahme der Anschauung, nämlich rein logisch-formal abgeleitet werden kann. Der obige Grundsatz erscheint dann gar nicht mehr als notwendig, er gilt in der sphärischen Geometrie nicht allgemein. Nach der modernen Mathematik handelt es sich dabei vielmehr um eine kreative Setzung oder freie Konvention (Poincaré, 1904, 51). Die geometrischen Grundsätze seien nach dieser Auffassung »freie Schöpfungen des menschlichen Geistes« (Einstein, 1921, 5).

Die Bedeutung der euklidischen Geometrie liegt für Einstein jedoch in ihrem praktischen Aspekt, in ihrer Entsprechung zu den natürlichen Gegenständen der Erfahrung. Das ist ein Unterschied zu der logisch-formalen, d.h. der axiomatisch-deduktiven Geometrie, in der ein Satz genau dann wahr ist, »wenn er in der anerkannten Weise aus den Axiomen hergeleitet ist« (Einstein, 1917/1988, 1). In der ›praktischen Geometrie‹ (Einstein, 1921, 6) hingegen beurteilen wir Sätze als wahr, weil sie mit der Erfahrung der erlebten Welt übereinstimmen. So nehmen wir es als wahr, dass die Strecke zwischen zwei Punkten auf »einem praktisch starren Körper« (Einstein, 1917/1988, 2) immer die gleiche Entfernung hat. Eine solche Strecke verwenden wir dann als Maßstab, mit

dem wir alle Längenmessungen durchführen. Nur aufgrund dieser Voraussetzung, nämlich dass wenn zwei Strecken einmal und irgendwo als gleich befunden sind, sie stets und überall gleich sind, können wir erst, so Einstein, sinnvoll von einer Metrik mit Bezug auf die raumzeitliche Struktur sprechen (Einstein, 1921, 9–10).

Einstiens Überlegungen zu einer praktischen Geometrie der Erfahrung liefern nun einen Ansatz, das *thaumázein* als ein epistemisches Gefühl von einer normverletzenden Anomalieerfahrung abzugrenzen. Zentrale Kriterien wissenschaftlicher Messinstrumente – Objektivität, Validität und Reliabilität – basieren letztlich auf der Voraussetzung praktisch starrer Körper. Ein Messstab etwa muss unabhängig von der Person, die ihn verwendet, zuverlässig die Länge eines Objekts messen. Wann immer also ein Gegenstand (wie der praktisch starre Körper) als Messinstrument dient, vermittelt er uns die Erfahrung einer begrifflich zugänglichen, vorhersehbaren und objektiven Wirklichkeit. Natürlich kann es bei solchen Gegenständen zu individuellen Abweichungen kommen, nämlich dann, wenn ein Einzelgegenstand, der als Messinstrumente eingesetzt wird, die genannten Kriterien nicht erfüllt. Allgemein betrachtet ist eine Abweichung oder Nicht-Übereinstimmung in einem solchen Fall aber noch kein Grund zur Verwunderung, sondern nur ein partikulärer Fakt, der durch die zufällige oder willkürliche Anordnung der Dinge der jeweiligen Welt *token*-artig erklärt wird. Im speziellen Fall aber, d.h. im individuell-subjektiven Fall, kann eine solche Abweichung trotzdem zu starker Verwunderung führen, nämlich wenn die Person weiterhin ihren fehlerhaften Instrumenten und Messmethoden vertraut.

Eine andere Art von Abweichungserfahrung aber liegt dann vor, wenn Messfehler ausgeschlossen sind, die Erfahrung aber trotzdem der praktischen Geometrie auf den ersten Blick zu widersprechen scheinen, sodass der Eindruck entsteht, dass ebenjene Voraussetzung, nach der etwa zwei Strecken, die einmal und irgendwo gleich sind, immer und überall gleich sind, unter Umständen nicht gelten könnte. Der Grund für diese Abweichung liegt dann nicht in der zufälligen Anordnung der Dinge, sondern in der Asymmetrie oder Inkommensurabilität zwischen einer oder mehrerer in der Erfahrung festgestellten geometrischen

Wahrheiten und einer abstrakten, rein logischen Widerspruchsfreiheit. Die Erklärung dieser Asymmetrie, die Auflösung der Verwunderung, besteht dann darin, deren logische Möglichkeit in Übereinstimmung mit der Erfahrung beweiskräftig aufzuzeigen.

Am Beispiel des Turmes lässt sich das geometrische Verständnis der Verwunderung erläutern. Der Turm ist ein Gegenstand der geometrischen Erfahrung. Wir können seinen zwei Endpunkten einen Abstand auf einem weiteren starren Körper zuordnen und voraussetzen, dass dieser Abstand immer gleich bleibt, auch wenn wir uns mit unserem Messstab vom Turm entfernen. Die visuelle Erfahrung des Turms vermittelt jedoch den Eindruck, dass sich dieser Abstand verändert: Je weiter wir uns von dem Turm entfernen, umso kürzer erscheint der Turm. Wenn wir dabei aber voraussetzen, dass der Turm trotz der beobachteten Veränderlichkeit seinen gemessenen Abstand beibehält, dann entsteht unmittelbar jene Asymmetrie oder Inkommensurabilität zwischen der in der Erfahrung festgestellten geometrischen Wahrheit und der rein logischen Widerspruchsfreiheit. Eine solche geometrische Abweichungserfahrung entspricht nun der eines epistemischen Warums. Es handelt sich nicht um eine rein zufällige Abweichung etwa durch falsche Messungen oder singuläre Situationen, sondern um ein gedankliches Problem, bei dem wir wissen, dass es eine Lösung geben muss, die für all ihre Fälle gilt. Die Erklärung schließlich besteht darin, sich eines Ordnungsrahmens zu bedienen, innerhalb dessen die Asymmetrie wahr sein kann. Im konkreten Fall erklärt dann die Veränderlichkeit des Winkels, der durch die zwei Geraden gebildet wird, die jeweils von den zwei Endpunkten des Turms zum Auge gehen. Diese Erklärung bestätigt dann sowohl die Wahrheit der praktischen Erfahrung als auch die Widerspruchsfreiheit der Erklärung. Betrachtet man die Verwunderung im Sinne der epistemischen Neugier als ein Phänomen, das sich aus der praktischen Geometrie der Erfahrung und den normativen Ansprüchen des logischen Denkens ergibt, stellt sie sich nicht mehr nur als ein subjektiv-psychologisches Phänomen dar, sondern als die Basis der objektiv-wissenschaftlichen Denkweise.

6.9 Geometrie der Neugier

Die Grundfrage dieses Kapitels ist das Neugierproblem: Wie lässt sich das menschliche Fragen nach dem Warum erklären, ohne etwa einfach auf den Zweck zu verweisen, dass die Neugier der Suche nach Wissen dient? Aus psychologischer Perspektive besteht ein Ansatz zur Lösung des Neugierproblems darin, den Grund der Frage als einen Zustand der Verwunderung aufzufassen. Dieser Zustand ist dann gleichbedeutend mit einem Bedürfnis nach Erklärung, sodass die Beantwortung der Warum-Frage die Verwunderung auflöst. Es stellt sich dann aber immer noch die Frage, wieso gerade ein bestimmter psychologischer Zustand zu den abstrakten Gesetzen wissenschaftlicher Erklärungen führen soll. Warum befindet sich eine fragende Person, die eine epistemische Warum-Frage stellt, in einem Zustand, der nur durch eine ganz bestimmte Erklärung aufgelöst werden kann?

Der antike Begriff des *thaumázein* lässt vermuten, dass es sich bei der Verwunderung um ein geometrisches Phänomen handelt. Der kognitiv-affektive Zustand der Verwunderung der epistemischen Neugier ist das Gefühl einer Asymmetrie oder Inkommensurabilität im Hinblick auf eine zu generierende Hypothese. Eine Erklärung kann dadurch in einem kreativen Nachdenkprozess entwickelt werden. Sie muss aber begründbar sein und der empirischen Erfahrung entsprechen. Das weitgehende Problem ist dann, wie die Verwunderung, verstanden als ein geometrisches Phänomen, als psychologischer Zustand zu beschreiben ist. Oder anders ausgedrückt: Wie lässt sich diese Geometrie innerhalb eines Systems von Glaubensgraden darstellen? Diese Frage ist gerade im Hinblick auf das epistemische Interesse bei Kindern von Bedeutung. Denn um die fröckliche Neugier zu erklären, reicht es nicht aus, auf die von den Dingen vermittelten Sinnendaten zu verweisen. Der menschliche Geist bringt mit dem Stellen von Fragen vielmehr selbst eine Eigenschaft mit, durch die er die Dinge als Dinge wahrnimmt und sich logischer Prinzipien bewusst wird. Eine Erklärung dieser Eigenschaft ist aber nur zu den Bedingungen zu haben, die einem Menschen auch schon in der Kindheit zur Verfügung stehen. Denn wenn man den Wissenschaftsprozess nur von seinen Produkten – d.h.

von den erwachsenen Antworten auf die Warum-Fragen – ausgehend erklärt, dann bleibt die andere und ebenso spannende Frage offen, wie nämlich die Menschen jene Produkte kollaborativ durch eine kreative Denkleistung entdecken konnten.

Was man deshalb nicht voraussetzen braucht, ist ein angeborenes Wissen. Die Ausgangsbedingungen für den Entdeckungsprozess in der Kindheit sind spärlich. Jedoch lassen sich zwei wesentliche Elemente bestimmen, die man voraussetzen kann: Erstens das Gefühl der Neugier – Verwunderung oder *thaumázein* –, das uns in bestimmten Situationen Fragen auferlegt, die wir nur auf eine einzigartige Weise beantworten können. Zweitens die Situation des Dialogs, die durch das Hin und Her von Warum-Frage und Erklärung bestimmte logische Strukturen vorgibt.

Diese Ausgangsbedingungen sind meiner Ansicht nach hinreichend, um kommunikative Situationen zu schaffen, in der die rationale menschliche Kognition entstehen kann. Die epistemische Neugier ist vor allem in der frühen Kindheit zu beobachten. Um ihr epistemisches Potenzial zu entfalten, brauchen Kinder den Dialog und die gegenseitige Bezugnahme auf die gemeinsame Erfahrung spezifischer epistemischer Zustände. Durch das Hin und Her sozialer Interaktion wird die Warum-Frage so Anlass für ein *shared scientific thinking*, das im Verlauf der Zeit immer wieder neue Begriffe und Theorien hervorbringt. Was Carnap im Hinblick auf die skeptische Haltung zum Warum der logischen Empiristen schreibt, trifft daher auf die Warum-Fragen von jüngeren Kindern zu:

»As a result, we are no longer worried by why-questions. We do not have to say, ›Don't ask why, because now, when someone asks why, we assume that he means it in a scientific, nonmetaphysical sense. He is simply asking us to explain something by placing it in a framework of empirical laws.« (Carnap, 1966/1995, 12).

7. Schluss

»The idea that everything in the world has meaning is, after all, precisely analogous to the principle that everything has a cause, on which the whole of science rests.« Kurt Gödel

Schon in der frühen Kindheit stellen wir Menschen Warum-Fragen. Als Kinder fordern wir unsere Bezugspersonen heraus, Erklärungen für unsere neugierigen Fragen zu liefern. Die Frage nach dem Warum ist aber nicht nur ein Zeichen kindlicher Neugier, sondern sie bildet auch die Basis des wissenschaftlichen Denkens. Die Omnipräsenz der Warum-Frage sowohl in der Kindheit als auch in der Wissenschaft führt zu einer Reflexion des Warums als Phänomen: Warum fragen wir *warum*?

Sobald wir eine Warum-Frage beantworten, müssen wir spezifizieren, in welchem Sinn die Frage gemeint ist. Auch das Meta-Warum erwartet einen bestimmten Typ von Antwort. In dieser Arbeit standen zwei Fragen im Mittelpunkt: Die erste Frage entspannt das Problem, wie zu erklären ist, dass die Vernunft uns Fragen auferlegt, deren Antworten theoretische Erkenntnisse verschaffen, mit denen wir die Welt präzise beschreiben und verstehen können. Ein Ziel dieser Arbeit war es, die Neugier, die unsere wissenschaftliche Suche antreibt, möglichst genau zu beschreiben und zu begründen, warum sie nur in einer einzigartigen abstrakten Weise beantwortet werden kann.

Bei der zweiten Frage geht es darum, zu erklären, nach welchem Typ von Erklärung mit einer Warum-Frage jeweils gefragt wird. Hier war das Ziel, die verschiedenen Sinnebenen der Warum-Frage zu identifizieren und das Kriterium zu explizieren, welcher Typ von Erklärung für das

jeweilige Warum angemessen ist. Ausgangspunkt der Untersuchung war die Funktion der Warum-Frage im Alltagsdenken, insbesondere im Denken jüngerer Kinder. Kinder im Alter zwischen drei und sieben Jahren stellen Warum-Fragen, die sich nicht grundlegend von den Warum-Fragen unterscheiden, die unseren abstrakten wissenschaftlichen Erklärungen zugrunde liegen.

Die Tatsache, dass Kinder mit ihren Warum-Fragen neben den anderen Sinnebenen auch einen spezifisch wissenschaftlichen Sinn ausdrücken, wirft die Frage auf, wie das möglich ist, ohne ein angeborenes Wissen vorauszusetzen. Meine Antwort auf diese Frage ist, dass die Warum-Frage ein kognitives Gefühl ausdrückt, das sich in einem Spektrum von Überraschung und Vorhersehbarkeit bewegt. Am einen Ende des Spektrums – dem der Vorhersehbarkeit und Erwartung – fordern wir kausale Erklärungen für singuläre und kontingente Ereignisse in der Welt ein. Am anderen Ende des Spektrums stehen die nicht-zufälligen, partikulären Handlungen und Prozesse, für die wir in der Regel finale oder intentionale Erklärungen erwarten. Innerhalb dieses Spektrums gibt es aber einen präzisen Punkt, an dem wir Phänomene beobachten, deren Effekte notwendig, aber dennoch nicht völlig erwartet sind. Diese Erfahrung bringt uns dazu, zugrunde liegende Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge zu vermuten. Wir erkennen Phänomene, die sich durch Beziehungen zwischen Größen auszeichnen, von denen einige incommensurabel sein können. Das kognitive Gefühl bei diesen Phänomenen verlangt nach einzigartigen und komplexen Erklärungen, die einen abstrakten Ordnungsrahmen bereitstellen, innerhalb dessen unsere Beobachtungen wahr, beweisbar und vorhersehbar werden. Das kognitive Gefühl von Dissonanz – *thaumázein* – vor dem Hintergrund einer sonst konsonanten Welt ist also der Grund, warum wir in wissenschaftlicher Weise *warum?* fragen. Das Gefühl der epistemischen Neugier ist es zentral für wissenschaftliches Forschen, genauso wie für unsere individuelle Entwicklung als denkende Wesen.

Die Beobachtung des frühkindlichen Warumfragens vermittelt aber zusätzlich etwas, das für die Analyse wissenschaftlicher Erklärung von zentraler Bedeutung ist: Fragen sind fundamental für den sozialen Kontext von Dialog und gedanklicher Interaktion. Sie sind eingebettet in das

Zusammenspiel menschlicher Beziehungen. Das Modell dieser dialektischen Grundsituation ist die Triangulation oder die *shared intentionality*, die als das semiotische Dreieck von Ostension, Intension und Extension abstrakt dargestellt werden kann. Dieses Modell liefert eine Erweiterung einer rein psychologisch-naturalistischen Erklärung der menschlichen Neugier. Denn das Besondere am menschlichen Fragen ist weniger, dass wir verwundert sind und epistemische Gefühle haben, sondern mehr, dass wir in der Lage sind, diese Gefühle anderen mitzuteilen und spezifisch deutlich zu machen, in welcher Hinsicht wir die Antwort erwarten. Denn nur bestimmte Typen der Erklärung sind geeignet, unsere Gefühle von Perplexität, Erwartung und Verwunderung zu adressieren. Nur unter bestimmten Bedingungen sind unsere Sätze wahr. Das Zusammenspiel von Frage und Antwort im Dialog bringt so Schemata hervor, die mit den logisch-deduktiven Schemata deckungsgleich sind. Die menschliche Fähigkeit zur Schlussfolgerung und zur Problemlösung erscheint dann nicht als etwas, das seinen Ursprung im individuellen Geist hat, sondern das durch die Interaktion fragender und antwortender Individuen begründet wird. Die Regeln der Deduktion, der Bedingungen, was als wahr gelten kann, sind dadurch nicht pragmatisch oder konventionell, sondern normativ, objektiv und universell. Die Fähigkeit, *warum?* zu fragen, begründet so unsere abstrakten Begriffe wie Rechtfertigung, Wahrheit und Erkenntnis und legt die Basis für unser wissenschaftliches Denken.

Dass gerade in der frühen Kindheit das wissenschaftliche Warum sich in seiner Klarheit zeigt, ist sowohl für die klassische Entwicklungspsychologie als auch für die positivistisch geprägte Wissenschaftstheorie eine Herausforderung. Ende des 19. Jahrhunderts, als die naturalistischen und psychologistischen Erkenntnistheorien entwickelt wurden, galt die empirische Untersuchung der kindlichen Denkentwicklung als aufschlussreich für das Verständnis menschlicher Erkenntnisprozesse generell. Die Voraussetzung dieser Art von Forschung war aber, dass sich in der individuellen kognitiven Entwicklung die evolutionäre Entwicklung der Spezies widerspiegeln (Sully, 1896, 8). Mit dieser Auffassung ist aber auch eine Defizitsicht auf die frühe Kindheit verbunden: Wenn die Kindheit eine frühere kognitive Entwicklungsstufe der Menschheit re-

kapituliere, dann müsse das kindliche Denken primitiver, naiver oder *präkausal* sein. Vor allem Jean Piaget hatte mit seiner Psychologie der Entwicklung, die zugleich genetische Erkenntnistheorie ist, einen lang anhaltenden Einfluss. In Kapitel 2 habe ich beleuchtet, wie dieser Einfluss auch auf die Wissenschaftstheorie wirkte, nämlich als Vorstellung, dass sich im Theoriewandel ähnliche genetische Trends widerspiegeln wie in der kognitiven Ontogenese.

Zeigt man nun aber, dass jüngere Kinder keineswegs präkausal denken, sondern durch ihre Warum-Frage in einer Weise intuitiv Wissenschaft betreiben, die mit dem Forschungsprozess in den Wissenschaften grundlegend übereinstimmt, dann kann die Hypothese einer stufenartigen Entwicklung wissenschaftlicher Rationalität nicht wahr sein. Betrachtet man die Warum-Fragen jüngerer Kinder im Kontext alltäglicher Dialoge, wird deutlich, dass Kinder ihre Fragen spezifisch stellen. Sie passen ihr Warumfragen den Gegebenheiten an und unterscheiden implizit Sinnebenen. Es gibt Evidenz dafür, dass Kinder bei unpassenden Erklärungstypen *follow-up*-Fragen stellen und dass sie ihre Gesprächspartner durch erneute Warum-Fragen oder Ketten von Warum-Fragen doch dazu bringen, die Frage im entsprechenden Sinn zu beantworten. In der Regel setzen ihre Bezugspersonen den jeweiligen Sinn der Frage auch voraus und geben entsprechend die Erklärungen oder sie führen länger dauernde Erklärungsdialoge im Sinne eines *shared scientific thinking*. Der Gebrauch unterschiedlicher Fragetypen muss den Kindern dabei nicht bewusst sein. Es kann deshalb auch vorkommen, dass sie Antworttypen akzeptieren, die nicht zum jeweiligen Typ passen. Dennoch würde es einem semantischen Fehler gleichkommen, wenn eine Frage mit einem anderen Typ von Erklärung beantwortet werden würde, als mit dem, den die Frage voraussetzt. Aller Evidenz nach drückt die fragende Haltung der Kinder verschiedene Sinnebenen aus. Sogar in Piagets Daten lassen sich kaum Hinweise finden, dass die Warum-Fragen jüngerer Kinder aus einer *präkausalen* Haltung stammen, die etwa immer nur einen finalen Sinn voraussetzt.

In Kapitel 3 habe ich versucht, aufzuzeigen, dass man bei der genauen und systematischen Betrachtung der kindlichen Neugier zu einer gegenteiligen Auffassung kommen muss als Piaget. Vor allem die Bedeu-

tung der Kommunikation zwischen jüngeren Kindern und ihrer älteren Bezugspersonen gerät dabei in den Blick. Ein Irrtum, der durch die genetisch-naturalistische Sicht auf die frühkindliche Kognition befördert wird, besteht darin, die Verstehensaspekte der Erklärung im Sinne von Verstehensleveln zu interpretieren. Nach der genetischen Auffassung können Kinder bestimmte Zusammenhänge nicht verstehen, da diese zu »abstrakt« seien. Es fehle Kindern an einem beweisartigen Denken. Richtiger wäre aber die umgekehrte Schlussfolgerung: Kinder fordern auch ein beweisartiges Denken mit ihren Fragen ein. Durch fortgesetztes Warumfragen und Dialog gelangen sie zu abstrakten Theorien und Begriffen. Es versteht sich zwar von selbst, dass Erklärungen möglichst einfach und anschaulich beantwortet werden sollten (was für lernende Erwachsene genauso gilt). Aber das bedeutet nicht, dass eine Warum-Frage grundsätzlich anders (etwa »magisch«, »naiv«, »bildlich«, »nur mit vertrauten Begriffen« usw.) beantwortet werden muss, nur weil sie von einem Kind kommt. Die Antwort muss vielmehr auch dann in einer relevanten Beziehung zur Frage stehen, auch wenn die Präzision der Begriffe nicht das Ausmaß einer akademischen Lehrbucherklärung annimmt. Erkennen die Älteren jedoch den Sinn hinter den Fragen der Kinder, können sie angemessen und differenziert antworten. Sie unterstützen dann die kognitiven Prozesse der Kinder, indem sie ihnen helfen, ihre Gedanken explizit zu machen und zu erweitern.

Die aus der Beobachtung kindlichen Warumfragens verifizierbare Erkenntnis, dass Warum-Fragen unterschiedliche Typen von Erklärungen verlangen, führte mich in Kapitel 4 zu der Hypothese, nach der bestimmte wissenschaftstheoretische Probleme in Bezug auf den Erklärungsbegriff besser verstanden werden können, wenn man die intersubjektiv-psychologischen Aspekte des Warumfragens mitberücksichtigt. In der eher traditionell an objektiven Kriterien orientierten Wissenschaftstheorie wurde eine solche psychologistische Sicht abgelehnt, da psychologische oder pragmatische Theorien der Erklärung nicht den Ansprüchen objektiver Disziplinen wie der Logik und Mathematik genügen würden (Hempel, 1965; Salmon, 1989). Ein wissenschaftlicher Erklärungsbegriff müsste ähnlich wie der Begriff des Beweises in der Mathematik unabhängig vom jeweiligen Verstehenslevel der Person

definiert werden (Hempel, 1965, 426). In Kapitel 4 argumentierte ich, dass solche Bedenken gegenüber der psychologisch-empirischen Sicht auf das menschliche Frageverhalten jedoch unangebracht sind und dass die in der psychologischen Beobachtung identifizierten Typen die objektiven und normativen Ansätze für eine Theorie der Erklärung sogar stärken.

Meine Begründung für diese Annahme war, dass das Aufwerfen von Fragen eine freie und eigenständige Tätigkeit des Geistes ist, die letztlich durch die freie Auswahl von Fragetypen ermöglicht wird. Auch wenn es geboten ist, dass wir in bestimmten Situationen vertiefende Fragen stellen, so handelt es sich dabei nicht um einen psychologischen oder biologischen Zwang. Das Suchen nach Erklärungen ist letztlich eine freiwillige Tätigkeit, deren Zweck intrinsisch ist. Es ist die Frage selbst, die uns beschäftigt. Entsprechend kommt die adäquate Erklärung nur dann zustande, wenn die Frage frei und ohne Vorurteile aus der Überlegung heraus gestellt und forschend beantwortet werden kann. Das *Prinzip des zureichenden Grundes*, das nach Leibniz (1714/2014) besagt, dass wir keine wahre Behauptung finden können, ohne dass es hinreichende Gründe dafür gibt, warum diese gilt, drückt diese Freiheit aus: Wir brauchen nichts als gegeben hinnehmen. Wir haben die Freiheit, unsere Urteile durch Warum-Fragen zu hinterfragen und wir wissen, dass adäquate Antworten möglich sind. Die Art und Weise, wie wir unsere Urteile erklären, hängt aber von der Art und Weise des Urteils ab. Das zeigt etwa die genauere Betrachtung des Explanandumbegriffs. In der Wissenschaftstheorie spricht man meist vom »explanandum event« (Salmon, 1971, 33) oder »explanandum-phenomenon« (Hempel, 1965, 337). In Kapitel 4 zeige ich, dass das, was erklärt wird, aber nicht in erster Linie als ein ›Ergebnis‹ oder ein ›Phänomen‹ zu verstehen ist, sondern zuerst als ein bestimmter Modus des Urteils oder als propositionaler Typ. Entsprechend sind auch die Erklärungen unterschiedlich. Passt der Typ der Erklärung nicht zum Modus des Urteils, ist die Antwort nicht erklärend. Dadurch wird eine Norm etabliert, was als Erklärung für ein Warum gelten kann.

Eine genetische Sichtweise auf das Warum vernachlässigt tendenziell die normativen Aspekte, während eine am tatsächlichen Frage-Antwort-Verhalten (vor allem dem von Kindern) orientierte Psychologie

diese betont. Dieser intersubjektive oder interrogative Aspekt ist direkt mit der Form des Beweises verbunden, der als vollständige und direkte Antwort auf eine *reason-seeking question* (Hempel, 1965) angesehen werden kann. Ein (mathematischer) Beweis gibt eine deduktive Schrittfolge an, welche die Wahrheit einer Proposition erklärt und dadurch für eine andere Person gedanklich nachvollziehbar macht. Ein Verstehen-Warum besteht etwa darin, deduktiv nachzuvollziehen, warum eine Überzeugung oder ein Satz notwendig wahr ist. Trotz der intersubjektiv-pragmatischen Aspekte, die in einem interrogativen Ansatz immer eine zentrale Rolle spielen, ist die Vagheit und Kontextabhängigkeit also nicht derart, dass die wissenschaftliche Erkenntnis ihren objektiven und normativen Charakter verlieren würde. Vielmehr wird dieser Charakter sogar noch gestärkt, weil abstrakte Entitäten wie deduktive Schemata, Eigenschaften, Zahlen, Propositionen, natürliche Arten, Typen, Relationen und Funktionen – die abstrakten Gegenstände (Künne, 2007) –, welche unverzichtbar für den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess sind, nichts anderes sind als die zentralen Elemente des Mechanismus von Frage und Antwort.

In der Nichtbeachtung verschiedener propositionaler Typen der Warum-Frage liegt daher auch der Grund, weshalb das D-N-Modell in der klassischen Form von Hempel und Oppenheim (1948) scheitern musste. Denn es macht nicht ausreichend explizit, dass es nur für einen bestimmten Typ des Warums, nämlich für den apodiktischen Modus des Urteils bzw. für die generischen Propositionen ein Modell darstellt. Zwar müssen auch die anderen propositionalen Typen aus den Sätzen der Erklärung folgen, aber die Erklärungen für singuläre oder partikuläre Sachverhalte weisen nicht jene Merkmale auf, welche den *type*-Erklärungen zu eigen sind. Kapitel 5 sollte zeigen, dass ein interrogativ interpretiertes D-N-Modell, welches das Kriterium der Typadäquatheit berücksichtigt, gegenüber den vielen Gegenbeispielen immun ist. In der Typenhierarchie sticht mit den *type*-Erklärungen, die sich mit dem D-N-Modell abbilden lassen, ein Erklärungstyp hervor, der vollständig vom Kontext oder der persönlichen Psychologie abgelöst werden kann. Das epistemische Warum (das komplexe Warum) zielt auf allgemeine, abstrakte Erklärungen, die auf unterschiedlichste

wissenschaftliche Kontexte angewendet werden können. Das wirft die Frage, welche Struktur das kognitive Gefühl haben muss, das *uns Fragen auferlegt*, die wir im Dialog nur in abstrakt wissenschaftlicher Weise beantworten können. In Kapitel 6 untersuche ich daher das Gefühl der Verwunderung.

Bereits bei Platon und Aristoteles wird der psychologische Zustand, der zum Warumfragen und zu wissenschaftlicher Tätigkeit motiviert, als ein Gefühl der Verwunderung beschrieben. Auch in neuerer Zeit wurde sowohl in der Wissenschaftstheorie als auch in der kognitiven Psychologie die epistemische Neugier immer wieder als Zustand des *puzzlements* (Belnap & Steel, 1976; Isaacs, 1930) oder *p-predicaments* (Bromberger, 1992) oder als *surprise* (Kahneman & Miller, 1986) bezeichnet. Die Frage ist jedoch, wie ein solcher Zustand noch genauer gefasst werden kann. Ein möglicher Ansatz ist es, das kognitive Gefühl des Warums als einen Überraschungswert des Explanandums aufzufassen, sodass durch die Erklärung dieser Überraschungswert verringert wird (Gärdenfors, 1988). Dies entspricht dann auch unserer Intuition, nach der eine Erklärung ein bestimmtes Phänomen vorhersagbar macht. Die Schwierigkeit dieses Ansatzes besteht jedoch darin, dass auch höchst überraschende Ereignisse nicht unbedingt erklärbürftig erscheinen. Auch ist der Zustand der Überraschung subjektiv von Person zu Person verschieden und hängt von ihrem Vorwissen ab. Trotz dieser Einschränkungen erweist sich das Gefühl der Überraschung aber als erster Anhaltspunkt, um den kognitiv-affektiven Zustand der Warum-Frage präziser zu bestimmen. Denn das Gefühl der Überraschung steht in einem engen Zusammenhang mit subjektiven Glaubensgraden, die sich als Wahrscheinlichkeitsfunktionen darstellen lassen. Das kognitive Gefühl der Überraschung kann etwa mithilfe von Shannons (1948) Maß der Information modellhaft quantifiziert und so für die Modellierung von Satzfragen verwendet werden. Auch bei den Warum-Fragen scheint das Überraschungsgefühl eine Rolle zu spielen, da über dieses Gefühl qualifiziert wird, wie ungewöhnlich oder erwartet eine Proposition ist. Was aber die epistemische Neugier – das *thaumázein* – auszeichnet, ist, dass damit auch incommensurable Größen mit erfasst und im besonderen Maße als erklärbürftig erkannt werden. Das Ergebnis

der Untersuchung ist also, dass die Verwunderung eine Struktur aufweist, welche einen geometrisch-mathematischen Ordnungsrahmen verlangt, innerhalb dessen der Zusammenhang verschiedener Größen wahr sein kann.

Meine Untersuchung der Warum-Frage und ihrer Erklärungsantworten ist aus Neugier über die Neugier motiviert. Der Ausgangspunkt sind die Fragen von Kindern, die interessante Probleme aufwerfen und damit die weitergehende Frage, aus welchen epistemischen Bedingungen heraus Kinder dies tun. Es ist zu erwarten, dass aus dem Dialog mit Kindern und der theoretischen Reflexion desselben noch mehr für die theoretische Philosophie gewonnen werden kann. Die kognitive Psychologie der Kindheit kann durchaus als experimentelle Philosophie angesehen werden. Auch wenn Piagets Theorie und seine Interpretationen heute als falsifiziert gelten können, so sind die Fragen, die er aufwirft, und generell das Programm einer experimentellen Erkenntnistheorie auch heute bei weitem nicht ausgeschöpft. Etwa die Rolle der epistemischen Gefühle und die Motivation, Dinge zu hinterfragen, sollten in zukünftigen Studien noch weiter untersucht und präziser modelliert werden. Die Hypothese der Typenunterscheidung in den Fragen von Kindern habe ich anhand der verfügbaren Daten in der Literatur aufgestellt. Sie muss aber noch genauer empirisch überprüft werden.

Bei der Modellierung des Zustandes der epistemischen Neugier erreicht diese Arbeit nicht die Tiefe, die für diese Fragestellung angemessen wäre. Wie genau das Gefühl der wissenschaftlichen Verwunderung mit Hilfe der Wahrscheinlichkeits- und Informationstheorie modelliert werden kann, ist in dieser Arbeit letztlich offengeblieben. Eine weitere Begrenzung meiner Arbeit besteht darin, dass ein wichtiger Aspekt des menschlichen Erklärungsdenkens nur oberflächlich behandelt wurde, nämlich die finalen Erklärungen. Bei finalen Erklärungen geht es um Erklärungen, die auf ein Ende hin gegeben werden und dadurch Zwecke oder Absichten in der Antwort anführen. Präzise Beschreibungen des Warums nach Erklärungen für Verhalten oder anderer komplexer Dynamiken wären überaus wünschenswert.

In unserem Alltagsdenken kommt es vor, dass wir das Fragenstellen als einen Ausdruck von Unwissenheit ansehen, vor allem wenn wir bereits im Besitz der Antwort sind. Betrachtet man aber die Unwissenheit bei der Frage genauer, dann ist sie tatsächlich kein Unwissen, sondern es liegt bereits im Moment des Aufwerfens der Frage eine Art von Wissen vor, nämlich als Beginn einer Suche nach einer wahren und adäquaten Erklärung. Die Erkenntnisse aus meiner Untersuchung der Warum-Frage legen nahe, dass der Prozess des Fragenstellens bzw. der Mechanismus von Frage und Antwort wesentlich bedeutender für das Verständnis der menschlichen Kognition ist als bisher angenommen. In der genaueren Betrachtung des Zusammenspiels von Frage und Antwort zeigen sich bestimmte Probleme der Psychologie und Erkenntnistheorie in einem anderen Licht. Die Frage etwa, wie die propositionale Struktur unserer Bewusstseinsinhalte zu erklären ist, wird nachvollziehbarer, wenn man Propositionen als das Resultat eines Frageprozesses ansieht. Der Sinn eines Satzes ist die Frage, die er beantwortet. Stellt uns ein dreijähriges Kind Fragen wie ›Warum wird Beton fest?‹, ›Warum schmilzt Schnee?‹ oder ›Warum sind manche Dächer flach und manche spitz?‹, dann gibt es zwei Reaktionen, die maximal ignorant sind. Die eine wäre zu sagen, dass es da nichts zu fragen gebe. Die andere wäre zu sagen, dass die Antwort viel zu kompliziert sei, um sie zu verstehen. Nicht ignorant ist natürlich die Antwort aus wissenschaftlicher Expertise. Aber diese erhält ihren Wert erst dann, wenn sie sich ganz auf die ursprüngliche Frage einlassen kann und alle Feinheiten des fragenstellenden Geistes bei der Erklärung berücksichtigt. Großartige Wissenschaft kann auch immer großartig erklären. Nicht ignorant wäre aber auch die Antwort ›Ich weiß es nicht‹, sofern mit ihr impliziert ist, dass die Person, die gefragt wurde, nun die gleiche fragende Haltung einnimmt wie das fragende Kind und sich eingestehen muss, dass sie nun selbst diese Frage hat. Darin zeigt sich, was die Warum-Frage in ihrem tiefsten Sinn ist: der Anfang des menschlichen Denkens.

8. Literatur

- Achinstein, P. (1983). *The Nature of Explanation*. Oxford University Press.
- Achinstein, P. (1984). The Pragmatic Character of Explanation. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1984, 275–292.
- Achinstein, P. (2010). *Evidence, Explanation, and Realism. Essays in the Philosophy of Science*. Oxford University Press.
- Aliseda, A. (2006). *Abductive reasoning: Logical Investigations into Discovery and Explanation*. Springer.
- Amsterlaw, J., & Wellman, H. M. (2006). Theories of Mind in Transition: A Microgenetic Study of the Development of False Belief Understanding. *Journal of Cognition and Development*, 7(2), 139–172. https://doi.org/10.1207/s15327647jcd0702_1
- Angela, J., Swaboda, N., & Ruggeri, A. (2020). Devolmental Changes in Question-Asking. In L. P. Butler, S. Ronfard, & K. H. Corriveau (Hg.), *The Questioning Child: Insights from Psychology and Education* (S. 118–143). Cambridge University Press.
- Aristoteles. (1966). *Metaphysik* (H. Carvallo & E. Grassi, Hg.; H. Bonitz, Übers.). Rowohlt.
- Aristoteles. (2021). *Physikvorlesung* (G. Heinemann, Hg.). Felix Meiner Verlag.
- Aristoteles. (2001). *The Basic Works of Aristotle* (R. McKeon, Hg.; New ed Edition). Modern Library.
- Austin, J. L. (1962). *How to Do Things with Words*. Clarendon Press.

- Babakr, Z. H., Mohamedamin, P., & Kakamad, K. (2019). Piaget's Cognitive Developmental Theory: Critical Review. *Education Quarterly Reviews*, 2(3), 517–524.
- Bacon, F. (1620/2009). *Neues Organon. Teilband 2: Zweisprachige Ausgabe* (W. Krohn, Hg.; R. Hoffmann & G. Korf, Übers.; 3. Aufl.). Felix Meiner Verlag.
- Baghramian, M. (2016). Quine, Naturalised Meaning and Empathy. *Argumenta*, 2(10), 25–41.
- Baillargeon, R. (1987). Object permanence in $3\frac{1}{2}$ - and $4\frac{1}{2}$ -month-old infants. *Developmental psychology*, 23(5), 655.
- Baillargeon, R. (2008). Innate Ideas Revisited: For a Principle of Persistence in Infants' Physical Reasoning. *Perspectives on Psychological Science*, 3(1), 2–13. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2008.00056.x>
- Baillargeon, R., Spelke, E. S., & Wasserman, S. (1985). Object permanence in five-month-old infants. *Cognition*, 20(3), 191–208. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90008-3)
- Baldi, P., & Itti, L. (2010). Of bits and wows: A Bayesian theory of surprise with applications to attention. *Neural Networks*, 23(5), 649–666. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2009.12.007>
- Baldwin, J. M. (1911). *Thought and Things. A Study of the Development and Meaning of Thought or Genetic Logic. Vol. III. Interest and Art, Being Real Logic. I. Genetic Epistemology*. George Allen & Co. <https://archive.org/details/thoughtandthing02baldgoog/page/n8>
- Bartelborth, T. (2007). *Erklären*. Walter de Gruyter.
- Bates, E. (1976). *Language and Context: The Acquisition of Pragmatics*. Academic Press.
- Baum, L. A., Danovitch, J. H., & Keil, F. C. (2008). Children's sensitivity to circular explanations. *Journal of experimental child psychology*, 100(2), 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.10.007>
- Begus, K., & Southgate, V. (2012). Infant pointing serves an interrogative function. *Developmental science*, 15(5), 611–617. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01160.x>
- Belnap, N. D., & Steel, T. B. (1976). *The Logic of Questions and Answers*. Yale University Press.

- Bennaim, A. (2015). *Information, Entropy, Life And The Universe: What We Know And What We Do Not Know* (Reprint Edition). World Scientific Publishing.
- Berlyne, D. E. (1954). A theory of human curiosity. *British Journal of Psychology. General Section*, 45(3), 180–191.
- Berlyne, D. E., & Frommer, F. D. (1966). Some Determinants of the Incidence and Content of Children's Questions. *Child Development*, 37(1), 177–189. <https://doi.org/10.2307/1126438>
- Bernstein, L. (1981). *The Unanswered Question: Six Talks at Harvard* (Revised ed). Harvard University Press.
- Beth, E. W., & Piaget, J. (1966). *Mathematical Epistemology and Psychology*. D. Reidl Publishing Company.
- Bharucha, J. J. (1984). Anchoring effects in music: The resolution of dissonance. *Cognitive Psychology*, 16(4), 485–518. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(84\)90018-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(84)90018-5)
- Bova, A., & Arcidiacono, F. (2013). Investigating children's Why-questions: A study comparing argumentative and explanatory function. *Discourse Studies*, 15(6), 713–734. <https://doi.org/10.1177/1461445613490013>
- Bower, T. G. R., Broughton, J., & Moore, M. K. (1971). Development of the object concept as manifested in changes in the tracking behavior of infants between 7 and 20 weeks of age. *Journal of Experimental Child Psychology*, 11(2), 182–193. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(71\)90074-9](https://doi.org/10.1016/0022-0965(71)90074-9)
- Braunfeld, P., Kaufman, B. A., & Haag, V. (1973). Mathematics Education: A Humanist Viewpoint. *Educational Technology*, 13(11), 43–49.
- Bromberger, S. (1966). Why-Questions. In R. G. Colodny (Hg.), *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy* (S. 86–111). University of Pittsburgh Press.
- Bromberger, S. (1992). *On What We Know We Don't Know. Explanation, Theory, Linguistics, and How questions Shape Them*. The University of Chicago Press.
- Bruner, J. S. (1960). *The Processes of Education*. Harvard University Press.
- Buchenau, S. (2011). Die Teleologie zwischen Physik und Theologie. *Aufklärung*, 23, 163–174.

- Burtt, E. A. (2003). *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. Dover Publications.
- Callanan, M. A., & Oakes, L. M. (1992). Preschoolers' questions and parents' explanations: Causal thinking in everyday activity. *Cognitive Development*, 7(2), 213–233. [https://doi.org/10.1016/0885-2014\(92\)90012-G](https://doi.org/10.1016/0885-2014(92)90012-G)
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. MIT Press.
- Carey, S. (2011). *The Origin of Concepts*. Oxford University Press.
- Carey, S., & Spelke, E. (1996). Science and Core Knowledge. *Philosophy of Science*, 63(4), 515–533. <https://doi.org/10.1086/289971>
- Carnap, R. (1962). *Logical Foundations of Probability*. University of Chicago Press.
- Carnap, R. (1995). *An Introduction to the Philosophy of Science* (M. Gardner, Hg.). Dover Publications.
- Carpenter, M., Nagell, K., Tomasello, M., Butterworth, G., & Moore, C. (1998). Social cognition, joint attention, and communicative competence from 9 to 15 months of age. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 63(4), i–174.
- Carruthers, P. (2017). Are epistemic emotions metacognitive? *Philosophical Psychology*, 30(1–2), 58–78. <https://doi.org/10.1080/09515089.2016.1262536>
- Carruthers, P. (2018). Basic questions. *Mind & Language*, 33(2), 130–147. <https://doi.org/10.1111/mila.12167>
- Cartwright, N. (1979). Causal Laws and Effective Strategies. *Noûs*, 13(4), 419–437. <https://doi.org/10.2307/2215337>
- Chin-Parker, S., & Bradner, A. (2010). Background shifts affect explanatory style: How a pragmatic theory of explanation accounts for background effects in the generation of explanations. *Cognitive Processing*, 11(3), 227–249. <https://doi.org/10.1007/s10339-009-0341-4>
- Chomsky, N. (1959). Review of Verbal behavior [Review of Review of *Verbal behavior*, von B. F. Skinner]. *Language*, 35(1), 26–58. <https://doi.org/10.2307/411334>
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the Theory of Syntax* (50. Aufl.). The MIT Press. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt17kk81z>

- Chouinard, M. M. (2007). Children's Questions: A Mechanism for Cognitive Development. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 72(1), 1–129.
- Chu, J., & Schulz, L. (2018). Cognitive pragmatism: Children flexibly endorse facts and conjectures. In C. Kalish, M. Rau, J. Zhu, T. Rogers (Ed.). *Proceedings of the 40th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. 226–232. <https://junyichu.mit.edu/sites/default/files/documents/2018-05-14%20CogSci%20Final.pdf>
- Church, A. (1941). *The Calculi of Lambda-Conversion*. Princeton University Press.
- Cimpian, A., & Erickson, L. C. (2012). The effect of generic statements on children's causal attributions: Questions of mechanism. *Developmental Psychology*, 48(1), 159–170. <https://doi.org/10.1037/a0025274>
- Colwell, G. (1996). Why-questions, determinism and circular reasoning. *Argumentation*, 10(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/BF00126156>
- Comte, A. (1923). *Soziologie. 1. Band: Der dogmatische Teil der Sozialphilosophie*. (V. Dorn, Übers.). Verlag von Gustav Fischer.
- Corriveau, K. H., & Kurkul, K. E. (2014). »Why Does Rain Fall?«: Children Prefer to Learn From an Informant Who Uses Noncircular Explanations. *Child Development*, 85(5), 1827–1835. <https://doi.org/10.1111/cde.v.12240>
- Corry, L. (2015). *A Brief History of Numbers*. Oxford University Press.
- Crowley, K., Callanan, M. A., Jipson, J. L., Galco, J., Topping, K., & Shrager, J. (2001). Shared scientific thinking in everyday parent-child activity. *Science Education*, 85(6), 712–732. <https://doi.org/10.1002/sce.1035>
- Curry, H. B. (1934). Functionality in Combinatory Logic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 20(11), 584–590. <https://doi.org/10.1073/pnas.20.11.584>
- Daily-Diamond, C. A., Gregg, C. E., & O'Reilly, O. M. (2017). The roles of impact and inertia in the failure of a shoelace knot. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 473(2200), 20160770. <https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0770>

- Darwin, C. (1877/2010). A biographical sketch of an infant. *Annals of Neurosciences*, 17(4), 187–190. <https://doi.org/10.5214/ans.0972.7531.1017409>
- Davidson, D. (1982). Rational Animals. *Dialectica*, 36(4), 317–327.
- Davis, E. A. (1932). The Form and Function of Children's Questions. *Child Development*, 3(1), 57–74. <https://doi.org/10.2307/1125754>
- Davis, G. E., & McGowen, M. A. (2002). *Function Machines & Flexible Algebraic Thought*. <https://eric.ed.gov/?id=ED467191>
- Denison, S., & Xu, F. (2010). Twelve- to 14-month-old infants can predict single-event probability with large set sizes. *Developmental Science*, 13(5), 798–803. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00943.x>
- Dennett, D. C. (1971). Intentional Systems. *The Journal of Philosophy*, 68(4), 87–106. <https://doi.org/10.2307/2025382>
- Dennett, D. C. (1978). Beliefs about Beliefs. *Behavioral and Brain Sciences*, 1(4), 568–570. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00076664>
- Descartes, R. (1642/2009). *Meditationen* (C. Wohlers, Übers.; 1. Aufl.). Felix Meiner Verlag.
- Dewey, J. (1938). *Logic. The Theory of Inquiry*. Henry Holt.
- Diakonis, P., Holmes, S., & Montgomery, R. (2007). Dynamical Bias in the Coin Toss. *SIAM Review*, 49(2), 211–235. <https://doi.org/10.1137/S0036144504446436>
- Donaldson, M. (1992). *Human Minds: An Exploration* (1st Edition). Viking Books.
- Downes, S. M. (1999). Can Scientific Development and Children's Cognitive Development Be the Same Process? *Philosophy of Science*, 66(4), 565–578.
- Ducheyne, S. (2006). Galileo's Interventionist Notion of »Cause«. *Journal of the History of Ideas*, 67(3), 443–464.
- Duhem, P. M. M. (1991). *The Aim and Structure of Physical Theory* (1. Princeton paperback print.). Princeton University Press.
- Eco, U. (1977). *Zeichen. Einführung in einen Begriff und seine Geschichte*. Suhrkamp.

- Eco, U. (1983). Horns, Hooves, Insteps. Some Hypotheses on Three Types of Abduction. In U. Eco & T. A. Sebeok (Hg.), *The Sign of the Three. Dupin, Holmes, Peirce* (S. 198–220). Indiana University Press.
- Eco, U. (2004). *The Name Of The Rose*. Random House.
- Egan, K. (2002). *Getting It Wrong from the Beginning: Our Progressivist Inheritance from Herbert Spencer, John Dewey, and Jean Piaget*. Yale University Press.
- Einstein, A. (1921). *Geometrie und Erfahrung*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-49903-6>
- Einstein, A. (1936). Physik und Realität. *Journal of the Franklin Institute*, 221(3), 313–347. [https://doi.org/10.1016/S0016-0032\(36\)91045-1](https://doi.org/10.1016/S0016-0032(36)91045-1)
- Einstein, A. (1970). *Albert Einstein: Philosopher—Scientist*. (P. A. Schilpp, Hg.). Open Court.
- Einstein, A. (1988). *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*. Springer.
- Eriksson, L., & Hájek, A. (2007). What Are Degrees of Belief? *Studia Logica: An International Journal for Symbolic Logic*, 86(2), 183–213.
- Falcon, A. (2019). Aristotle on Causality. In E. N. Zalta (Hg.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2019 Edition)*. <https://plato.stanford.edu/archives/spr2019/entries/aristotle-causality/>
- Faucher, L., Mallon, R., Nazer, D., Nichols, S., Ruby, A., Stich, S., & Weinberg, J. (2002). The Baby in the Lab-Coat: Why Child Development is Not an Adequate Model for Understanding the Development of Science. In P. Carruthers, S. P. Stich, & M. Siegal (Hg.), *The Cognitive Basis of Science* (S. 335–362). Cambridge University Press.
- Festinger, L. (1957). *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford University Press.
- Feynman, R. (1983). *Feynman: Magnets (and Why?) FUN TO IMAGINE 4* (2018, April 9). <https://www.youtube.com/watch?v=Q1lL-hXO27Q>
- Feynman, R. (1983/2012, Januar 8). *Richard Feynman on Why Questions*. Transcript from »Fun to Imagine« (4) (Dokumentary). BBC 1983 (Producer: Christopher Sykes). *LessWrong*. <https://www.lesswrong.com/posts/W9rJv26sxs4g2B9bL/transcript-richard-feynman-on-why-questions>

- Fine, A. (1996). Science as Child's Play: Tales from the Crib. *Philosophy of Science*, 63(4), 534–537. <https://doi.org/10.1086/289972>
- Fonagy, P. (2008). *Affektregulierung, Mentalisierung und die Entwicklung des Selbst* (3. Aufl.). Klett-Cotta.
- Frank, A. (2013). *Anne Frank Gesamtausgabe. Tagebücher—Geschichten und Ereignisse aus dem Hinterhaus—Erzählungen—Briefe—Fotos und Dokumente* (Anne Frank Fonds Basel, Hg.; M. Pressler, Übers.). S. Fischer.
- Frazier, B. N., Gelman, S. A., & Wellman, H. M. (2009). Preschoolers' Search for Explanatory Information Within Adult–Child Conversation. *Child Development*, 80(6), 1592–1611. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01356.x>
- Frazier, B. N., Gelman, S. A., & Wellman, H. M. (2016). Young Children Prefer and Remember Satisfying Explanations. *Journal of Cognition and Development*, 17(5), 718–736. <https://doi.org/10.1080/15248372.2015.1098649>
- Frege, G. (1884/1986). *Die Grundlagen der Arithmetik. Eine logisch mathematische Untersuchung über den Begriff der Zahl* (C. Thiel, Hg.). Felix Meiner Verlag.
- Frege, G. (1891/2002). *Funktion—Begriff—Bedeutung* (M. Textor, Hg.). Vandenhoeck & Ruprecht.
- Friedman, J. (2013). Question-Directed Attitudes. *Philosophical Perspectives*, 27(1), 145–174. <https://doi.org/10.1111/phpe.12026>
- Frurth, H. G. (1986). *Intelligenz und Erkennen: Die Grundlagen der genetischen Erkenntnistheorie Piagets*. Suhrkamp.
- Galilei Galileo. (1638/1734). *Mathematical discourses concerning two new sciences relating to mechanicks and local motion, in four dialogues*. (J. Weston, Hg.; T. Weston, Übers.). Samuel Baker. https://archive.org/details/details/bim_eighteenth-century_mathematical-discourses-_galilei-galileo_1734/mode/2up
- Gärdenfors, P. (1988). *Knowledge in Flux: Modeling the Dynamics of Epistemic States*. MIT Press.
- Gauvain, M., Munroe, R. L., & Beebe, H. (2013). Children's Questions in Cross-Cultural Perspective: A Four-Culture Study. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 44(7), 1148–1165. <https://doi.org/10.1177/0022022113485430>

- Gelman, S. A. (2005). *The Essential Child. Origins of Essentialism in Everyday Thought*. Oxford University Press.
- Glymour, C. N. (2001). *The mind's arrows: Bayes nets and graphical causal models in psychology*. MIT Press.
- Goddu, M. K., & Gopnik, A. (2022). Scientific Thinking and Reasoning in Infants and Young Children. In O. Houdé & G. Borst (Hg.), *The Cambridge Handbook of Cognitive Development* (S. 299–317). Cambridge University Press.
- Gödel, K. (2003). *Kurt Gödel: Collected Works: Volume IV: Selected Correspondence, A-G* (S. Feferman, J. W. Dawson, W. Goldfarb, C. Parsons, & W. Sieg, Hg.). Clarendon Press.
- Good, I. J. (1960). Weight of Evidence, Corroboration, Explanatory Power, Information and the Utility of Experiments. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 22(2), 319–331.
- Gopnik, A. (1996a). The Post-Piaget Era. *Psychological Science*, 7(4), 221–225. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1996.tb00363.x>
- Gopnik, A. (1996b). The Scientist as Child. *Philosophy of Science*, 63(4), 485–514. <https://doi.org/10.1086/289970>
- Gopnik, A. (1998). Explanation as Orgasm. *Minds and Machines*, 8(1), 101–118. <https://doi.org/10.1023/A:1008290415597>
- Gopnik, A. (2012). Scientific Thinking in Young Children: Theoretical Advances, Empirical Research, and Policy Implications. *Science*, 337(6102), 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1223416>
- Gopnik, A. (2016). *The Gardener and the Carpenter: What the New Science of Child Development Tells Us About the Relationship Between Parents and Children*. Farrar, Straus and Giroux.
- Gopnik, A. (2022). Causal Models and Cognitive Development. In *Probabilistic and Causal Inference: The Works of Judea Pearl* (1. Aufl., Bd. 36, S. 593–604). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3501714.3501746>
- Gopnik, A., Glymour, C., Sobel, D. M., Schulz, L. E., Kushnir, T., & Danks, D. (2004a). A Theory of Causal Learning in Children: Causal Maps and Bayes Nets. *Psychological Review*, 111(1), 3–32. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.111.1.3>

- Gopnik, A., Glymour, C., Sobel, D. M., Schulz, L. E., Kushnir, T., & Danks, D. (2004b). A theory of causal learning in children: Causal maps and Bayes nets. *Psychological review*, 111(1), 3. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.111.1.3>
- Gopnik, A., & Meltzoff, A. N. (1998). *Words, Thoughts and Theories*. MIT Press.
- Gopnik, A., Sobel, D. M., Schulz, L. E., & Glymour, C. (2001). Causal learning mechanisms in very young children: Two-, three-, and four-year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. *Developmental Psychology*, 37(5), 620–629. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.620>
- Gopnik, A., & Wellman, H. M. (1992). Why the Child's Theory of Mind Really Is a Theory. *Mind & Language*, 7(1–2), 145–171. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0017.1992.tb00202.x>
- Gopnik, A., & Wellman, H. M. (2012). Reconstructing constructivism: Causal models, Bayesian learning mechanisms, and the theory theory. *Psychological Bulletin*, 138(6), 1085–1108. <https://doi.org/10.1037/a0028044>
- Gould, S. J. (1977). *Ontogeny and Phylogeny*. Belknap Press of Harvard University Press.
- Graesser, A. C., & Olde, B. A. (2003). How does one know whether a person understands a device? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. *Journal of Educational Psychology*, 95(3), 524–536. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.3.524>
- Granström, J. G. (2011). *Treatise on Intuitionistic Type Theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1736-7>
- Grice, H. P. (1975). Logic and Conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Hg.), *Syntax and Semantics: Bd. 3 Speech Acts* (S. 41–58). Academic Press.
- Griffiths, T. L., & Tenenbaum, J. B. (2007). From mere coincidences to meaningful discoveries. *Cognition*, 103(2), 180–226. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.03.004>
- Grimm, S. R. (2008). Epistemic Goals and Epistemic Values. *Philosophy and Phenomenological Research*, 77(3), 725–744. <https://doi.org/10.1111/j.1933-1592.2008.00217.x>

- Haeckel, E. (1874). *Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Grundzüge der menschlichen Keimes- und Stammes-Geschichte*. Verlag von Wilhelm Engelmann.
- Haith, M. M. (1998). Who put the cog in infant cognition? Is rich interpretation too costly? *Infant Behavior and Development*, 21(2), 167–179. [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(98\)90001-7](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(98)90001-7)
- Hall, N. (2004). Two Concepts of Causation. In J. Collins, N. Hall, & L. Paul (Hg.), *Causation and Counterfactuals* (S. 225–276). MIT Press.
- Halpern, J. Y. (2016). *Actual Causality*. MIT Press.
- Hamblin, C. L. (1958). Questions. *Australasian Journal of Philosophy*, 36(3), 159–168. <https://doi.org/10.1080/00048405885200211>
- Hanson, N. R. (1965). *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. University Press.
- Harlow, S., Cummings, R., & Aberasturi, S. M. (2007). Karl Popper and Jean Piaget: A Rationale for Constructivism. *The Educational Forum*, 71(1), 41–48. <https://doi.org/10.1080/00131720608984566>
- Harman, G. H. (1965). The Inference to the Best Explanation. *The Philosophical Review*, 74(1), 88. <https://doi.org/10.2307/2183532>
- Harris, P. L. (2012). The child as anthropologist. *Journal for the Study of Education and Development*, 35(3), 259–277. <https://doi.org/10.1174/021037012802238920>
- Harris, P. L. (2020). The Point, the Shrug, and the Question of Clarification. In L. P. Butler, S. Ronfard, & K. H. Corriveau (Hg.), *The Questioning Child: Insights from Psychology and Education* (S. 29–50). Cambridge University Press.
- Harris, P. L., Koenig, M. A., Corriveau, K. H., & Jaswal, V. K. (2018). Cognitive Foundations of Learning from Testimony. *Annual Review of Psychology*, 69(1), 251–273. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011710>
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1984). Two courses of expertise. 乳幼児発達臨床センター年報= *Research and Clinical Center for Child Development Annual Report*, 6, 27–36.
- Hausman, D. M. (2005). Causal Relata: Tokens, Types, or Variables? *Erkenntnis* (1975-), 63(1), 33–54.

- Hawking, S. W. (1988). *Eine kurze Geschichte der Zeit. Die Suche nach der Urkraft des Universums.* (H. Kober, Übers.). Rowohlt.
- Hawkins, J., Pea, R. D., Glick, J., & Scribner, S. (1984). »Merds that laugh don't like mushrooms«: Evidence for deductive reasoning by preschoolers. *Developmental Psychology*, 20(4), 584–594. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.20.4.584>
- Hempel, C. G. (1942). The Function of General Laws in History. *The Journal of Philosophy*, 39(2), 35–48. <https://doi.org/10.2307/2017635>
- Hempel, C. G. (1965). *Aspects of Scientific Explanation: And Other Essays in the Philosophy of Science.* Free Press.
- Hempel, C. G., & Oppenheim, P. (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science*, 15(2), 135–175. <https://doi.org/10.1086/286983>
- Hickling, A. K., & Wellman, H. M. (2001). The Emergence of Children's Causal Explanations and Theories: Evidence From Everyday Conversation. *Developmental Psychology*, 37(5), 668–683. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.668>
- Hildebrandt, F., & Musholt, K. (2020). Teaching Rationality—Sustained Shared Thinking as a Means for Learning to Navigate the Space of Reasons. *Journal of Philosophy of Education*, 54(3), 582–599. <https://doi.org/10.1111/1467-9752.12407>
- Hildebrandt, F., Scheidt, A., Hildebrandt, A., Hédervári-Heller, É., & Dreier, A. (2016). Sustained shared thinking als Interaktionsformat und das Sprachverhalten von Kindern. *Frühe Bildung*, 5(2), 82–90. <https://doi.org/10.1026/2191-9186/a000256>
- Hintikka, J. (1981). On the Logic of an Interrogative Model of Scientific Inquiry. *Synthese*, 47(1), 69–83.
- Hintikka, J., & Halonen, I. (1995). Semantics and Pragmatics for Why-Questions. *The Journal of Philosophy*, 92(12), 636–657. <https://doi.org/10.2307/2941100>
- Hintikka, J., & Hintikka, M. B. (1983). Sherlock Holmes Confronts Modern Logic. Toward a Theory of Information-Seeking through Questioning. In U. Eco & T. A. Sebeok (Hg.), *The Sign of the Three. Dupin, Holmes, Peirce* (S. 154–169). Indiana University Press.

- Hitchcock, C. R. (1995). Salmon on Explanatory Relevance. *Philosophy of Science*, 62(2), 304–320. <https://doi.org/10.1086/289858>
- Hobbes, T. (1651/1929). *Hobbes's Leviathan. Reprinted from the edition of 1651*. Oxford University Press. <http://archive.org/details/hobbessleviatha>
- noohobbuoft
- Hoeppe, G. (1999). *Blau. Die Farbe des Himmels*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Hood, L., Bloom, L., & Brainerd, C. J. (1979). What, When, and How about Why: A Longitudinal Study of Early Expressions of Causality. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 44(6), 1–47. <https://doi.org/10.2307/1165989>
- Howard, W. A. (1980). The Formulae-as-Types Notion of Construction. In J. R. Hindley & J. P. Seldin (Hg.), *To H. B. Curry: Essays on Combinatory Logic, Lambda Calculus, and Formalism*. Academic Press.
- Hüttemann, A. (2013). *Ursachen*. De Gruyter.
- Inan, I. (2017). *The Philosophy of Curiosity*. Routledge.
- Inwagen, P. van. (2008). *Metaphysics* (3. Aufl.). Westview Press.
- Isaacs, N. (1930). Children's Why Questions. In S. Isaacs, *Intellectual Growth In Young Children* (S. 291–349). George Routledge & Sons.
- Isaacs, S. (1931). The Child as Scientist. *The Spectator*. <http://archive.spectator.co.uk/page/8th-august-1931/6>
- Ives, Charles. (1908/1998). *Ives: The Unanswered Question; Holidays; Central Park in the Dark/Carter: Concerto for Orchestra* [Recorded by Carter, El-liott, Vacchiano, William, & Leonard Bernstein]. Sony Classical.
- Jaynes, E. T. (2003). *Probability Theory: The Logic of Science* (G. L. Bretthorst, Hg.; 1. Aufl.). Cambridge University Press.
- Jeffreys, H. (1936). The Problem of Inference. *Mind*, 45(179), 324–333.
- Johnson-Laird, P. N., Oakhill, J., & Bull, D. (1986). Children's syllogistic reasoning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 38(1), 35–58.
- Kahneman, D., & Miller, D. T. (1986). Norm theory: Comparing reality to its alternatives. *Psychological Review*, 93(2), 136–153. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.93.2.136>
- Kant, I. (1787/1998). *Kritik der reinen Vernunft* (J. Timmermann, Hg.). Felix Meiner Verlag.

- Karmiloff-Smith, A. (1988). The Child is a Theoretician, Not an Inductivist. *Mind & Language*, 3(3), 183–196. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0017.1988.tb00142.x>
- Karmiloff-Smith, A., & Inhelder, B. (1974). If you want to get ahead, get a theory. *Cognition*, 3(3), 195–212. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(74\)90008-0](https://doi.org/10.1016/0010-0277(74)90008-0)
- Keil, F. C. (1992). The origins of an autonomous biology. In M. R. Gunnar & M. Maratsos (Hg.), *Modularity and constraints in language and cognition* (S. 103–137). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Keil, F. C. (1995). The Growth of Causal Understandings of Natural Kinds. In *Causal Cognition: A Multidisciplinary Debate* (S. 234–267). Clarendon Press/Oxford University Press.
- Keil, F. C. (1996). *Concepts, Kinds, and Cognitive Development*. MIT Press.
- Keil, F. C. (2022). *Wonder. Childhood and the Lifelong Love of Science*. The MIT Press.
- Keil, G. (2014). Wie fängt (man) eine Handlung an? In A.-S. Spann & D. Wehinger (Hg.), *Vermögen und Handlung. Der dispositionale Realismus und unser Selbstverständnis als Handelnde* (S. 135–157). Mentis.
- Kelemen, D. (1999). The scope of teleological thinking in preschool children. *Cognition*, 70(3), 241–272. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00010-4)
- Kelemen, D. (2004). Are Children »Intuitive Theists«?: Reasoning About Purpose and Design in Nature. *Psychological Science*, 15(5), 295–301. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00672.x>
- Kidd, C., & Hayden, B. Y. (2015). The Psychology and Neuroscience of Curiosity. *Neuron*, 88(3), 449–460. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.09.010>
- Kidd, C., Piantadosi, S. T., & Aslin, R. N. (2012). The Goldilocks Effect: Human Infants Allocate Attention to Visual Sequences That Are Neither Too Simple Nor Too Complex. *PLOS ONE*, 7(5), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036399>
- Kim, J. (1988). What Is »Naturalized Epistemology?« *Philosophical Perspectives*, 2, 381. <https://doi.org/10.2307/2214082>
- Kitcher, P. (2004). The Ends of the Sciences. In B. Leiter (Hg.), *The Future for Philosophy*. Oxford University Press.

- Kitcher, P., & Salmon, W. (1987a). Van Fraassen on Explanation. *The Journal of Philosophy*, 84(6), 315. <https://doi.org/10.2307/2026782>
- Kitcher, P., & Salmon, W. (1987b). Van Fraassen on Explanation. *The Journal of Philosophy*, 84(6), 315–330. <https://doi.org/10.2307/2026782>
- Klein, M. (1932). *Die Psychoanalyse des Kindes*. Internationaler Psychoanalytischer Verlag. https://archive.org/details/DiePsychoanalyseDesKindes_869
- Knorr, W. R. (1975). *The Evolution of the Euclidean Elements: A Study of the Theory of Incommensurable Magnitudes and Its Significance for Early Greek Geometry*. D. Reidl Publishing Company.
- König, A. (2010). *Interaktion als didaktisches Prinzip: Bildungsprozesse bewusst begleiten und gestalten*. Fachbuch (1.). Bildungsverlag EINS.
- Koops, W. (2015). Haeckel and levels of development. *European Journal of Developmental Psychology*, 12(6), 640–655. <https://doi.org/10.1080/17405629.2015.1092434>
- Koura, A. (1988). An approach to why-questions. *Synthese*, 74(2), 191–206. <https://doi.org/10.1007/BF00869552>
- Kovács, Á. M., Tauzin, T., Téglás, E., Gergely, G., & Csibra, G. (2014). Pointing as Epistemic Request: 12-month-olds Point to Receive New Information. *Infancy*, 19(6), 543–557. <https://doi.org/10.1111/infa.12060>
- Kuhn, T. S. (2012). *The Structure of Scientific Revolutions* (4. Aufl.). University of Chicago Press.
- Künne, W. (2007). *Abstrakte Gegenstände: Semantik und Ontologie*. Klostermann.
- Kurzweil, P. (1999). Größenverhältnis. In *Das Vieweg Einheiten-Lexikon: Formeln und Begriffe aus Physik, Chemie und Technik*. Vieweg & Sohn.
- Kushnir, T., Xu, F., & Wellman, H. M. (2010). Young Children Use Statistical Sampling to Infer the Preferences of Other People. *Psychological Science*, 21(8), 1134–1140. <https://doi.org/10.1177/0956797610376652>
- Lazarsfeld, P. F. (1935). The Art of Asking WHY in Marketing Research: Three Principles Underlying the Formulation of Questionnaires. *National Marketing Review*, 1(1), 26–38.

- Leibniz, G. W. (1714/2014). *Monadologie und andere metaphysische Schriften: Zweisprachige Ausgabe* (U. J. Schneider, Hg.; 1. Aufl.). Felix Meiner Verlag.
- Leibniz, G. W. (1704/1999). *Neue Abhandlungen über den menschlichen Verstand* (E. Cassirer, Übers.; Bd. 3). Felix Meiner Verlag.
- Leroy, M., Mathiot, E., & Morgenstern, A. (2009). Pointing gestures, vocalizations and gaze: Two case studies. *Language and Cognition*, 261–275.
- Leslie, S.-J., & Lerner, A. (2016). Generic Generalizations. In E. N. Zalta (Hg.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016). <https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/generics/>
- LeVine III, H. (2009). *The Great Explainer. The Story of Richard Feynman*. Morgan Reynolds Publishing.
- Lewis, D. K. (1986). Causal Explanation. In D. K. Lewis, *Philosophical Papers II* (S. 214–240). Oxford University Press.
- Lipton, P. (2004). *Inference to the best explanation*. Routledge: Taylor and Francis Group.
- Liszkowski, U., Carpenter, M., Henning, A., Striano, T., & Tomasello, M. (2004). Twelve-month-olds point to share attention and interest. *Developmental Science*, 7(3), 297–307. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2004.00349.x>
- Liszkowski, U., Carpenter, M., Striano, T., & Tomasello, M. (2006). 12- and 18-Month-Olds Point to Provide Information for Others. *Journal of Cognition and Development*, 7(2), 173–187. https://doi.org/10.1207/s15327647jcd0702_2
- Locke, J. (1690/1975). *An Essay concerning Human Understanding* (P. N. Nidditch, Hg.). Clarendon Press.
- Locke, J. (1693/1989). *Some Thoughts concerning Education* (J. W. Yolton & J. S. Yolton, Hg.). Clarendon Press.
- Locke, J. (1706/1993). *Of the Conduct of the Understanding* (J. Yolton, Hg.). Thoemmes Press.
- Lombrozo, T. (2012). *Explanation and Abductive Inference*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199734689.013.001>

- Mach, E. (1906). *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*. Verlag von Johann Ambrosius Barth.
- Mach, E. (1922). *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen* (6. Aufl.). Verlag von Gustav Fischer.
- Machamer, P. (1978). Galileo and the Causes. In R. E. Butts & J. C. Pitt (Hg.), *New Perspectives on Galileo. Papers Deriving from and Related to a Workshop on Galileo held at Virginia Polytechnic Institute and State University 1975*. (S. 161–180). D. Reidl Publishing Company.
- Machamer, P. (2017). Galileo Galilei. In E. N. Zalta (Hg.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2017 Edition)*. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/galileo>
- Mack, E. (2017, Juli 11). *Knot kidding: Science explains why shoelaces come untied*. CNET. <https://www.cnet.com/news/shoelaces-knot-untied-uc-berkeley-physics-dna/>
- MacWhinney, B., & Snow, C. (1985). The child language data exchange system. *Journal of child language*, 12(2), 271–295.
- MacWhinney, B., & Snow, C. (1990). The child language data exchange system: An update. *Journal of child language*, 17(2), 457–472.
- Martin-Löf, P. (1987). Truth of a Proposition, Evidence of a Judgement, Validity of a Proof. *Synthese*, 73(3), 407–420.
- Matthews, G. B. (2008). Getting Beyond the Deficit Conception of Childhood: Thinking Philosophically with Children. In M. Hand & C. Winstanley (Hg.), *Philosophy in Schools* (S. 27–40). Continuum.
- Matthews, G. B. (2009). Philosophy and Developmental Psychology: Outgrowing the Deficit Conception of Childhood. In H. Siegel (Hg.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Education* (S. 162–176). Oxford University Press.
- Matthews, G., & Mullin, A. (2018). The Philosophy of Childhood. In E. N. Zalta (Hg.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2018). <http://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/childhood/>
- McGrew, T. (2003). Confirmation, Heuristics, and Explanatory Reasoning. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 54(4), 553–567.
- McNeill, S. (2011, Juli 18). A dialogue with Sarah, aged 3: In which it is shown that if your dad is a chemistry professor, asking »why« can be dangerous. *Science Creative Quarterly (SCQ)*. <https://www.scq.ubc.ca>

- /a-dialogue-with-sarah-aged-3-in-which-it-is-shown-that-if-your-dad-is-a-chemistry-professor-asking-%E2%80%9Cwhy%E2%80%9D-can-be-dangerous-5/
- Meins, E. (1997). *Security of Attachment and the Social Development of Cognition*. Psychology Press.
- Mills, C. M., Sands, K. R., Rowles, S. P., & Campbell, I. L. (2019). »I Want to Know More!«: Children Are Sensitive to Explanation Quality When Exploring New Information. *Cognitive Science*, 43(1), e12706. <https://doi.org/10.1111/cogs.12706>
- Mody, S., & Carey, S. (2016). The emergence of reasoning by the disjunctive syllogism in early childhood. *Cognition*, 154, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.05.012>
- Mogel, H. (2008). *Psychologie des Kinderspiels: Von den frühesten Spielen bis zum Computerspiel*. Springer Medizin Verlag.
- Mosher, F. A., & Hornsby, J. R. (1966). On asking questions. In J. Bruner, R. Oliver, & P. Greenfield (Hg.), *Studies in Cognitive Growth* (S. 86–101). Wiley.
- Movshovitz-Hadar, N. (2001). The Notion of Proof. In *Mathematics Education: An Encyclopedia* (S. 585–591). Routledge Falmer Publishing. https://www.researchgate.net/publication/263926838_The_Notion_of_Proof
- Munakata, Y. (2000). Challenges to the Violation-of-Expectation Paradigm: Throwing the Conceptual Baby Out With the Perceptual Processing Bathwater? *Infancy*, 1(4), 471–477. https://doi.org/10.1207/S15327078IN0104_7
- Murphy, G. L., & Medin, D. L. (1985). The Role of Theories in Conceptual Coherence. *Psychological Review*, 92(3), 289–316. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.92.3.289>
- Nagel, E. (1961). *The Structure of Science. Problems in the Logic Scientific Explanation*. Harcourt, Brace & World.
- Nour, M. M., Dahoun, T., Schwartenbeck, P., Adams, R. A., FitzGerald, T. H. B., Coello, C., Wall, M. B., Dolan, R. J., & Howes, O. D. (2018). Dopaminergic basis for signaling belief updates, but not surprise, and the link to paranoia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(43), E10167–E10176. <https://doi.org/10.1073/pnas.1809298115>

- Oaksford, M., & Chater, N. (1994). A rational analysis of the selection task as optimal data selection. *Psychological Review*, 101(4), 608.
- Ogden, C. K., & Richards, I. A. (2001). *The Meaning of Meaning. A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism* (J. Constable, Hg.). Routledge.
- Paavola, S. (2004). Abduction as a Logic and Methodology of Discovery: The Importance of Strategies. *Foundations of Science*, 9(3), 267–283. <https://doi.org/10.1023/B:FODA.0000042843.48932.25>
- Pearl, J. (2009). *Causality* (2. Aufl.). Cambridge University Press.
- Pearl, J. (2018). *The Book of Why. The New Science of Cause and Effect*. Basic Books.
- Peirce, C. S. (1935). *Pragmatism and Pragmaticism* (C. Hartshorne & P. Weiss, Hg.; Bd. 5). Belknap Press of Harvard University Press.
- Piaget, J. (1968). Le Point De Vue De Piaget. *International Journal of Psychology*, 3(4), 281–299. <https://doi.org/10.1080/00207596808246651>
- Piaget, J. (1972). *Die Entwicklung des Erkennens: Das Mathematische Denken*. Klett-Cotta.
- Piaget, J. (1973a). *Die Entwicklung des Erkennens: Das biologische Denken. Das psychologische Denken. Das soziologische Denken*. Klett-Cotta.
- Piaget, J. (1973b). *Einführung in die genetische Erkenntnistheorie* (F. Herborth, Übers.; Deutsche Erstausgabe). Suhrkamp Verlag.
- Piaget, J. (1974). *Weisheit und Illusionen der Philosophie* (F. Herborth, Übers.; 1. Aufl.). Suhrkamp Verlag.
- Piaget, J. (1923/1975). *Sprechen und Denken des Kindes: Bd. Original (1923): Le langage et la pensée chez l'enfant. Etudes de la logique de l'enfant I*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé. Pädagogischer Verlag Schwann.
- Piaget, J. (1926/1988). *Das Weltbild des Kindes* (L. Bernard, Übers.). Deutscher Taschenbuch Verlag; Klett-Cotta.
- Piaget, J. (1992a). *Biologie und Erkenntnis: Über die Beziehungen von organischen Regulationen und kognitiven Prozessen* (A. Geyer, Übers.).
- Piaget, J. (1992b). *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. (H. Aebli, Hg.). Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1980). *Von der Logik des Kindes zur Logik des Heranwachsenden: Essay über die Ausformung der formalen operativen Strukturen* (L. Bernard, Übers.). Klett-Cotta.

- Pierce, D. (2017). On Commensurability and Symmetry. *Journal of Humanistic Mathematics*, 7(2), 90–148.
- Pietarinen, A.-V., & Bellucci, F. (2014). New Light on Peirce's Conceptions of Retrodiction, Deduction, and Scientific Reasoning. *International Studies in the Philosophy of Science*, 28(4), 353–373. <https://doi.org/10.1080/02698595.2014.979667>
- Platon. (1986). *Platon Theätet.* (E. Martens, Hg.). Reclam.
- Platon. (2018). *Platon Menon.* (T. Ebert, Hg.) De Gruyter.
- Poincaré, H. (1904). *Wissenschaft und Hypothese: Autorisierte deutsche Ausgabe mit erläuternden Anmerkungen.* B. G. Teubner. <http://archive.org/details/wissenschaftund00lindgoog>
- Polanyi, M. (1983). *The Tacit Dimension.* Peter Smith.
- Popper, K. (1935). *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft.* Verlag von Julius Springer.
- Popper, K. R. (1984). *Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf* (H. Vetter, Übers.). Hoffmann und Campe.
- Putnam, H. (1982). Why Reason Can't Be Naturalized. *Synthese*, 52(1), 3–23.
- Quine, W. V. (1969). *Ontological Relativity and other Essays.* Columbia University Press.
- Quine, W. V. O. (1990). *Pursuit of truth.* Harvard University Press.
- Quine, W. V. O. (1995). *From Stimulus to Science.* Harvard University Press.
- Quine, W. V. O. (2008). *Quine in Dialogue* (Dagfinn. Føllesdal & D. B. Quine, Hg.). Harvard University Press.
- Quine, W. V. O. (2013). *Word and Object.* MIT Press.
- Rasmussen, V. (1922). *Child Psychology—I.* Alfred A. Knopf.
- Reichenbach, H. (1938). *Experience and Prediction. An Analysis of the Foundations and the Structure of Knowledge.* University of Chicago Press.
- Rickman, P. (1999). *The Philosopher as Joker | Issue 25 | Philosophy Now.* philosophynow.org. https://philosophynow.org/issues/25/The_Philosopher_as_Joker
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in Thinking. Cognitive Development in Social Context.* Oxford University Press.
- Rogoff, B., & Toma, C. (1997). Shared thinking: Community and institutional variations. *Discourse processes*, 23(3), 471–497.

- Ronfard, S., Zambrana, I. M., Hermansen, T. K., & Kelemen, D. (2018). Question-asking in childhood: A review of the literature and a framework for understanding its development. *Developmental Review*, 49, 101–120. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2018.05.002>
- Rotman, B. (1977). *Jean Piaget. Psychologist of the Real*. Harvester Press.
- Rousseau, J.-J. (2009). *Emil oder über die Erziehung* (L. Schmidts, Übers.). Schöningh.
- Ruben, D.-H. (1990). *Explaining Explanation*. Routledge.
- Ruggeri, A., & Feufel, M. A. (2015). How basic-level objects facilitate question-asking in a categorization task. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00918>
- Ruggeri, A., & Lombrozo, T. (2015). Children adapt their questions to achieve efficient search. *Cognition*, 143, 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.07.004>
- Russell, B. (1912). On the Notion of Cause. *Proceedings of the Aristotelian Society*, 13, 1–26.
- Russell, B. (1948). *Human Knowledge: Its Scope and Limits*. George Allen & Unwin Ltd.
- Sacks, H., Schegloff, E. A., & Jefferson, G. (1974). A Simplest Systematics for the Organization of Turn-Taking for Conversation. *Language*, 50(4), 696–735.
- Salmon, W. C. (1971). *Statistical Explanation and Statistical Relevance*. University of Pittsburgh Press.
- Salmon, W. C. (1978). Why Ask, »Why?«? An Inquiry concerning Scientific Explanation. *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association*, 51(6), 683–705. <https://doi.org/10.2307/3129654>
- Salmon, W. C. (1984). *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton University Press.
- Salmon, W. C. (1989). Four Decades of Scientific Explanation. In W. C. Salmon & P. Kitcher (Hg.), *Scientific Explanation* (S. 3–219). University of Minnesota Press.
- Scheffler, I. (1981). In Praise of the Cognitive Emotions. *Thinking. The Journal of Philosophy for Children*. <https://doi.org/10.5840/thinking1981323>

- Scheibe, E. (1976). Kausalgesetz. In J. Ritter & K. Gründer (Hg.), *Historisches Wörterbuch der Philosophie* (Bd. 4, S. 790–798). Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Scheidt, A. (2011). *Warum? Kinder erklären sich die Welt. Philosophische Nachdenkgespräche im Kindergarten*. Bananenblau.
- Scholz, O. R. (2011). Konjektur. In G. Ueding & G. Kalivoda (Hg.), *Historisches Wörterbuch der Rhetorik.: Bd. 10 Nachträge A-Z* (S. 486–496). Walter de Gruyter.
- Schöner, G., & Thelen, E. (2006). Using dynamic field theory to rethink infant habituation. *Psychological Review*, 113(2), 273–299. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.113.2.273>
- Scriven, M. (1962). Explanations, predictions, and laws. In H. Feigl & G. Maxwell (Hg.), *Scientific Explanation, Space, and Time* (Bd. 3, S. 170–230). University of Minnesota Press.
- Scupin, E., & Scupin, G. (1910). *Vier Lebensjahre »Bubi«. Eine Beispielsammlung aus dem Tagebuch über die geistige Entwicklung eines Knaben*. Verlag der Dürr'schen Buchhandlung.
- Searle, J. R. (1976). A Classification of Illocutionary Acts. *Language in Society*, 5(1), 1–23. <https://doi.org/10.1017/S0047404500006837>
- Shaheen, J. (2010). *Relevance-Based Partition Semantics for Why-Questions*. Universiteit van Amsterdam.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell system technical journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Simon, H. A., & Rescher, N. (1966). Cause and counterfactual. *Philosophy of Science*, 33(4), 323–340. <https://doi.org/10.1086/288105>
- Sintonen, M. (1984). On the Logic of Why-Questions. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1984, 168–176.
- Sintonen, M. (1989). Explanation: In Search of the Rationale. In W. C. Salmon & P. Kitcher (Hg.), *Scientific Explanation* (S. 253–282). University of Minnesota Press.
- Sintonen, M. (1993). In search of explanations: From why-questions to Shakespearean questions. *Philosophica*, 51(1), 55–81.
- Sintonen, M. (1999). Why Questions, and Why Just Why-Questions? *Synthese*, 120(1), 125–135.

- Siraj-Blatchford, I., Kathy, S., Muttock, S., Gilden, R., & Bell, D. (2002). *Researching effective pedagogy in the early years*. Department for Education and Skills. <https://www.327matters.org/docs/rr356.pdf>
- Skow, B. (2016). *Reasons Why*. Oxford University Press.
- Smith, M. E. (1933). The Influence of Age, Sex, and Situation on the Frequency, Form and Function of Questions Asked by Preschool Children. *Child Development*, 4(3), 201–213. <https://doi.org/10.2307/1125682>
- Sobel, D. M., Tenenbaum, J. B., & Gopnik, A. (2004). Children's causal inferences from indirect evidence: Backwards blocking and Bayesian reasoning in preschoolers. *Cognitive Science*, 28(3), 303–333. https://doi.org/10.1207/s15516709cog2803_1
- Solomon, M. (1996). Commentary on Alison Gopnik's »The Scientist as Child«. *Philosophy of Science*, 63(4), 547–551.
- Southgate, V., Van Maanen, C., & Csibra, G. (2007). Infant pointing: Communication to cooperate or communication to learn? *Child development*, 78(3), 735–740.
- Spelke, E. S., Breinlinger, K., Macomber, J., & Jacobson, K. (1992). Origins of knowledge. *Psychological Review*, 99(4), 605–632. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.4.605>
- Spencer, H. (1919). *Essays on education and kindred subjects*. J.M. Dent. <http://archive.org/details/essaysoneducatiooospenuoft>
- Sperber, D., & Wilson, D. (1995). *Relevance: Communication and Cognition* (2. ed.). Blackwell.
- Spinoza, B. de. (1677/2015). *Ethik in geometrischer Ordnung dargestellt: Sämtliche Werke, Band 2. Zweisprachige Ausgabe* (W. Bartuschat, Hg.; 4.). Felix Meiner Verlag.
- Spirtes, P., Glymour, C. N., & Scheines, R. (1993). *Causation, Prediction, and Search*. Springer-Verlag.
- Stahl, A. E., & Feigenson, L. (2015). Observing the unexpected enhances infants' learning and exploration. *Science (New York, N.Y.)*, 348(6230), 91–94. <https://doi.org/10.1126/science.aaa3799>
- Stahl, A. E., & Feigenson, L. (2017). Expectancy violations promote learning in young children. *Cognition*, 163, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.02.008>

- Stegmüller, W. (1959). Carnaps Auffassung der induktiven Logik. In R. Carnap, *Induktive Logik und Wahrscheinlichkeit* (1. Aufl., S. 1–11). Springer.
- Stegmüller, W. (1985). *Theoriendynamik. Normale Wissenschaft und wissenschaftliche Revolutionen. Methodologie der Forschungsprogramme oder epistemologische Anarchie?* (2., korr. Aufl.). Springer.
- Stern, C., & Stern, W. (1907). *Die Kindersprache. Eine psychologische und sprachtheoretische Untersuchung*. Johann Ambrosius Barth.
- Stich, S., & Nichols, S. (1998). Theory Theory to the Max. *Mind and Language*, 13(3), 421–449. <https://doi.org/10.1111/1468-0017.00085>
- Sully, J. (1896). *Studies of Childhood*. D. Appleton & Company.
- Suppes, P. (1970). *A Probabilistic Theory of Causality*. North-Holland Publishing Company.
- Taine, M. (1877). VIII.—REPORTS: M. Taine on the Acquisition of Language by Children. *Mind*, 05-2(6), 252–259. <https://doi.org/10.1093/mind/os-2.6.252>
- Tenenbaum, J. B., Kemp, C., Griffiths, T. L., & Goodman, N. D. (2011). How to Grow a Mind: Statistics, Structure, and Abstraction. *Science*, 331, 1279–1285. <https://doi.org/10.1126/science.1192788>
- ter Hark, M. (2009). Popper's Theory of the Searchlight: A Historical Assessment of Its Significance. In Z. Parusníková & R. S. Cohen (Hg.), *Rethinking Popper* (S. 175–184). Springer Netherlands.
- The Port-Royal Logic* (T. S. Baynes, Übers.). (1861). James Gordon. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=nyp.33433070237841&view=1up&seq=443>
- Tizard, B., & Hughes, M. (1984). *Young Children Learning*. Harvard University Press.
- Tizard, B., Hughes, M., Carmichael, H., & Pinkerton, G. (1983). Children's Questions and Adults' Answers. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 24(2), 269–281. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1983.tb00575.x>
- Tomasello, M. (2009). *Die Ursprünge der menschlichen Kommunikation* (J. Schröder, Übers.). Suhrkamp Verlag.
- Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., & Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cogni-

- tion. *Behavioral and Brain Sciences*, 28(05). <https://doi.org/10.1017/S0140525X05000129>
- Tomlinson, S. (1996). From Rousseau to Evolutionism: Herbert Spencer on the Science of Education. *History of Education*, 25(3), 235–254. <http://doi.org/10.1080/0046760960250303>
- Tsou, J. Y. (2006). Genetic Epistemology and Piaget's Philosophy of Science: Piaget vs. Kuhn on Scientific Progress. *Theory & Psychology*, 16(2), 203–224. <https://doi.org/10.1177/0959354306062536>
- Van Fraassen, B. C. (1980). *The Scientific Image*. Clarendon Press.
- von Wright, G. H. (1963). *Norm and Action. A Logical Enquiry*. Routledge & Kegan Paul.
- Wadler, P. (2015). Propositions As Types. *Communication of the ACM*, 58(12), 75–84. <https://doi.org/10.1145/2699407>
- Weinberg, S. (1993). *Der Traum von der Einheit des Universums*. Bertelsmann.
- Wellman, H. M., & Bartsch, K. (1988). Young children's reasoning about beliefs. *Cognition*, 30(3), 239–277. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(88\)90021-2](https://doi.org/10.1016/0010-0277(88)90021-2)
- Wellman, H. M., & Liu, D. (2004). Scaling of Theory-of-Mind Tasks. *Child Development*, 75(2), 523–541. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00691.x>
- Whitcomb, D. (2010). Curiosity was Framed. *Philosophy and Phenomenological Research*, 81(3), 664–687. <https://doi.org/10.1111/j.1933-1592.2010.00394.x>
- Wimmer, H., & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13(1), 103–128. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(83\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0010-0277(83)90004-5)
- Wiśniewski, A. (1999). Erotetic Logic and Explanation by Abnormic Hypotheses. *Synthese*, 120(3), 295–309.
- Woodward, J. (1997). Explanation, Invariance, and Intervention. *Philosophy of Science*, 64, 26–41. <https://doi.org/10.1086/392584>
- Woodward, J. (2003). *Making Things Happen. A Theory of Causal Explanation*. Oxford University Press.

- Woodward, J. & Ross, L. (2021). Scientific Explanation. In E. N. Zalta (Hg.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (2021 Edition). Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2021/entries/scientific-explanation>
- Wynn, T. (1985). Piaget, stone tools and the evolution of human intelligence. *World Archaeology*, 17(1), 32–43. <https://doi.org/10.1080/00438243.1985.9979948>
- Xu, F., & Garcia, V. (2008). Intuitive statistics by 8-month-old infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(13), 5012–5015. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704450105>
- Yeung, H. H., Denison, S., & Johnson, S. P. (2016). Infants' Looking to Surprising Events: When Eye-Tracking Reveals More than Looking Time. *PLOS ONE*, 11(12), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164277>