

Teilchenphysik und Forschungslogik

Mathias Hüfner

Man sagt, die Menschen seien vernunftbegabt. Warum, frage ich mich, machen so wenig Leute von dieser Begabung Gebrauch? Stattdessen glauben sie, sie müssten Dinge vertreten, die ihrem Verstand widersprechen, nur um es der Mehrheit gleich zu tun.

Kann Teilchenphysik jenseits der Wahrnehmungsgrenzen wahr sein? Die Frage kam mir, als ich das Buch von Alexander Unzicker „[The Higgs Fake](#)“ gelesen hatte. Dort werden intuitiv und emotional die Ergebnisse der Teilchenphysik abgelehnt und die Argumentation scheint mir wenig begründet. Es bleibt zu sehr an den Erscheinung haften, ohne das Grundproblem, die notwendige Abgrenzung der Physik von der Mathematik klar heraus zuarbeiten. Die Physik ist jedoch immer noch eine empirische Wissenschaft, auch wenn das die Theoretiker gern ändern möchten. Als empirische Wissenschaft ist sie gebunden an die aktuellen Nachweisgrenzen der Instrumente. Dass die Teilchenphysik eine Herausforderung an den Verstand darstellt, gibt sogar Jörg Bleck Neuhaus, ein Vertreter der Teilchenphysik zu, weil sie die Grenzen der klassischen Physik spürbar gesprengt hat. Was aber Unzicker kritisiert, liegt jenseits der Nachweisgrenzen. Das ist aber im philosophischen Sinne Metaphysik.

Ob jedoch der Anspruch den er in seinem Buch erhebt, junge Leute anzusprechen, erfüllt wird, wage ich zu bezweifeln. Sie müssten eine sehr gute Vorbildung in Physik, Philosophie und Logik besitzen, um sich ein selbständiges Urteil unabhängig von der Lehrmeinung bilden zu können. So fragt sich der Leser: Wie können hochqualifizierte Experten in ihren Aussagen so falsch liegen? Schließlich kann man sie nicht alle unter Generalverdacht der Hochstapelei setzen. Aber gerade der hohe Spezialisierungsgrad der heutigen Fachdisziplinen birgt die Gefahr der Irrtümer und Fehlinterpretation, zumal der Forschungsgegenstand sich selbst der sinnlichen Betrachtung völlig entzieht.

Hier will ich der Frage nachgehen: Welche Ergebnisse beansprucht die Teilchenphysik für sich und wie stehen diese zur Forschungslogik und welchen Anspruch auf Wahrheit können ihre Aussagen daraus ableiten? Dazu scheint mir das Buch „Elementare Teilchen – Von den Atomen über das Standardmodell bis zum Higgs-Boson“ bestens geeignet, kommt doch hier ein Vertreter der Teilchenphysik zu Wort, der sich wirklich bemüht, die Ergebnisse seiner Disziplin dem Leser verständlich nahe zubringen.

1. Was ist Wahrheit?

Zuerst müssen wir die Frage beantworten, Was ist Wahrheit? Wahrheit ist die Bewertung einer Aussage mit dem Wert 'wahr'. Das ist nichts anderes, als wenn ich einer Variablen einen beliebigen Zahlenwert zuordne, nur dass ich für die Bewertung hier die reellen Zahlen zur Verfügung habe, während die Logik nur die Werte wahr und falsch hat. Weil Wahrheit eine Bewertung ist, ist sie so

umstritten. Die Bewertung von Aussagen ist interessenbedingt. Wer auf der Suche nach der Wahrheit ist, sollte das stets im Hinterkopf behalten. Je stärker die Interessenlage, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine umstrittene Aussage wahr ist.

Die Philosophen unterscheiden allein 8 Theorien zu ihrer Bewertung. Am ursprünglichsten ist die Korrespondenz-Theorie, die auf Aristoteles zurückgeht, nach der es eine Übereinstimmung zwischen Denken und Wirklichkeit geben muss. Der dialektische Marxismus bringt die Idee der Abbildung zwischen Denken und Wirklichkeit hinzu. Im nächsten Schritt muss die logische Struktur des Satzes mit der des von ihm abgebildeten Sachverhalts übereinstimmen. In der Korrespondenztheorie muss schließlich die Widerspruchsfreiheit einer abgeleiteten Aussage zu dem System akzeptierter Aussagen bestehen. Habermas dagegen plädiert für einen Konsensus, der in einem Diskurs in einer idealen Sprechsituation herbeigeführt wird. Da es keine idealen Sprechsituationen geben kann, wird die Wahrheit bei ihm den Machtinteressen untergeordnet.

Für die Natur- und Technischen Wissenschaften als empirische Wissenschaft ist die Praxis (z. B. das Experiment) als praktischer Beweis das primäre und hinreichende Kriterium der Wahrheit. Die Natur- und Technischen Wissenschaften haben wie die Wahrheit selbst objektiven Charakter und sind nicht verhandelbar. Soweit die Theorie. Je aufwendiger aber ein Experiment wird, desto schwieriger wird es psychologisch, das Scheitern eines Experimentes als Wahrheit anzuerkennen und desto schwieriger wird es, unabhängige Richter in dieser Frage zu finden. In dieser Situation befinden sich heutige Forscher. Man kann heute keine Physik ohne die Hilfe der Ingenieurwissenschaften mehr betreiben. Hier bildet sich ein Interessenkonflikt zwischen Ingenieuren und Physikern heraus. Das Ziel der Ingenieure ist es, etwas für die Gesellschaft verwertbares heraus zubekommen, während die Physiker sich mit einer Idee zufrieden geben, die möglichst schlecht widerlegt werden kann. Damit kommen wir zum Grundproblem der Erkenntnislogik.

2. Das Grundproblem der Erkenntnislogik

Jede empirische Wissenschaft benutzt den induktiven Schluss, indem eine spezielle Beobachtung verallgemeinert wird. Wenn man genügend oft beobachtet hat, dass die Sonne mittags im Süden steht, dann schließt man daraus, dass sie das immer tut. Begibt man sich jedoch auf die Reise Richtung Süden, wird man feststellen, dass diese Aussage plötzlich nicht mehr stimmt. Südlich des Äquators steht die Sonne mittags im Norden. Wenn man jedoch von der Allgemeinheit deduktiv auf einen speziellen Fakt schließt, bleibt einem die Überraschung erspart, dass die Aussage falsch werden kann.

Karl Popper, der sich sehr intensiv mit der Logik der Forschung auseinander gesetzt hat, versucht nun das Grundproblem der Erkenntnislogik, das Hume und Kant bereits beschäftigte, zu umgehen, indem er induktive Schlüsse vermeiden will, was ihm letztlich nicht gelingen kann.

- Das ist das Problem der Induktion: Spezielle Sätze werden verallgemeinert. Ein solcher Schluss kann sich als falsch erweisen. *Man kann das Induktionsproblem auch als die Frage nach der Geltung der allgemeinen Erfahrungssätze, der empirisch-*

wissenschaftlichen Hypothesen und Theoriesysteme, formulieren. (Popper) Man muss sich fragen, wann der Induktionssatz zulässig ist und wann nicht. Ein sehr durchsichtiges Beispiel für einen falschen Induktionsschluss gibt das folgende Beispiel:

Keine Katze hat zwei Schwänze. Eine Katze hat einen Schwanz mehr als keine Katze. Induktionsschluss: Katzen haben drei Schwänze.

In diesem Beispiel enthält der erste Satz eine Negation. Der zweite Satz kombiniert diese Negation mit einer positiven Aussage. Das ist offensichtlich bei der Induktion nicht zulässig.

Ein anderes Beispiel für eine Induktion ist folgendes: Wir haben einen Satz Messwerte und nähern die Messwerte durch ein Polynom an. Das Polynom können wir entweder aus dem Kurvenverlauf erraten oder nach der Methode der Statistischen Versuchsplanung, einer in der Technik weit verbreiteten Methode, konstruieren. Dann können wir innerhalb des gemessenen Intervalls ziemlich sicher wahre Voraussagen über die zu erwarteten Werte in diesem Intervall treffen. Aber je weiter wir uns von dem untersuchten Messbereich entfernen, desto unzuverlässiger wird der aus dem Polynom berechnete Wert sein. Physikalische Gesetze ohne Gültigkeitsangaben haben diese Unsicherheit. Es handelt sich dann um Wahrscheinlichkeitsaussagen, die den meisten Leuten nicht einmal bewusst sind. Die Induktionsproblematik scheint unüberwindlich.

- Daraus resultiert das Problem der Abgrenzung: Aus den beiden Beispielen wird sofort ersichtlich, dass man den Gültigkeitsbereich induktiver Aussagen gegenüber dem Bereich ihrer Falschaussage abgrenzen muss. Beide Beispiele haben aber völlig verschiedene Abgrenzungskriterien. Daraus kann man entnehmen, dass die induktive Methode des Schließens kein allgemeingültiges Kriterium der Abgrenzung zwischen ihrer Zulässigkeit und ihrer Unzulässigkeit besitzen wird. Noch allgemeiner formuliert, es gibt für die empirische Wissenschaft kein allgemeingültiges Kriterium der Abgrenzung gegenüber der Mathematik oder etwa metaphysischen Systemen, solchen der Phantasie. Popper lehnte deshalb die Induktionslogik generell ab. *„Das induktionslogische Abgrenzungskriterium führt also nicht zu einer Abgrenzung, sondern zu einer Gleichsetzung der naturwissenschaftlichen und metaphysischen Theoriesysteme nicht zu einer Ausschaltung, sondern zu einem Einbruch der Metaphysik in die empirische Wissenschaft.“*¹ Ist dann eine Verallgemeinerung nicht mehr zulässig? Das wäre fatal. Aber die Gefahr des Fehlschlusses bleibt bestehen.
- Wenn wir versuchen, diese Überlegung logisch schärfer zu fassen, so können wir zwei Forderungen unterscheiden, die wir an das "empirische" Theoriesystem stellen müssen: Es muss eine widerspruchsfreie, "mögliche" Welt darstellen und muss einem **Abgrenzungskriterium** genügen, darf also *nicht metaphysisch* sein (es muss eine mögliche "Erfahrungswelt" darstellen). Dieses Abgrenzungskriterium ist zwar apriori bekannt, da es der Erfahrung entspringt und damit der sinnlichen Wahrnehmung, aber nicht allgemein.

Das macht die Sache so problematisch. Eine Hypothese kann nach ihrer Aufstellung meist gar nicht

¹ Karl Popper „Logik der Forschung“ Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung Bd9 Springer-Verlag 1935

falsifiziert werden, weil die Kenntnisse dazu nicht ausreichen. Popper stellt deshalb zwei methodische Regeln auf, nach denen die Überprüfung der wissenschaftlichen Sätze erfolgen muss.

1. Das Spiel Wissenschaft hat grundsätzlich kein Ende: wer eines Tages beschließt, die wissenschaftlichen Sätze nicht weiter zu überprüfen, sondern sie etwa als endgültig verifiziert betrachtet, der tritt aus dem Spiel der Wissenschaft aus.
2. Einmal aufgestellte und bewährte Hypothesen dürfen nicht "ohne Grund" fallengelassen werden; als "Gründe" gelten dabei unter anderem: Ersatz durch andere, besser nachprüfbarere Hypothesen; Falsifikation der Folgerungen.

Um obige Aussage zu testen, wollen wir das Abgrenzungskriterium der Physik bezüglich der Raumaussage finden. Gibt es eine Grenze der Raumdimensionen, in denen Physik betrieben werden kann?

Wie allgemein bekannt, erweitert die Relativitätstheorie und andere Theorien, wie die Stringtheorie den Raum um weitere Dimensionen.

Hier kann man den deduktiven Ansatz sehr gut nutzen. Der allgemeine metrische Raum ist dadurch ausgezeichnet, dass seine Dimensionen voneinander unabhängig sind, denn wären sie abhängig, dann würde es sich um eine Funktion handeln und die Unterscheidung zwischen Raum und Funktion wäre überflüssig. (Diese Raumdefinition war Einstein unbekannt.) Das drückt sich dadurch aus, dass alle Dimensionen aufeinander senkrecht stehen. Sind jedoch Dimensionen voneinander abhängig, tragen sie nicht zum Raum bei, sondern diese bilden Funktionen. Es muss nun entschieden werden, ob die Einsteinsche Raumzeit einen speziellen vierdimensionalen Raum bildet. Wir müssen prüfen, ob die Zeit unabhängig von jedem beliebigen Weg ist, oder mit anderen Worten, ob die Zeit senkrecht auf dem Weg steht. In der Physik wird jedoch die Zeit als Weglänge gemessen, die ein Körper mit konstanter Geschwindigkeit zurücklegt. Folglich kann die Zeit nicht unabhängig vom Weg sein. Die funktionelle Beziehung zwischen Weg, Zeit und Geschwindigkeit grenzt die klassische Physik von der metaphysischen Relativitätstheorie ab, ohne dass induktive Schlüsse nötig wären, allein durch *unproblematische tautologische Umformungen der Deduktionslogik*. Natürlich wurden auch Experimente angeführt, die die Relativitätstheorie stützen sollten. Allerdings zeigte sich schnell, dass die Experimente alle eine klassische Erklärung hatten. Popper war die Raumdefinition ebenfalls unbekannt, deshalb glaubte er an Einstein.

Neben diesem Hauptproblem gibt es noch einige Symptome, die auf eine [krankhafte Wissenschaft](#) bzw. Metaphysik hinweisen. Diese wurden von Irving Langmuir 1953 in Knolls Atomic Power Laboratory (KAPL) in einem Vortrag zusammengestellt und geben Orientierungshilfe.

- Der maximal beobachtbare Effekt wird durch eine Ursache von kaum beobachtbarer Intensität hervorgerufen; die Größe des Effektes ist im Allgemeinen von der Größe der Ursache unabhängig.
- Der Effekt hat eine Größenordnung, die an der Grenze der Beobachtbarkeit liegt; es sind wegen der geringen statistischen Signifikanz der Resultate sehr viele Messungen notwendig.
- Es wird ein Anspruch auf sehr hohe experimentelle Genauigkeit erhoben.
- Phantastische Theorien, die oft der Erfahrung widersprechen, werden aufgestellt.
- Kritik wird mit [Ad-hoc-Erklärungen](#) erwidert. *Heute wird auf Kritik gewöhnlich überhaupt nicht mehr reagiert. Sie wird ausgesessen.*
- Das Verhältnis von Anhängern zu Kritikern steigt zunächst an, um dann graduell wieder gegen null zu gehen. *Dieses Kriterium ist auch nicht zuverlässig, weil die Anhänger*

begünstigt und die Kritiker benachteiligt werden.

3. Teilchenphysik und Erkenntnislogik

Kann man das Prinzip der Falsifizierung auch bei der Teilchenphysik anwenden, obwohl es dem Außenstehenden unmöglich gemacht wird, die Experimente nachzuvollziehen?

Sowohl Relativitätstheorie als auch Quantentheorie sind in der Zeit des Positivismus entstanden. Der Positivismus bezieht den Beobachter in das Experiment mit ein, ohne dass die Abbildungsgesetze mit berücksichtigt werden. Während die Relativitätstheorie Beobachter und Objekt gleichwertig betrachtet ohne die Energiebilanz bei ihrer Bewegung zueinander zu betrachten, unterscheidet die Quantentheorie nicht zwischen Einzelereignis und einer Vielzahl von Ereignissen, was sich im Welle-Teilchen-Dualismus manifestiert.

Die Schwierigkeit bei der Teilchenphysik liegt auch hier im Auffinden eines oder mehrerer geeigneter Abgrenzungskriterien, die naturgegeben andere als bei der Relativitätstheorie sein müssen, und es bedarf einer Menge von zu untersuchenden Sätzen, die die Teilchenphysik für sich beansprucht. Davon müssen die induktiv entstandenen herausgefiltert werden und diese müssen dann mit anderen bereits anerkannten Sätzen in Widerspruch gebracht werden. Die Teilchenphysik wird von der Idee der Symmetrie beherrscht, was in einigen ihrer Sätze zum Ausdruck kommt. Den gegenwärtigen Erkenntnisstand der Elementarteilchenphysik fasst Jörn [Bleck-Neuhaus](#), Professor an der Universität Bremen, in 12 Sätzen zusammen:

1. Ein Elementarteilchen lässt weder eine endliche räumliche Ausdehnung noch eine innere Struktur erkennen.
2. Es gibt nur wenige Grundtypen von Elementarteilchen. Das sind 2 Sorten von Fermionen und 3 Sorten von Bosonen.
3. Elementarteilchen können Drehimpuls haben, ohne sich zu drehen und magnetisch sein, ohne dass ein Strom fließt.
4. Elementarteilchen können erzeugt und vernichtet werden.
5. Zu Teilchen gibt es Antiteilchen
6. Elementarteilchen der gleichen Sorte sind nicht unterscheidbar.
7. Der Elementarakt der elektromagnetischen Wechselwirkung ist die Emission oder Absorption eines Photons. Auch das elektrostatische Potential entsteht so.
8. Elementarteilchen entfalten messbare Wirkungen auch aus „unphysikalischen“ Zuständen heraus, in denen sie unbeobachtbar sind (virtuelle Zustände)
9. Jede der vier Grundkräfte der Natur kommt durch Austausch von Elementarteilchen in virtuellen Zuständen zustande.
10. Für die Wechselwirkungsprozesse gibt es eine exakte Bildersprache
11. Es gelten die vier Erhaltungssätze der klassischen Physik, jedoch sind die Spiegelsymmetrien der klassischen Physik gebrochen.
12. Die Teilchen können weitere Arten von Ladung tragen, die sich zum Teil ineinander

umwandeln lassen. Das macht unklar, wie viele Arten von Teilchen als verschieden gezählt werden müssen.

Diese Sätze wollen wir nun untersuchen, um Abgrenzungskriterien zu finden. Ehe wir uns jedoch mit den einzelnen Sätzen befassen können, müssen einige allgemeine Bemerkungen vorangestellt werden. Als erstes muss auf die Ausgangssituation eingegangen und dann die experimentelle Situation der Teilchenphysik diskutiert werden.

3.1. Die Ausgangssituation und die Herausbildung der Quantenmechanik

Die Deutung der Spektrallinien war mit der klassischen Physik, wie sie sich um 1900 darstellte, nicht möglich. Man konnte weder Photoeffekt noch thermische Strahlung erklären. Da war die Einführung der Quantenmechanik ein gewaltiger Entwicklungsimpuls. Sie war jedoch an die Beobachtungen mittels eines Spektrografen gebunden. Ein Spektrograf kann keine Teilchen beobachten. Also muss man sich den Weg, den ein Teilchen zurücklegt, als eine Welle vorstellen. Stellen wir uns vor, wir müssten einen Platz mit vielen Menschen, die scheinbar ziellos durcheinander laufen, überqueren. Um nicht mit den Menschen zusammen zu stoßen, wären wir gezwungen, diesen ständig nach recht bzw. links auszuweichen. Wir würden keinen geraden Weg zurücklegen, sondern eine mehr oder weniger wellenförmige Kurve mit einer zufälligen Amplitude beschreiben. Das gleiche würde passieren, wenn wir den Platz senkrecht zu unserem ersten Weg überqueren wollten.

Nun können wir diese Vorstellung auf die Ebene der Atome transformieren und nennen diese Wegbeschreibung Wahrscheinlichkeitsamplitude. Das Quadrat des absoluten Betrages beider Funktion nennen wir Wahrscheinlichkeitsdichte. Nun erklären die Erfinder der Quantenmechanik jedoch, dass die Bewegung eines freien Teilchens diese Bewegung vollführen würde. In Wahrheit ist das Teilchen jedoch gar nicht frei, sondern bewegt sich so, weil es genügend andere Teilchen gibt, denen es ausweichen muss. Wir können also annehmen, dass sich ein Teilchen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit im Schnittpunkt zweier aufeinander senkrecht stehender Wellenfunktionen befindet. Das sagt aber überhaupt nichts über das individuelle Teilchen selbst aus. Außerdem kann man davon ausgehen, dass die Wahrscheinlichkeitsamplitude davon abhängt, mit welcher Energie der Platz überquert wird. Wenn jemand mit dem Motorrad den Platz überquert, werden alle diesem ausweichen, wenn sie nicht Gefahr laufen wollen, verletzt zu werden. Im Bereich der Atome bedeutet die Verletzung Ionisation. Es scheint nicht sinnvoll zu sein, in der hochenergetischen Teilchenphysik noch auf Quantenmechanik zu setzen. Hier wird das Konzept der Quantenmechanik pervertiert. Während die Quantenmechanik das wahrscheinliche Verhalten von Teilchen beschreibt, sucht die hochenergetische Physik nach Ausnahmen im Verhalten und glaubt, jede Ausnahme sei ein neues Teilchen, wobei sie es anschließend zur Regel erhebt.

In der klassischen Physik hat das Teilchen konkrete Koordinaten, eine Richtung, eine Masse und eine Geschwindigkeit und damit auch eine Stabilität. Die Quantenmechanik sagt über ein Teilchen nur, dass an der Kreuzung zweier Wege eine Wahrscheinlichkeit besteht, dass dort ein Teilchen zu finden ist und wenn ich über die Wege über einen unendlichen Wertebereich integriere, dann erhalte ich die Gewissheit, dass an der Wegkreuzung ein Teilchen ist, aber wo die Kreuzung ist, darüber sagt die Definition nichts. Ich kann keine Gewissheit erlangen, weil diese Integration

praktisch unmöglich ist. Auf der Ebene der Quantenmechanik ist der Begriff Teilchen deshalb völlig unbestimmt, weshalb man fälschlicherweise vom Wellencharakter eines Teilchens spricht. Man kann kein Teilchen durch ein Wellenpaket darstellen, da es nicht stabil wäre. Das hat aber nichts mit dem individuellen Schicksal des Teilchens selbst zu tun, sondern mit der Art der Beschreibung. Nun wird jeder dynamischen Variable aus der klassischen Mechanik in der Quantenmechanik ein bestimmter linearer Operator zugeordnet, der auf die Wellenfunktion wirkt, wobei angenommen wird, dass zwischen den linearen Operatoren die gleichen Identitätsbeziehungen bestehen, wie zwischen den Größen in der klassischen Mechanik. So wird beispielsweise der Impuls durch den Operator $\frac{h}{2\pi i} \nabla$ dargestellt, der auf die Wellenfunktion wirkt... Gut, mathematisch ist das noch nachzuvollziehen. Aber was bedeutet das physikalisch? Setzt man ein Teilchen, was wahrscheinlich in einem Raumelement existiert, damit einer Wirkung aus? Treffe ich das Teilchen überhaupt? Ich haue ziemlich blind in das Raumelement hinein und kann deshalb für ein einzelnes Teilchen überhaupt keine Aussage treffen. Höchsten wenn ich das viele Male getan habe, besteht die Möglichkeit, dass ich einige Teilchen getroffen habe. Wie hoch die Trefferrate ist, bleibt unbekannt.

Es wird ein Modell verwendet, das zwar für allgemeine Aussagen, dort wo viele Teilchen am Effekt beteiligt sind, gute Ergebnisse liefert, aber dort, wo Aussagen für ein individuelles Teilchen benötigt werden, völlig versagt. Dieser Widerspruch wird in der Quantenmechanik kultiviert, indem man vom Welle-Teilchen-Dualismus spricht. Außerdem kann die Quantenmechanik nur für energiearme Teilchen angewendet werden, dh. wenn die Energie des betrachteten Teilchens mit der Energie der benachbarten Teilchen vergleichbar ist. Das ändert sich, sobald wir hochenergetische Teilchen betrachten. Dann nämlich wird das Teilchen geradlinig durchfliegen und die benachbarten Teilchen erleiden Verletzungen (Ionisation), wenn sie nicht rechtzeitig ausweichen.

Leider wird das mathematische Modell immer wieder mit der Wirklichkeit verwechselt. Ganz besonders dann, wenn man die Wirklichkeit nicht mehr vermessen kann. Wir bewegen uns beim klassischen Elektronenradius und beim Protonenradius in Größenordnungen von 10^{-15}m . Das ist Hundert Million mal kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes. Es ist die Messgrenze, die mit einem Mößbauer-Spektrometer erreicht werden kann. Wie man so kleine Abstände misst, wird erstaunlicherweise nirgends beschrieben, als ob das die einfachste Sache der Welt wäre, dabei ist das messtechnisch eine große Herausforderung.

3.2. Die Experimente der Teilchenphysik

Die Experimente der Teilchenphysik sind heute so aufwendig, dass sie von unabhängiger Stelle nicht nachvollziehbar sind. Nicht einmal ihre umfassende Dokumentation ist der Öffentlichkeit zugänglich, wie das vorbildlich beim *Sloan Digital Sky Survey* Projekt der Fall ist. So ist Poppers Forderung: „*Objektive Begründungen* müssen grundsätzlich von jedermann nachgeprüft und eingesehen werden können, hier erfüllt. Die *Objektivität* wissenschaftlicher Sätze besteht in ihrer *intersubjektiven Nachprüfbarkeit* (das Kriterium der Reproduzierbarkeit etwa gehört hierher.). Nicht so bei der Teilchenphysik. Es wird zwar über die Technik des LHC ausführlich berichtet, die Ergebnisse der Experimente stehen der Öffentlichkeit nicht zur Verfügung. Die These, dass es in

der Natur nicht-wiederholbare, einzigartige Vorgänge gebe, kann in der Wissenschaft nicht nachgeprüft werden und ist somit metaphysisch. Gerade diese Forderung ist in der Teilchenphysik zunehmend nicht mehr erfüllt und lässt folglich berechtigte Zweifel an ihrer Seriosität aufkommen.

3.3. Die Diskussion der Sätze

Nun wollen wir die Aussagen von Bleck-Neuhaus im Detail kommentieren und Abgrenzungskriterien auffinden, die Physik von Metaphysik scheiden.

3.3.1 Probleme der Teilchendefinition:

Ein Elementarteilchen lässt weder eine endliche räumliche Ausdehnung noch eine innere Struktur erkennen.

Ein Teilchen ist im gewöhnlichen Sprachgebrauch ein räumlich abgegrenztes Stück Materie. Ein Teilchen hat deshalb eine deutlich erkennbare Grenze sowie eine Masse und eine Ladung. Diese ergibt sich aus dem Vergleich mit anderen Massen nach dem Newtonschen Gesetz. Jedoch im Bereich des Atoms verliert das Newtonsche Gesetz seine Gültigkeit. Eine Modellrechnung von P. Kohl zeigt, dass die Gravitationskurve in Atomkernnähe unmittelbar steil abfällt. Außerdem wird die Masse immer noch auf das Urkilogramm zurückgeführt. Alles was wir über die Masse wissen, liefert uns das Massenspektrometer und das wird elektrisch betrieben. Wir erhalten die Masse als das Verhältnis des Produkts aus Ladung und magnetischer Feldstärke zur Ionen-Zyklotronfrequenz. Diese Teilchendefinition ist recht erfolgreich gewesen. Brachte sie doch die Erklärung für das gesamte Spektrum der Elemente mit ihren Isotopen mittels der Teilchen Elektron, Proton und Neutron. Die Radioaktivität der Atome zeigte jedoch das mindestens das Neutron nicht elementar ist, da es sich außerhalb des Atomkerns mit einer Halbwertszeit von 12 Minuten in ein Wasserstoffatom umwandelt. Auch innerhalb des Atomkerns muss ein bestimmtes Verhältnis von Protonen zu Neutronen gegeben sein, damit ein Atom stabil ist. Im Falle des Neutronenüberschusses erfolgt die Umwandlung in Protonen durch Elektronenabgabe solange, bis ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht ist. Im Falle von Neutronenmangel werden Elektronen vom Kern eingefangen, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist. Wenn man jedoch die Halbwertszeiten zwischen den einzelnen Isotopenumwandlungen betrachtet, findet man Zeiten zwischen Sekunden und Jahrhunderten, ohne dass sich eine Tendenz ableiten ließe. Wir haben dafür keine Erklärung. Wenn wir das Innere des Atoms verstünden, könnten wir diese Frage zweifellos beantworten.

Wenn man nach den Grenzen eines Elementarteilchens fragt, ist die Antwort nicht sehr zuverlässig, da die Messmethoden unterschiedlich sind. Der Elektronenradius ist durch den Wirkungsquerschnitt mit etwa 3 fm ($1\text{fm}=10^{-15}\text{m}$) bestimmt worden, was mit dem klassisch berechneten Elektronenradius von 2,8 fm gut übereinstimmt. Setzt man die Masse des Protons in die Formel für den klassischen Elektronenradius ein, erhält man für den Protonradius einen um 3Größenordnungen kleineren Wert. Der Protonradius ist jedoch nur etwa dreimal kleiner als der Elektronenradius, nämlich 0,8 fm. Der Neutronenradius soll etwa 1,1fm betragen. <http://www.gsjournal.net/old/physics/yue.pdf> Eine andere Quelle gibt 5,8fm an. <https://arxiv.org/pdf/1201.2568v2.pdf> Eine dritte nennt 0,8 fm. Die

Messungen beruhen auf Streuexperimenten. Je energiereicher die gestreuten Teilchen sind, desto kleiner erscheint das streuende Target.

Schon Descartes betrachtete ein Teilchen nicht unabhängig von seinem Kraftfeld, das sich stets in Abhängigkeit seiner Nachbarn ausdehnen kann.

Lange glaubte die Teilchenphysik, Bruchstücke von Teilchen mit kurzer Lebensdauer seien selbständige Teilchen.

Abgrenzungskriterium: Wenn man von einem Teilchen spricht, muss man es gegenüber seiner Umgebung abgrenzen können.

3.3.2. Die Grundtypen der Elementarteilchen

Es gibt nur wenige Grundtypen von Elementarteilchen. Das sind 2 Sorten von Fermionen und 3 Sorten von Bosonen.

Heute teilt man Elementarteilchen nach ihrem Spin ein. Während Fermionen als den Grundbausteinen der Materie, wozu das Elektron und das Proton gehört, der Spin $\frac{1}{2}$ zugeordnet ist, tragen die Bosonen, zu denen das Photon gezählt wird, die Kräfte. Ihnen ist der Spin 1 zugeordnet.

Dabei ist befremdlich, dass von den Fermionen nur die Leptonen beobachtbar sind. Die Quarks sind theoretische Konstrukte, die nie zu beobachten sind.

Weiter ist es auch befremdlich, die Bosonen als Teilchen zu bezeichnen, da sie Wirkungen von Kräften sind, die nur in einem Kraftfeld übertragen werden können. Auch wenn sie quantisiert sind, hinterlassen Wirkungen keine Massenansammlungen. Den Bosonen ist der Spin 1 zugeordnet.

Was ist eigentlich der Spin?

Im Magnetfeld zeigt sich, dass die Spektrallinien eine Feinstruktur haben. Jede Linie spaltet sich unter der Wirkung des Feldes in drei und mehrere Linien auf. Es muss also noch ein Merkmal am Elektron vorhanden sein, dass erst unter Einfluss des magnetischen Feldes sichtbar wird. Während die ungeradzahligen Aufspaltungen ab 1916 im Bohr-Sommerfeldschen Atommodell durch die Richtungsquantelung des Bahndrehimpulses erklärt werden konnten, führten die geradzahligen Aufspaltungen 1925 zur Entdeckung des Elektronenspins. Diese Eigenschaft wurde bereits 1921 im Stern-Gerlach-Versuch² an Elektronen entdeckt und dann allen anderen Teilchenarten zugeschrieben. Das Elektron hat ein magnetisches Moment und einen Eigendrehimpuls, den Spin. Damit wird der anormale

² [Stern](#) und [Gerlach](#) schickten im Jahre 1921 Silberatome durch ein inhomogenes Magnetfeld. Da diese selbst kleine Magnete bzw. magnetische [Dipole](#) darstellen, erfahren sie in dem inhomogenen Magnetfeld eine Kraft und werden abgelenkt. Klassisch erwartet man nun, dass die Achsen der kleinen Dipole in beliebige Raumrichtungen zeigen können und die Atome beim Auftreffen auf den Schirm einen ganzen Bereich ausfüllen (in der Abbildung den zwischen den gekrümmten Linien). In Wirklichkeit jedoch wurden nur zwei Banden beobachtet, so als ob es nur zwei Einstellmöglichkeiten gäbe. Da Silberatome nur ein einzelnes Valenzelektron in einer s-Unterschale und deswegen keinen Bahndrehimpuls und somit auch kein dadurch verursachtes magnetisches Moment haben, bleibt nur die Möglichkeit, dass die Elektronen selbst einen "Eigendrehimpuls" und ein damit verbundenes magnetisches Moment haben. Außerdem gab es offensichtlich zwei Einstellmöglichkeiten, was nur dann überhaupt möglich ist, wenn die Elektronen im Unterschied zum Bahndrehimpuls einen halbzahligen "Eigendrehimpuls" haben. Er wird Spin genannt .

Zeemann-Effekt beschrieben. (Paul Dirac: Quantenmechanische Lösung des Keplerproblems) Der Spin (von [englisch](#) *spin* ‚Drehung‘, ‚Drall‘) des Elektrons wird als Eigendrehimpuls aus dem Stern-Gerlach-Experiment erklärt, bei dem thermisch beschleunigte Silberatome in einem inhomogenen Magnetfeld sich an zwei voneinander getrennten Orten sammeln, obwohl sich die magnetischen Momente aller Valenzelektronen bis auf eines aufheben. Das ist noch einsichtig. Aber er soll alle Eigenschaften eines klassischen mechanischen [Drehimpulses](#) haben, ausgenommen die, dass er durch die Drehbewegung einer Masse hervorgerufen wird. Eine immaterielle Drehbewegung? Das ist das Niveau der Unbefleckten Empfängnis, oder vornehmer ausgedrückt Metaphysik. Was also beim Elektron schon nicht richtig verstanden wurde, wird auf das Proton übertragen, dessen magnetisches Moment ungefähr 660mal kleiner ist. Dem Proton wird der Spin $1/2 \hbar$ seit 1928 zugeschrieben, weil eine Anomalie in der spezifischen Wärme von Wasserstoffgas nicht anders zu erklären wäre.^[2] Den Protonenspin will man erstmals 2011 an einem einzelnen Proton nachgewiesen haben. Die Originalarbeit ist nicht frei verfügbar.

Stephen Hawking benutzt in seinem Buch *Eine kurze Geschichte der Zeit* eine Pfeil-Analogie zur Veranschaulichung des Spins: „*Ein Teilchen mit dem Spin 0 ist ein Punkt: Es sieht aus allen Richtungen gleich aus. Ein Teilchen mit dem Spin 1 ist dagegen wie ein Pfeil: Es sieht aus verschiedenen Richtungen verschieden aus. Nur bei einer vollständigen Umdrehung (360 Grad) sieht das Teilchen wieder gleich aus. Ein Teilchen mit dem Spin 2 ist wie ein Pfeil mit einer Spitze an jedem Ende. Es sieht nach einer halben Umdrehung (180 Grad) wieder gleich aus. Entsprechend sehen Teilchen mit höherem Spin wieder gleich aus, wenn man Drehungen um kleinere Bruchteile einer vollständigen Umdrehung vollzieht. Zudem gibt es Teilchen, die nach einer Umdrehung noch nicht wieder gleich aussehen: Es sind dazu vielmehr zwei vollständige Umdrehungen erforderlich! Der Spin solcher Teilchen wird mit $1/2$ angegeben.*“ Diese Erklärung ist nur etwas für Gläubige, also auch Metaphysik oder Mathematik. In der realen Welt schafft das ein ernstes Problem. Jede Wissenschaft benötigt sogenannte Axiome. Das sind Basisaussagen die unmittelbar einsichtig und damit für wahr erkannt werden. Die Mathematik kann zwar Ausdrücke umformen, aber Wahrheitswerte wie Zahlenwerte kann sie nicht liefern. Das bleibt der Physik und wenn sie das nicht kann, wird also geglaubt, der Spin, was er auch immer sei, sei das Charakteristikum eines Kernteilchens ohne eine fundamentale Datenbasis zu besitzen, wie es bei der Masse oder der Ladung im atomaren Bereich war.

Es ist befremdlich, Bruchstücke mit einer Lebenszeit von 10^{-25} s als Elementarteilchen anzusehen. Würden sich diese Teilchen mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen, könnten sie gerade mal ein Hundertstel eines Atomkerndurchmessers zurücklegen. Wie soll so etwas gemessen werden? Eine Atomuhr arbeitet mit 9,2GHz, was nicht einmal 10^{-10} s entspricht. Es wäre notwendig, diese Messgenauigkeit zu erklären.

Anders als der halbzahlige Spin der Leptonen soll sich der ganzzahlige Spin des Photons (Lichtquant) schon aus der lange bekannten Existenz elektromagnetischer Wellen mit zirkulärer Polarisation ergeben. Die Maxwell-Gleichungen zeigen keine zirkuläre Polarisation. Der Operator **rot** hat dort eine andere Funktion, er ist ein Umlaufintegral. Die Drehbewegung einer Welle ist aber

etwas völlig anderes als die Drehbewegung eines Teilchens, da eine Welle stets aus vielen gekoppelten Teilchen besteht. Wenn behauptet wird, dass ein direkter experimenteller Nachweis 1936 anhand der Drehbewegung eines makroskopischen Objekts nach der Wechselwirkung mit Photonen[3] gelang, kann man dem entgegenhalten, dass sich ein Mühlrad auch dreht ohne, dass das darunter hinweg fließende Wasser einen Strudel bildet. Es gibt eine Menge technischer Anwendungen, bei denen eine geradlinige Bewegung in eine Drehbewegung umgesetzt wird. Außerdem steht dieses Argument im direkten Widerspruch zur Aussage von Stephen Hawking zum Spin 1. Diese Einteilung der Elementarteilchen besteht also auf einem unverständenen Kriterium.

3.3.3 Der Drehimpuls von Elementarteilchen

Elementarteilchen können einen Drehimpuls haben, ohne sich zu drehen und magnetisch sein, ohne dass ein Strom fließt.

Wir hatten eingangs Abgrenzungskriterien für die Unterscheidung zwischen Physik und Metaphysik diskutiert. Hier wird tatsächlich behauptet, Elementarteilchen hätten einen Impuls ohne Bewegung. Der Impuls ist das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit. Kraft ist das Produkt aus Masse und Beschleunigung. Der Drehimpuls ist definiert als das Kreuzprodukt von Radius und angreifender Kraft. Ein Impuls kann nur von einer Masse ausgehen. Der Impuls selbst hat jedoch keine Masse. Er ist die Wirkung einer bewegten Masse. Das konnte jeder feststellen, der sich mit dem Hammer auf einen Finger geklopft hat. Die Wirkung ist sichtbar, ohne dass der Finger um die Masse des Hammers sich vergrößert hat, auch wenn die Schwellung anschließend beträchtlich sein mag. Der Hammer bleibt auch der gleiche, wenn man einen zweiten Schlag ausführt, ohne dass er sich verdoppelt. Photonen sind wie Hammerschläge, sie sind keine Teilchen, aber sie erzeugen Wirkungen. Folglich ist die Benutzung eines Wirkungsquantums gerechtfertigt, zu ihrer Charakterisierung. Photonen wie alle Bosonen sind wie Hammerschläge, aber sie als Teilchen zu bezeichnen ist ein Schildbürgerstreich³ und warum sie einen Spin haben sollten ist unverständlich. Das Wirkungsquantum ist als das Produkt aus Energie und Zeit definiert.

Maßeinheiten des Wirkungsquants: $\text{erg s} \rightarrow \text{cm}^2 \text{ g/s} \rightarrow \text{v g cm}$

Auf alle Fälle müssen Teilchen eine Masse haben, um sich zu drehen. Wenn sie eine Masse haben, dann haben sie auch eine Ladung und ein magnetisches Moment.

Abgrenzungskriterium: Lichtquanten haben keinen Doppelcharakter. Sie sind Wirkungen, keine Teilchen. Die Quantenmechanik wird falsch interpretiert, sie gilt nicht für einzelne Teilchen.

3.3.4 Erzeugung und Vernichtung

Elementarteilchen können erzeugt und vernichtet werden.

³ Von den Schildbürgern erzählt man sich, dass sie beim Bau ihres Rathauses die Fenster vergessen hätten. Da sie nun im Dunklen bei Ihren Ratssitzungen saßen, kam ein kluger Schildbürger auf die Idee, auf der lichtdurchfluteten Straße die Photonen einzukehren und in Säcken in das Rathaus zu tragen. Wenn ich mich recht entsinne, kam die Idee von einem gewissen Albert.

Zu Teilchen gibt es Antiteilchen

Nach dem Satz von der Erhaltung von Masse und Energie steht der obige Satz im Widerspruch. Tatsächlich sieht es mitunter so aus, als würden einzelne Teilchen verschwinden, oder neu entstehen. Da wir diese Teilchen jedoch nicht selbst beobachten können, sondern nur ihre Wirkung auf die Umgebung, kann man eigentlich nur sagen, dass die Wirkungen erzeugt und vernichtet werden können, was auch makroskopisch einleuchtend ist. Folglich gibt es keine Antimaterie nur Antiwirkungen, sonst wäre die Materie schon längst vernichtet.

3.3.5 Unterscheidbarkeit von Teilchen

Elementarteilchen der gleichen Sorte sind nicht unterscheidbar.

Wenn Elementarteilchen nicht unterscheidbar sind, dann sind sie auch nicht abzählbar. Mit anderen Worten: Die Quantenmechanik hat keine Möglichkeit, ein einzelnes Teilchen zu beschreiben.

3.3.6 Elektromagnetische Wechselwirkung

Der Elementarakt der elektromagnetischen Wechselwirkung ist die Emission oder Absorption eines Photons. Auch das elektrostatische Potential entsteht so.

Diesem Satz kann nicht widersprochen werden, lediglich insofern, dass Photonen keine Teilchen sondern Wirkungen sind, wie schon die Bezeichnung Wechselwirkung sagt.

3.3.7 „Unphysikalische“ Zustände

Elementarteilchen entfalten messbare Wirkungen auch aus „unphysikalischen“ Zuständen heraus, in denen sie unbeobachtbar sind (virtuelle Zustände)

Es ist unklar, was ein unphysikalischer Zustand sein soll. Physik ist die Lehre von der Natur. Es handelt sich daher um unnatürliche Zustände. Wird damit ein metaphysischer Zustand gemeint? Virtueller Zustand bedeutet nicht in der Form zu existieren, in der der Zustand beobachtet wird. Das ist ein

Problem der Beobachtung, nicht der Physik. Die restlichen Sätze werden mystisch, da Beobachtung und Realität für Quantenphysiker der Kopenhagener Schule identisch sind.

Jede der vier Grundkräfte der Natur kommt durch Austausch von Elementarteilchen in virtuellen Zuständen zustande.

Für die Wechselwirkungsprozesse gibt es eine exakte Bildersprache

Es gelten die vier Erhaltungssätze der klassischen Physik, jedoch sind die Spiegelsymmetrien der klassischen Physik gebrochen.

Die Teilchen können weitere Arten von Ladung tragen, die sich zum Teil ineinander umwandeln

lassen. Das macht unklar, wie viele Arten von Teilchen als verschieden gezählt werden müssen.

Diese Aussagen belegen, dass der Übergang zur Metaphysik vollzogen ist.

4. Schlussfolgerung

Betrachtet man alle obige Aussagen von Bleck-Neuhaus zur Teilchenphysik, so muss man feststellen, dass sie über die Grenzen des Messbaren hinaus vom Glauben an die Symmetrie der Welt getragen werden. Symmetrie ist aber abhängig vom Betrachtungsstandpunkt mit Ausnahme der Kugelsymmetrie. Hier wirkt die Philosophie eines Arthur Schopenhauers nach, der das Relativitätsprinzip zwischen Beobachter und beobachteten Objekt deklariert, dem sowohl die Kopenhagener Schule eines Heisenbergs als auch Albert Einstein aufgesessen sind, da sie nicht die Abbildungsgesetze, die auf den Beobachter wirken, hinterfragt haben.

Das Konzept der Quantenmechanik wird auf einzelne Teilchen übertragen, obwohl es eindeutig ein statistisches Konzept ist und keine Aussagen für ein einzelnes Teilchen hat. Da man auf ein Übertragungsmedium, ein Kraftfeld verzichtet, das zu jeder Ladung zur Übertragung von Wirkungen dazugehört, kann man nicht zwischen Masse und Wirkung einer Masse unterscheiden und ist auf so mystische Erklärungen vom Austausch von Elementarteilchen angewiesen, deren Wahrheitswerte nicht auf physischer Erkenntnis, sondern auf Autorität des Amtes beruhen.

Man kann dem Erkenntnisproblem an den Grenzen der Erkennbarkeit nicht mit Mathematik beikommen, da die Phantasie der Mathematik diese Grenzen ins Mataphysische zwar überschreitet, unserer physischen Erkenntnis dieser Schritt jedoch verwehrt bleibt. Darauf beruhen letztlich die induktiven Fehlschlüsse der Teilchenphysik, die sie in die gegenwärtige Krise gestürzt haben.

18.09.16