

Wolfgang Stegmüller: Das strukturalistische Theorienkonzept

1 Zur Person:

Wolfgang Stegmüller wurde am 03.06.1923 in Natters (Tirol) geboren und verstarb am 01.06.1991 in München. Er studierte Wirtschaftswissenschaften und Philosophie an der Universität Innsbruck, wo er 1944 seinen Abschluss als Dipl.-Volkswirt machte und 1949, nachdem er bereits promoviert hatte, zum Professor der Philosophie habilitierte. Danach folgte er verschiedenen Rufen an die Universitäten Oxford, Innsbruck, Kiel, Bonn und an die LMU München und verfasste während dieser Zeit bedeutende Arbeiten zu den Themen Wissenschaftstheorie und analytische Philosophie.

Er wurde Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, der Bayrischen Akademie der Wissenschaften, des Pariser Institut International de Philosophie, sowie der International Academy of Science. Außerdem bekam er den Titel des Ehrenpräsidenten der Gesellschaft für analytische Philosophie verliehen, welche den nach ihm benannten Wolfgang-Stegmüller-Preis vergibt.

2 Einleitung

Die Überlegungen Stegmüllers zum Strukturalismus in seinem Buch *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie* befassen sich in erster Linie nicht mit der philosophischen Interpretation einzelner Naturgesetze, sondern versuchen erst einmal zu erfassen, was eine wissenschaftliche/physikalische Theorie überhaupt kennzeichnet und wie sich ihre allgemeine Struktur beschreiben lässt.

Das strukturalistische Konzept unterscheidet sich vom statement-view, welches Theorien als eine Klasse von Aussagen beschreibt, nicht dadurch, dass im statement-view die Aussage im Vordergrund steht und im Strukturalismus nicht, sondern dass der Strukturalismus die Fragestellung von der globalen Struktur einer Theorie her angeht.

Die dem Ansatz zu Grunde liegende Idee ist die Beschreibung der Struktur einer Theorie durch Rückführung auf die Mengenlehre und entspricht damit der Intention, die bereits die Gründer des Bourbaki-Programms motivierte. (Das *Bourbaki*-Programm wurde von einer Gruppe von Mathematikern ins Leben gerufen, die unter dem gemeinsamen Pseudonym Bourbaki 1934 anfingen, die gesamte grundlegende Mathematik auf die Mengenlehre zurückzuführen.)

Diese Herangehensweise führt zu einer Analyse, die zwangsläufig zunächst auf einer sehr abstrakten Ebene stattfindet. Stegmüller selbst insistiert jedoch auch auf der Feststellung, dass die von ihm vorgestellten Überlegungen zum strukturalistischen Theorienkonzept als Teil der allgemeinen Wissenschaftstheorie anzusehen sind und erst bei der Rekonstruktion von Theorien der Bereich der speziellen Wissenschaftstheorie berührt wird.

3 Mengentheoretische Beschreibung einer Theorie

Theoretische Struktur und Anwendungsbereich einer Theorie

Jede physikalische Theorie besitzt eine für sie charakteristische mathematische Struktur. Um diese axiomatisch zu erfassen, bedarf es der Einführung eines mengentheoretischen Prädikates S , welches eine Theorie T in der Form „ $T\dots$ ist eine klassische Partikelmechanik“, „ $T\dots$ ist eine Quantenmechanik“, usw beschreibt und damit ihre mathematische Struktur genau festlegt. Alle Theorien

(im vorexplikativen Sinne), auf die dieses Prädikat zutrifft, bilden die Menge M der Modelle einer Theorie.

M ist die Menge der Entitäten, auf die das Prädikat S zutrifft.

Die Überlegung, eine Ausweitung der Charakterisierung einer Theorie auf den Anwendungsbereich durchzuführen, geht auf den amerikanischen Wissenschaftstheoretiker Patrick Suppes zurück. Um also neben der mathematischen Struktur auch die empirischen Phänomene einer Theorie zu erfassen, welche ja gerade die interessanten, insbesondere in philosophischer Hinsicht bestehenden Fragen aufwerfen, wurde die Menge I der wirklich intendierten Anwendungen einer Theorie zu ihrer Beschreibung hinzugefügt.

Eine Theorie wird demnach mit dem geordneten Paar $\langle M, I \rangle$ identifiziert, wobei I eine offene Menge ist, die erweiterbar ist und deren Elemente pragmatisch festgelegt werden. Sie entsteht aus der Urmenge I_0 , der Menge der paradigmatischen Beispiele, welche beispielsweise von Newton für seine Partikelmechanik explizit angegeben wurden. Er nannte die Planetenbewegungen, die Kometenbewegungen, die Gezeiten, den freien Fall in Erdnähe und die Pendelbewegung als Anwendungen, für die seine Theorie Gültigkeit haben sollte.

Theoretizität

Zur Erläuterung, wie die Mengen M und I zusammenhängen, muss nun zunächst der Begriff der *Theoretizität* geklärt werden: Innerhalb vieler wissenschaftstheoretischer Diskussionen wird die Frage nach der Unterscheidbarkeit zwischen beobachtbaren und theoretischen Größen einer Theorie aufgeworfen, was schon von Yehoshua Bar-Hillel als logische Vermischung zweier Dichotomien (Aufteilung in zwei sich ausschließende Mengen) erkannt wurde. Streng logisch gesehen lässt sich eine Aufteilung in zwei disjunkte Mengen lediglich durch die Gegenüberstellung der Attribute beobachtbar und nichtbeobachtbar, *oder* theoretisch und nichttheoretisch erzielen. Im strukturalistischen Theorienkonzept wird noch eine weitere Einschränkung gemacht, nämlich die, dass Theoretizität stets auf eine bestimmte Theorie zu relativieren ist, was letztendlich zu der Unterscheidung zwischen T -theoretisch und T -nichttheoretisch führt. Dabei gilt als Kriterium: „Eine Größe heiße T -theoretisch bezüglich der Theorie T , wenn sie in jeder Anwendung von T in T -abhängiger Weise gemessen wird.“¹

Als Beispiel zieht Stegmüller wieder die klassische Partikelmechanik KPM heran, in der die Größen *Kraft* und *Masse* KPM -theoretische Funktionen sind, da jede bekannte Methode der Kraftmessung das zweite Newtonsche Gesetz sowie mindestens ein weiteres Gesetz für die Kraftfunktion voraussetzt (gleiches gilt für die Masse). Die Abstandsfunktion d ist hingegen nicht KPM -theoretisch, da Anwendungen der KPM existieren, in denen d nicht in KPM -abhängiger Weise gemessen werden muss, sondern z.B. unter Ausnutzung optischer Prinzipien, und damit durch Anwendung der Maxwell'schen Theorie. Dass eine Größe sehr wohl theoretisch bzgl. einer Theorie und nichttheoretisch bzgl. einer Zweiten sein kann, wird daran deutlich, dass d innerhalb der euklidischen Geometrie wiederum ein theoretischer Term ist.

Durch die Unterscheidung von T -theoretischen und T -nichttheoretischen Größen innerhalb einer Theorie wird nun deutlich, dass I keine Teilmenge von M sein kann, da M offensichtlich theoretische Funktionen enthält, die Elemente von I aber empirische Systeme sein müssen (empirisch in dem Sinne, dass für ihre Beschreibung nur nichttheoretische Funktionen nötig sind - z.B. erfolgt die Beschreibung der Pendelbewegung als Element der Menge der intendierten Anwendungen der KPM einzig und allein durch die Abstands- und die Zeitfunktion.). Der Zusammenhang zwischen den Mengen M und I wird nun durch Stegmüller folgendermaßen beschrieben: „Die Elemente von M sind [...] durch die theoretischen Funktionen ergänzte Elementen von I , welche außerdem das Prädikat ‚ S ‘ erfüllen, [...]“²

Versucht man nun umgekehrt die Verknüpfung zwischen diesen beiden Mengen ausgehend von der Menge M nachzuvollziehen, so wird für die Elemente von M zunächst die Einschränkung

¹Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie [1], p 9.

²Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie [1], p 10.

fallen gelassen, dass das Prädikat S für sie gelte, und man erhält so *die Menge der potentiellen Modelle* M_P . Diese enthält Modelle, die zwar über das gleiche „theoretische Gerüst“ verfügen wie die Elemente der Menge M , die jedoch nicht explizit das Prädikat einer ausgezeichneten Theorie tragen müssen. Es gilt $M_P \supseteq M$, denn durch den obigen Schritt entfällt lediglich eine notwendige Bedingung dafür, dass ein Modell ein Element von M ist. Werden jetzt noch die theoretischen Funktionen aus M_P entfernt, so erhält man *die Menge der partiellen potentiellen Modelle* M_{PP} . Die Pfeile in Abbildung 1 sollen verdeutlichen, dass diese Operation auf alle in M_P enthaltenen Modelle angewandt wird. Durch diese differenziertere Unterscheidung der Struktur einer Theorie kann nun erstmals eine Inklusionsaussage für die intendierten Anwendungen getroffen werden, nämlich: $I \subseteq M_{PP}$

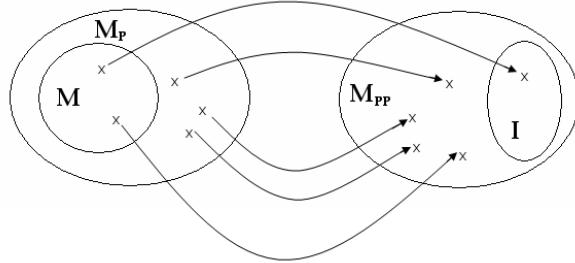


Abbildung 1: Mengenschema

Da der somit hergestellte Zusammenhang zwischen M und I jedoch auch zu der Feststellung führt, dass das geordnete Paar $\langle M, I \rangle$ offenbar nicht zufriedenstellend präzise ist, um die Struktur einer Theorie wiederzugeben, wird eine Theorie von nun an mit dem Quadrupel $\langle M_P, M_{PP}, M, I \rangle$ identifiziert. Zur Veranschaulichung werden den Elementen des Quadrupels ihre Entsprechungen in der *KPM* gegenübergestellt:

	Menge der ...	mengentheoretische Auszeichnung	bzgl. der <i>KPM</i> enthält diese Menge...
M_{PP}	... partiell potentiellen Modelle einer Theorie	Menge der Elemente von M_P , die keine theoretischen Terme mehr enthalten	... die Modelle (ohne theoretische Terme, wie Kraft oder Masse) aller möglicher Systeme sich bewegender Partikel
M_P	... potentiellen Modelle einer Theorie	Menge der Elemente von M , ohne die Forderung der Gültigkeit von S	... die Modelle aller möglicher Systeme sich bewegender Partikel, die außerdem mit Werten, wie Kraft oder Masse versehen sind
M	... Modelle einer Theorie		... die Modelle aller möglicher Systeme sich bewegender Partikel, die außerdem mit Werten, wie Kraft oder Masse versehen sind und das 2. NG ³ erfüllen
I	... intendierten Anwendungen	$I \subseteq M_{PP}$, \forall Elemente von I muss das Fundamentalgesetz gelten	gewisse Systeme sich bewegender Partikel (siehe Newtonsche Beispiele für I_0)

³Zur ausgezeichneten Stellung des zweiten Newtonschen Gesetzes wird noch im Zusammenhang mit den Ausführungen zum Fundamentalgesetz einer Theorie eingegangen.

Unterscheidung zwischen Gesetzen und Nebenbedingungen

Einen wichtigen Teil der mathematischen Struktur einer Theorie machen die in ihr enthaltenen Gesetze aus. Diese werden jedoch im Strukturalismus von den in der Menge C zusammengefassten Nebenbedingungen scharf unterschieden. Die Notwendigkeit dieser Unterscheidung zeigt sich darin, dass Gesetze nur von *einzelnen* Modellen erfüllt werden können, Nebenbedingungen hingegen stellen Verknüpfungen zwischen verschiedenen Modellen her und können somit auch nur für *Mengen* von Modellen gültig sein. „Während also das Fundamentalgesetz eine Teilmenge M aus M_P aussondert, verbieten die fundamentalen Nebenbedingungen C gewisse Kombinationen von M_P ’s [...]“⁴ Dass Nebenbedingungen zwischen gewissen potentiellen Modellen einschränkende Querverbindungen herstellen können, ist möglich, da sich verschiedene intendierte Anwendungen überschneiden. So kommt z. B. kommt der Planet Erde sowohl im Sonnensystem vor als auch im System Erde-Mond, und eine Nebenbedingung, die theoretische Funktionen in den einzelnen Anwendungen in Relation zueinander setzt, ist: „Dem Planeten Erde soll in beiden Systemen dieselbe Masse zugeordnet werden!“

Diese Definition der Nebenbedingungen C als Klasse von potentiellen Modellen führt zu einer nochmaligen Erweiterung des die Theorie charakterisierenden Tupels zu

$$\langle M_P, M_{PP}, M, C, I \rangle = \langle K, I \rangle,$$

wobei K als Strukturkern oder Theoriekern einer Theorie bezeichnet wird.

Unterscheidung von Spezial- und Fundamentalgesetz \Rightarrow Theorienetz

Wie bereits angedeutet gibt es innerhalb von Theorien Gesetze, die als Spezialgesetze bezeichnet werden, und solche, die durch eine fundamentale Stellung innerhalb einer Theorie ausgezeichnet sind. Dies ist dann das sogenannte Grundgesetz oder Fundamentalgesetz. Diese weitere Unterscheidung wird in der mengentheoretischen Beschreibung des Strukturalismus so dargestellt, dass das Fundamentalgesetz in allen intendierten Anwendungen Gültigkeit haben soll, wohingegen die Spezialgesetze Gesetze sind, die nur in speziellen intendierten Anwendungen als geltend vorausgesetzt werden und nicht in allen. Die speziellen Gesetze werden durch eine Verschärfung des Grundprädikates S gewonnen, welches S' genannt wird.

Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, die durch diese speziellen Gesetzmäßigkeiten charakterisierten Teilbereiche einer Theorie in der gleichen Art und Weise zu beschreiben, wie die Theorie selbst, eben durch ein neues geordnetes Paar $\langle K', I' \rangle$.

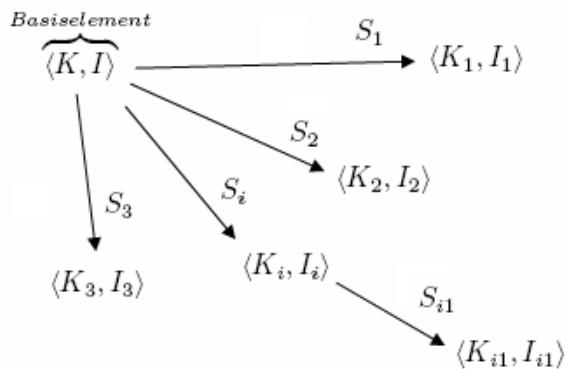


Abbildung 2: Theorienetz

⁴Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie [1], p 15.

Ausgehend von dem durch das Fundamentalgesetz ausgezeichneten Basiselement $\langle K, I \rangle$ lassen sich nun durch die mehrfach angewandte Operation der Spezialisierung S_i verschiedene Theorieelemente $\langle K_i, I_i \rangle$ erzeugen. Das durch diese Relation zusammenhängende und durch die Inklusionsverhältnisse $K_i \subseteq K$, $C_i \subseteq C$ und $I_i \subseteq I$ eingeschränkte Netz aus Theorieelementen wird *Theorienetz* genannt. Das Theorienetz tritt an die Stelle des zuvor benutzten und durch das alleinige Tupel $\langle K, I \rangle$ beschriebenen Ausdrucks der Theorie. Die Entscheidung, was im Basiselement enthalten ist, ist entscheidend für die Identität einer Theorie. Was jedoch alles mit einzubeziehen ist, muss im konkreten Fall der Rekonstruktion einer Theorie diskutiert werden, ist aber auch, wie bereits erwähnt, Inhalt der speziellen Wissenschaftstheorie und nicht der allgemeinen.

1 Theorienevolution

Stegmüller hebt in seinen Ausführung hervor, dass entgegen einiger Einwände innerhalb des strukturalistischen Konzeptes sehr wohl eine diachronische Betrachtungsweise von Theorien im vorexplikativen Sinne erfolgen kann. Um also die zeitliche Entwicklung zu analysieren, wird ein Theorieelement $\langle K_i, I_i \rangle$ herausgegriffen und um die mengentheoretischen Elemente SC (scientific community) und h (historisches Zeitintervall) zu dem geordneten Quadrupel $\langle K_i, I_i, SC_i, h_i \rangle$ erweitert.

Dieses Tupel ist nun assoziiert mit der Aussage, dass die Gemeinschaft SC_i während des Zeitintervalls h_i danach trachtet, das Kernelement K_i auf die Klasse I_i von intendierten Mengen anzuwenden⁵. Stellt man die wissenschaftliche Entwicklung als *historische Folgen* $\{h_i\}_t$ von nach und nach unter pragmatischen Gesichtspunkten bereicherten Netzen dar, so bildet man damit den Übergang zur dynamischen Betrachtungsweise. Eine qualitative Aussage über die Entwicklung einer Theorie kann z. B. dadurch getroffen werden, dass die Prädikate „eine Theorie sei progressiv“ oder sogar „vollkommen“ in folgender Weise definiert werden:

Eine Theorie heiße *progressiv* genau dann, wenn die Anzahl der von der wissenschaftlichen Gemeinschaft SC als gesicherte (feste) Elemente von I betrachteten Elemente F_I in der historischen Folge der Quadrupel monoton steigend ist.

Eine Theorie heiße *vollkommen* genau dann, wenn die von SC zu einem bestimmten Zeitpunkt angenommenen Elemente A_I von I stets zu einem späteren Zeitpunkt zu gesicherten Elementen F_I werden.

Dabei gilt eine Anwendung als A_I , wenn sie von der Mehrheit der wissenschaftlichen Gemeinschaft als Element von I anerkannt ist. Sie wird hingegen als F_I bezeichnet, wenn sie von der gesamten wissenschaftlichen Gemeinschaft als Element von I anerkannt ist.

Übergang zu empirischen Hypothesen

Wie in der Einleitung bereits betont, hebt Stegmüller hervor, dass die vom statement-view betonten Aussagen einer Theorie im Strukturalismus nicht als unwesentlich angesehen werden, sondern dass bei der Analyse lediglich bei den tiefer zu Grunde liegenden Strukturen einer Theorie angesetzt wird. Es wird also eine Unterscheidung zwischen den abstrakten Netzen von Theorieelementen auf der einen Seite, und von den diesen Netzen entsprechenden empirischen Hypothesen auf der anderen Seite gemacht.

Die dem Theorieelement $\langle K, I \rangle$ zugeordnete empirische Hypothese sieht in der mengentheoretischen Formulierung folgendermaßen aus:

$$I \text{ ist eine Teilmenge von } A(K),$$

wobei A der so genannte Anwendungsoperator ist, der aus allen Modellmengen, welche außerdem Elemente von C sind, die theoretischen Funktionen entfernt und so eine Menge abbildet, die mögliche Klasse von intendierten Anwendungen genannt wird.

⁵Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie [2], p 491.

Immunität einer Theorie gegen Falsifizierbarkeit

Am Beispiel der KPM lässt sich jedoch zeigen, dass die uninterpretierte Aussage des 2. NG so wenig empirischen Gehalt besitzt, dass sie jedem Versuch der Falsifizierung widersteht und somit als absolut fundamental angenommen werden darf.

„Für sämtliche intendierten Anwendungen der Theorie - die *nicht scharf umgrenzt* sind, sondern in einer nicht präzise beschreibbaren Weise geändert (d.h. vergrößert oder verkleinert) werden können - kann man zwei theoretische Funktionen finden, genannt *Kraft* und *Masse*, die in bekannter Relation zueinander und zur zweiten Ableitung der Abstandsfunktion nach der Zeit stehen, so dass die Kraftfunktion außerdem in den *meisten* Anwendungen *gewissen spezielle Gesetze* erfüllt und dass die eine dieser Funktionen oder sogar beide über *gewisse* Mengen von Anwendungen durch *gewisse Querverbindungen* (lies: Nebenbedingungen) miteinander verknüpft werden“⁶

Diese Formulierung ist einerseits zwar sehr unhandlich für den konkreten Gebrauch des Gesetzes, bietet aber den großen Vorteil, dass durch die so zustande kommende Immunität der Basisbehauptung gegen Falsifizierbarkeit die mit dem Basiselement verknüpfte Identität einer Theorie unantastbar bleibt. Das führt zusammen mit der Netzstruktur dazu, dass alle Mitglieder der wissenschaftlichen Gemeinschaft weiterhin behaupten können, von ein und derselben Theorie zu sprechen, selbst wenn während der zeitlichen Evolution einer Theorie Veränderungen an der Peripherie des Theorienetzes stattgefunden haben.

Eine weitere Immunität, die in der strukturalistischen Beschreibung einer Theorie enthalten ist, ist die schon von Kuhn festgestellte Immunität eines Paradigmas trotz widerstreitender Erfahrungen, die er folgendermaßen formulierte:

„Keine endliche Anzahl von erfolglosen Versuchen, ein Netz über einer angegebenen Basis zu verfeinern, bildet einen empirischen Beweis dafür, dass das Netz über dieser Basis nicht adäquat verfeinert werden könnte.“⁷

Demnach ist der Fall, dass in der wissenschaftlichen Gemeinschaft Einigkeit darüber besteht, dass ein Theorieelement $\langle K_i, I_i \rangle$ aus pragmatischen Gründen Teil eines bestimmten Theoriennetzes sein sollte, die konkrete Konstruktion ausgehend vom Basiselement aber noch nicht gelungen ist, kein Beweis dafür, dass die Konstruktion dieser Theorie nach dem strukturalistischen Netzprinzip nicht möglich ist.

Eine dritte Immunität besteht durch die Offenheit der Menge I . Denn dadurch lassen sich stets neue Erkenntnisse aus dem Anwendungsbereich in das Konzept integrieren, z. B. wenn durch Forschung neue Anwendungen entdeckt werden. Die Menge I kann also ständig erweitert werden (siehe auch Bsp. für I_0)

Literatur

- [1] Wolfgang Stegmüller, *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie*, Springer-Verlag, Berlin, 1980
- [2] Wolfgang Stegmüller, *Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie*, Band II 6. Auflage, Kröner, Stuttgart, 1987

⁶Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie [1], p 185.

⁷Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie [1], p 187.