

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 konsequentere 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 interrogativer 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-

klärens 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 abzugrenzen 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 Dinge 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 absurden 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 verstehe 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) $f(\text{Höhe}_{\text{Objekt}}) = \text{Länge des Schattens}_{\text{Objekt}}$
 $\text{Höhe}_{\text{Turm a}} = 100 \text{ m}$

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) $f(\text{Winkel}_{\text{Sonne}}) = \text{Länge des Schattens}_{\text{Zeitpunkt T}}$
 $\text{Winkel}_{\text{Sonne}} = 50^\circ$

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 $x = 100 \text{ m}$, 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:

$$3) \quad f(x) = y$$

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 Schulklasse 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 Erklärungs-begriff 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 frühkindliche 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. 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 Dialog-situation 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 Asymmetrie-Problem 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

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

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

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

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

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

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 variieren 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-m-Höhe (*Objekt_{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-m-Länge (*Schatten_{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 Ereignishaftigkeit des Sachverhalts hinzuweisen. Ereignishaftigkeit 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 zurückschließen, 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 Fürwahrhaltens« (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 Erklärungs-begriff mit einer formalen Definition eines Beweises übereinstimmen muss, wird hierbei entsprochen. Was jedoch in der Definition des Erklärungs-begriffs 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 Erklärungsasymmetrie 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 Erklärungs-begriff 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 Antezedens ist immer als Hypothese und das Sukzedens 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 Wahrmacher 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* andererseits. 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 erklärungs-suchende 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 erklärungs-suchende 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. Achinstein's (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 weglasse:

(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 anomal ist. Eine solche echte Erwartungsverletzung liegt aber nur dann vor, wenn die fragende Person ernsthaft damit rechnen kann, dass 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 Präsupposition 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 könne 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 genauso 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 verhütet 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 interrogativen 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 präsentiert 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 Achinstein (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 Achinstein's 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 Achinstein's 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.

Achinstein's Beispiel setzt nun voraus, dass Jones kurz nach der Gifteinnahme 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.

