

VON ELEKTRONEN UND JUPITERMONDEN

Versuch einer Grenzziehung zwischen Beobachtbarem und
Unbeobachtbarem

WISSENSCHAFTLICHE HAUSARBEIT
ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES
EINES MAGISTER ARTIUM
DER UNIVERSITÄT HAMBURG

VORGELEGT VON

DORIS BOHNET

AUS

KONSTANZ

HAMBURG

AUGUST 2006

BETREUER:
PROF. DR. ULRICH GÄHDE
PROF. DR. WERNER DIEDERICH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Bedeutung der Unterscheidung	6
1.2	Beobachtbar für wen?	7
1.3	Mit welchen Sinnen wird beobachtet?	9
2	Grenzen der Beobachtbarkeit	11
2.1	Im Kleinen	12
2.1.1	Das Mikroskop	12
2.1.2	Teilchen	21
2.2	Im Grossen	31
3	Theoriebeladenheit der Beobachtung	35
3.1	Arten der Theoriebeladenheit	36
3.2	Beobachtung und Beobachtungssatz	57
3.3	Stellenwert der Beobachtung	70
4	Abgrenzung der Beobachtung	79
4.1	Beobachtung oder Messung	79
4.1.1	Grundlage des Messbegriffs	80
4.1.2	Physikalischer Messbegriff	85
4.2	Hinreichende Kriterien	88
5	Schluss	93
A		99
A.1	Eidesstattliche Erklärung	99
A.2	Lebenslauf	100

Kapitel 1

Einleitung

Der Begriff der Beobachtung ist auf vielen philosophischen Kampfplätzen zu hören. Nicht auf allen werde ich mich in dieser Arbeit tummeln.

Ich suche in erster Linie nach einer angemessenen Grenzziehung zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem. Kriterien für die Angemessenheit sind auf der einen Seite, daß sie im Einklang mit dem wissenschaftlichen Sprachgebrauch steht, und daß sie auf der anderen Seite, bestimmte, vor allem epistemische Merkmale des Beobachtbaren erfaßt, die von philosophischem Interesse sind.

Daß es einen Unterschied zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem gibt, setze ich dabei voraus, da es klare Fälle sowohl von Beobachtbarem (z.B. alle makroskopischen Objekte in unserer Umgebung) als auch von Unbeobachtbarem (z.B. mathematische Entitäten) gibt. Es sei aber dahingestellt, ob eine scharfe Grenzziehung möglich ist, oder ob es nicht doch Dinge gibt, die ebenso plausibel als beobachtbar wie als unbeobachtbar bezeichnet werden können.

Ich nehme im Rahmen dieser Arbeit an, daß die Beobachtung eine ausgezeichnete epistemische Rolle besitzt. Diesen Begriff möchte ich an dieser Stelle und in den ersten Teilen der Arbeit bewußt etwas vage verstanden wissen. Ich verstehe darunter lediglich, daß Beobachtungen eine wichtige Quelle für unser Wissen über die Welt sind und daß Aussagen, die allein auf Beobachtungen beruhen, eine sichere Basis für weitere Schlußfolgerungen darstellen.

Als roter Faden dieser Arbeit dient mir die empiristische Position von Bas van Fraassen. Er beschränkt das Beobachtbare auf das, was ohne Hilfsmittel wahrnehmbar ist. Ich beginne mit dieser vereinfachten Charakterisierung des Beobachtbarkeitsbegriffes von van Fraassen und konfrontiere sie mit Einwänden. Ziel ist es, auf diesem Wege zu einem angemesseneren Begriff der Beobachtbarkeit zu gelangen.

Im zweiten Kapitel steht die Abgrenzung der beobachtbaren von den unbeobachtbaren Objekten anhand von Beispielen im Mittelpunkt. Dabei tauchen Fragen bezüglich des Verhältnisses von Beobachtung und Theorie auf, die ich im dritten Kapitel näher beleuchte. Im Rahmen dieses Kapitels entwickle ich auch Kriterien für die Beobachtbarkeit. Der Unterscheidung der Beobachtung von anderen wissenschaftlichen Tätigkeiten widmet sich das vierte Kapitel. Ich ende mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse.

In dieser Einleitung gehe ich kurz auf die Motivation ein, Beobachtbares von Unbeobachtbarem zu unterscheiden, und grenze den von mir ins Auge gefaßten Beobachtungsbegriff grob ein.

1.1 Bedeutung der Unterscheidung

Teilt man die Wissenschaftsphilosophen pauschal, doch wie es häufig geschieht, in Realisten und Empiristen ein, könnte man den Unterschied zwischen beiden Denkrichtungen am Beobachtbarkeitsbegriff festmachen:

Den Realisten ist er gleichgültig, denn sie sehen keinen großen Unterschied zwischen Beobachtungsaussagen und anderen wissenschaftlichen Urteilen. Die Wissenschaft soll uns eine wahre Beschreibung der Welt liefern, und alle von ihr benannten Entitäten sind real, ob sie nun beobachtbar sind oder nicht. Für den Empiristen dagegen ist die Grenze zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem fundamental. Denn Theorien müssen für ihn nicht als Ganzes wahr sein, sondern nur in Hinblick auf ihre Aussagen über das Beobachtbare. Die Beobachtung nimmt bei den Empiristen eine herausragende Rolle in unserem Erkenntnisssystem ein: Nur von beobachtbaren Dingen können wir halbwegs sicheres Wissen erlangen. Sie sind der Prüfstein, an dem sich unsere Theorien messen müssen.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war der Empirismus einseitig an der Sprache orientiert: Die Trennung von Beobachtung und Theorie sollte allein auf der sprachlichen Ebene gelingen, indem ein theoriefreier Teil der Sprache ausgezeichnet wird, mit dem allein Beobachtungen beschrieben werden können. Über den Wahrheitsgehalt solcher Beobachtungssätze herrscht unter denselben äußeren Bedingungen immer Einigkeit unter allen Sprechern der Sprache. Diese Position ist in ernste Bedrängnis geraten, da sich die Idee einer theoriefreien Beobachtungssprache als nicht durchführbar erwies. Bas van Fraassen will den Empirismus durch die Ent-

wicklung eines konstruktiven Empirismus aus seiner Krise befreien, indem er die Dominanz der Sprache in der Wissenschaftsphilosophie beendet: Die Idee einer Zweiteilung der Sprache in eine Beobachtungssprache und eine theoretische Sprache hat van Fraassen aufgegeben. Die Grenzziehung findet stattdessen innerhalb der Wissenschaft statt.

Diese Position ist deshalb als Ausgangspunkt für mich interessant: Sie zieht auf der einen Seite die Grenzen des Beobachtbaren sehr eng und mit Nachdruck, aber auf der anderen Seite führt sie nicht zu der gängigen Kritik am logischen Empirismus und seiner Idee der Beobachtungssprache hinein.

Meine Arbeit ist der Versuch, der besonderen Rolle als sichere Erkenntnisquelle, die der Beobachtung intuitiv zugeschrieben wird, gerecht zu werden, ohne berechtigte philosophische Einwände und den etablierten Sprachgebrauch in der Wissenschaft unberücksichtigt zu lassen. Insbesondere muß der Theorie in der Beobachtung eine Rolle zugestanden werden, um gängigen Beobachtungssituationen in der modernen Wissenschaft gerecht zu werden. Gleichzeitig darf durch diese teilweise Theorieabhängigkeit der Beobachtung nicht die Zuverlässigkeit der Beobachtung und die Objektivität der Wissenschaft Schaden nehmen.

1.2 Beobachtbar für wen?

„Beobachtbar“ ist ein modales Adjektiv. X ist beobachtbar, wenn es möglich ist, X zu beobachten. Eine erste Frage taucht hier ganz natürlich auf: *Für wen* ist es möglich, X zu beobachten?

Eine plausible Möglichkeit besteht darin, „beobachtbar“ in Bezug auf jedes einzelne Individuum zu verstehen. „ X ist beobachtbar.“ wäre dann die Kurzform zu „ X ist beobachtbar für Y .“, wobei Y derjenige ist, für den es möglich ist, X zu beobachten.

Plausibel ist diese Relativierung auf das Individuum, weil sich sowohl die Leistungsfähigkeit des Sinnesapparates als auch die zum Beobachten erforderlichen Fähigkeiten von Mensch zu Mensch unterscheiden. Die Schrift auf dem vorbeifahrenden Ozeanriesen mag für den einen noch gut zu lesen sein, der andere sieht nur einen farbigen Flecken am Bug. Ebenso ist es denkbar, daß ein geübter Beobachter mehr und auch anderes erkennt als ein Laie in derselben Situation.

Allerdings ergeben sich bei dieser Einschränkung von „beobachtbar“ Probleme,

wenn die Beobachtung eine ausgezeichnete epistemische Rolle spielen soll, wie ich dies zu Beginn angenommen habe. Aussagen, die nur auf Beobachtungen beruhen, sollen zuverlässig sein. Als ein mögliches Kriterium dafür kann dienen, daß alle Sprecher einer Sprache sich über den Wahrheitsgehalt solcher Aussagen allein aufgrund von Beobachtungen einigen können müssen. Nach obiger Konstruktion sind aber durchaus Situationen denkbar, in denen nicht ohne weiteres Einigkeit über das Beobachtete herrscht. Der Kurzsichtige kann dem Ausruf „Das ist die Albatros!“, den der Normalsichtige angesichts des großen Schiffs vor ihrer beider Augen tätigt, nicht deshalb zustimmen, weil er dasselbe sieht. Er kann den Namen des Schiffes beim besten Willen nicht lesen. Er wird dem Normalsichtigen vielleicht zustimmen, weil er keinen Anlaß hat, daran zu zweifeln, daß der andere sehen kann, wie das Schiff heißt, und ihm das wahrheitsgemäß mitteilt. Die Zustimmung beider zu dem Satz „Das ist die Albatros.“ ist aber nicht in einer geteilten, gemeinsamen Beobachtung begründet, sondern hat beim Kurzsichtigen eine pragmatische Komponente.

Es gibt zumindest drei Möglichkeiten, die Grenze des Beobachtbaren von dem Bezug auf ein Individuum zu lösen:

1. Man könnte sozusagen den Durchschnitt der Bereiche bilden, die für irgendjemanden beobachtbar sind, also eine Art kleinsten gemeinsamen Nenner des Beobachtbaren. Dieser Durchschnitt markiert dann die Dinge, die von allen beobachtet werden können. Versteht man „beobachtbar“ dann als „ohne jede Hilfsmittel wahrnehmbar“, wäre nach dieser Konstruktion der Name des Schiffes nicht mehr beobachtbar. Man könnte nun einwenden: Aber wenn das Schiff in den Hafen einläuft und der Kurzsichtige nahe an den Bug herankommen kann, dann kann auch er den Namen lesen. Es sind Umstände denkbar, unter denen es auch für ihn möglich ist, die Schrift zu sehen. Doch wird in dem Beispiel der Kurzsichtige durch den Blinden ersetzt, gibt es keine Umstände mehr, unter denen der Schiffsname beobachtbar ist. Die Existenz von Blinden und Tauben zeigt, daß der Bereich dessen, was für *alle* Menschen beobachtbar ist, sehr klein ist und kaum das abdecken wird, was gemeinhin als „beobachtbar“ bezeichnet wird. Der Versuch, den kleinsten gemeinsamen Nenner zu bilden, führt demnach zu einem sehr eingeschränkten Bereich des Beobachtbaren, solange man „beobachtbar“ als „ohne jede Hilfsmittel wahrnehmbar“ verstehen will.
2. Statt den Durchschnitt der Mengen des für jemanden Beobachtbaren zu nehmen könnte man einen idealisierten Durchschnittsmenschen beschreiben, auf

den sich „beobachtbar“ bezieht. Der Durchschnittsmensch hätte genau die Sinneswahrnehmung, die in Biologiebüchern beschrieben wird. Doch diesen Durchschnittsmenschen wird man nirgendwo auf der Welt finden. Zur Bestimmung dessen, was für eine Person beobachtbar ist, ist man notgedrungen auf Aussagen von ihr angewiesen. Wie dies bei einer idealisierten Person passieren soll, ist nicht klar. Letztendlich ist man wiederum in der oben dargestellten Situation, daß die Zustimmung zu einem Beobachtungssatz nicht aufgrund einer geteilten Beobachtung fällt, sondern aufgrund der Überzeugung, daß der idealisierte Durchschnittsmensch in dieser Situation diese Beobachtung machen und sie mit diesem Beobachtungssatz beschreiben würde.

3. Eine dritte Möglichkeit besteht darin, den Beobachtungsbegriff von der Wahrnehmung ohne Hilfsmittel zu lösen.

Zu guter Letzt läßt sich natürlich überlegen, ob die epistemische Bedeutung des Beobachtbaren und insbesondere die Zuverlässigkeit von Beobachtung nicht auf andere Weise erfaßt werden kann, als dadurch, daß auf Wahrheitswerte von Beobachtungsaussagen rekuriert wird. Schließlich stecken in dieser Paraphrasierung bereits Annahmen über die Beziehung von Beobachtungen und Beobachtungsaussagen. Diese Beziehung und worin die besondere Rolle der Beobachtung schließlich besteht, wird im Laufe der Arbeit thematisiert werden.

In Abhängigkeit von diesen Überlegungen ist es vielleicht nicht unbedingt erforderlich, daß das Beobachtbare für alle Menschen denselben Bereich umfaßt.

Dennoch sollte in allen folgenden Annäherungen an den Beobachtungsbegriff die Frage im Kopf behalten werden: Für wen ist etwas beobachtbar? Soll es für den einzelnen oder für alle (und wer sind „alle“?) beobachtbar sein?

1.3 Mit welchen Sinnen wird beobachtet?

„Beobachten“ wird in vielen Fällen als visuelles Beobachten verstanden. Es gibt aber auch Kontexte, in denen es andere Sinne umfaßt. Fragt der Polizist einen Zeugen, was er beobachtet habe, würde der Zeuge die Frage falsch verstehen, wenn er nur das berichten würde, was er gesehen hat. Stattdessen werden auch Antworten wie „Ich habe einen Schuß gehört.“ oder „Es hat nach Verbranntem gerochen.“ erwartet. Auch in der Wissenschaft wird oft die Wahrnehmung mit jedem Sinn als Beobachtung bezeichnet. Soll ein Chemiestudent seine Beobachtungen während

des Versuchs in einem Protokoll aufschreiben, muß er auch erwähnen, wie es gerochen hat, ob es bei der Reaktion einen Knall gab, wie sich der Stoff anfühlte und unter besonderen Umständen auch wie der Stoff schmeckte. Auf der Ebene der Sinneswahrnehmung ist es deshalb sinnvoll, von Beobachten in Bezug auf alle fünf Sinne zu sprechen. Wenn ich dennoch in vielen Fällen „beobachten“ mit „sehen“ paraphrasiere oder ausschließlich Beispiele des visuellen Beobachtens gebe, sollte das nicht so verstanden werden, daß ich das Beobachten nur auf das Sehen beschränke, sondern als eine bequeme Abkürzung, Bezug auf alle Sinne nehmen zu müssen, die dadurch motiviert ist, daß wir in erster Linie „Augentiere“ sind. Auf der Ebene der durch Hilfsmittel vermittelten Beobachtung, wenn sie denn zur Beobachtung zählen soll, sind Beispiele für nicht-visuelle Beobachtung beschränkt. Beinahe alle Hilfsmittel bieten uns die Information visuell aufbereitet dar: Das Elektronenmikroskop hat einen Bildschirm, medizinische Geräte stellen ihre Ergebnisse als Bilder dar, usw. Denkbar wäre auch, daß ein Ultraschallgerät kein Bild ausgibt, sondern charakteristische Töne macht. Doch offensichtlich scheint auf der Ebene der vermittelten Beobachtung die Priorität der Augen stärker zum Tragen zu kommen als bei der direkten Wahrnehmung. Zumindest entscheiden sich die Hersteller der meisten Hilfsmittel für eine visuelle Darstellung der Informationen. Die dominante Rolle, die das Visuelle in dieser Arbeit spielt, ist deshalb in dieser Hinsicht durchaus gerechtfertigt.

Kapitel 2

Grenzen der Beobachtbarkeit

In diesem Kapitel sollen die Grenzen der Beobachtbarkeit mit Hilfe von Beispielen aus den Naturwissenschaften abgesteckt werden.

Ist ein Pantoffeltierchen noch beobachtbar, auch wenn man ein Mikroskop zur Beobachtung zu Hilfe nimmt? Und wenn ja, kann man ebenso von einer Beobachtung von Elektronen oder anderen Teilchen sprechen? Was ist mit Himmelskörpern, die nur mit Teleskopen registriert werden können? Sind sie beobachtbar?

Van Fraassens Standpunkt soll mir dabei als roter Faden dienen, an dem entlang ich die einzelnen Beispiele behandle. Als Empirist zieht er die Grenzen für Beobachtbares sehr eng. Eine Erweiterung dieser engen Grenzen scheint aufgrund der Beispiele erforderlich. Die damit verbundenen philosophischen Fragen werden ausführlicher erst im folgenden Kapitel behandelt.

Van Fraassen liefert in seinem Buch „The Scientific Image“ folgende Annäherung an den Beobachtbarkeitsbegriff:

X is observable if there are circumstances such that, if X is present to us under those circumstances, then we observe it.

[vF80, S.16]

Diese Charakterisierung läßt den Leser etwas unbefriedigt zurück, da sie mehr Fragen aufwirft, als sie beantwortet: Zunächst fällt auf, daß er „beobachtbar“ mit Hilfe des Verbs „beobachten“ beschreibt. Doch was ist „beobachten“? An anderer Stelle bei van Fraassen finden wir Folgendes:

Observation is perception, and perception is something which is possible for us without instruments.

[vF01, S.2]

Beobachten versteht er also als reines Wahrnehmen, ohne jede Zuhilfenahme von Instrumenten. Doch wer sind „wir“ im obigen Zitat?

Nach van Fraassen bezieht sich das modale Adjektiv „beobachtbar“ auf das, was für ein Mitglied unserer epistemischen Gemeinschaft zu beobachten möglich ist. Die Grenzen der Beobachtbarkeit sind damit davon abhängig, wen wir zu unserer epistemischen Gemeinschaft dazurechnen.¹ Was ein Mensch ohne Hilfsmittel wahrnehmen kann, ist außerdem abhängig von der Konstitution seiner Sinnesorgane und von den Theorien, die unsere Wahrnehmung und uns als Organismen in der Welt beschreiben. Diese Charakterisierung der Beobachtbarkeit erscheint auf den ersten Blick theorieabhängig. Andererseits betont van Fraassen, daß die Grenzen des Beobachtbaren für ihn theorie-unabhängig sind und ihre Bestimmung eine empirische Aufgabe ist.² Dieser scheinbare Widerspruch in van Fraassens Ansatz beleuchte ich genauer im nächsten Kapitel.

An dieser Stelle genügt mir ein möglichst einfacher Begriff der Beobachtbarkeit: Als beobachtbar betrachtet van Fraassen alle diejenigen Ereignisse und Objekte, die unter gewissen Umständen von allen Mitgliedern unserer epistemischen Gemeinschaft direkt wahrgenommen werden können. Dabei müssen diese „gewissen Umstände“ im Bereich des derzeit physikalisch Möglichen liegen. So möchte ich als Arbeitshypothese für dieses Kapitel folgende Definition von Beobachtbarkeit wählen:

(B_1) X ist beobachtbar genau dann, wenn es Umstände gibt, unter denen X von Mitgliedern unserer epistemischen Gemeinschaft ohne Hilfsmittel wahrgenommen werden kann.

Mit X sei hierbei ein beliebiges Objekt oder Ereignis bezeichnet.

2.1 Im Kleinen

2.1.1 Das Mikroskop

Ein erstes Beispiel ist das Sehen mit einem Mikroskop. Ich wähle dieses Beispiel, da es häufig in der Literatur auftaucht; zum einen als Beispiel *für* das Beobachten

¹Wenn wir irgendwann Marsmännchen mit einer anderen Sinneswahrnehmung, z.B. der Wahrnehmung von Wärmestrahlung, zu unserer epistemischen Gemeinschaft dazurechnen, d.h. für van Fraassen als Personen anerkennen, verschiebt sich die Grenze des Beobachtbaren.

²vgl. [vF80, S.57].

mit Hilfe eines Instrumentes, zum anderen als Argument dafür, daß das Sehen mit einem Mikroskop kein eigentliches Beobachten eines Gegenstandes mehr ist. Letzteres bemüht sich van Fraassen zu zeigen.

Der obigen Definition (B_1) folgend, ist das Sehen mit einem Mikroskop kein Beobachten: Denn bestimmte Objekte können wir unter keinen Umständen mit bloßem Auge sehen.

Nach van Fraassen ermöglicht uns das Mikroskop nicht den Blick in einen ansonsten für uns unsichtbaren Mikrokosmos, sondern es erzeugt ein neues Phänomen, ein Bild, das wir direkt beobachten können.³

„Und ich sehe doch mit einem Mikroskop!“ Paul Teller kritisiert diese Behandlung des Mikroskops, indem er auf die phänomenologische Ähnlichkeit zwischen dem Sehen durch ein Mikroskop und dem Sehen mit bloßem Auge verweist:

We use microscopes to become aware of paramecia, mitochondria, cell walls⁴..., not to produce images of which we separately become aware and then interpret as images of these things. The microscope no more produces an intermediate image in the production of phenomena than the eye ball produces a visual image of a tomato on ones retina of which one then becomes explicitly aware and interprets as an image of a tomato[...].

[Tel, S.9]

Er argumentiert, daß ein geübter Mikroskopierer nicht ein Bild sieht, das er dann interpretiert, wenn das Mikroskop schon beiseite gestellt ist. Vielmehr drängt sich dem Biologen der Eindruck sofort auf, ein Objekt zu sehen, beispielsweise ein Pantoffeltierchen.⁵ Teller hält daher van Fraassens Ansatz in Hinblick auf seinen Beobachtungsbegriff für fehlgeleitet. Entscheidend sei nicht, dass etwas direkt gesehen werden kann, sondern daß wir den Eindruck haben, etwas unmittelbar zu erleben, sei es mit oder ohne Hilfsmittel.⁶

³vgl. [vF01, S.3].

⁴Übersetzt: Pantoffeltierchen, Mitochondrien („Kraftwerke“ der Zellen), Zellwände...

⁵Hier sei bemerkt, daß es durchaus Fälle gibt, gerade bei Elektronenmikroskopen, daß das Mikroskopierbild abfotografiert und das Photo in Ruhe und oft vergrößert betrachtet wird. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn der Untersuchungsgegenstand nicht schon so gut bekannt ist, daß das Bild mit den eigenen Erwartungen an das Gesehene übereinstimmt. Wenn also durchaus das Bild gedeutet werden muß. Der Biologe wird dann nicht sagen, ein Pantoffeltierchen gesehen zu haben, aber doch, daß er ein Objekt mit einer gewissen Form und Charakteristika gesehen hat.

⁶vgl. [Tel, S.10].

Van Fraassen begegnet dieser Kritik⁷ mit einer genaueren Beschreibung dessen, was passiert, wenn man durch ein Mikroskop blickt. Das, was wir dabei sehen, ist demnach eine öffentliche Halluzination. Als öffentliche Halluzination bezeichnet van Fraassen Phänomene wie beispielsweise den Regenbogen, der zwar von allen gesehen werden kann, also „öffentlich“ ist, dennoch aber nicht wirklich ist, also eine „Halluzination“ im van Fraassenschen Sinne. Der Regenbogen ist kein wirklicher Gegenstand, da er sich nicht zählen läßt. Es ist unklar, ob zwei Menschen, die beide in derselben Situation einen Regenbogen sehen, denselben Regenbogen sehen oder zwei an verschiedenen Orten.

Das Mikroskop ist analog zum Phänomen des Regenbogens zu bewerten.⁸ Das Mikroskop produziert ein Bild, das öffentlich betrachtet werden kann. Dieses Bild ist wie der Regenbogen kein Bild von etwas Wirklichem, auch wenn wir es so deuten mögen. Der Unterschied zwischen Regenbogen und Mikroskopbild liegt demnach nicht auf der Ebene der Wahrnehmung, - beides sind Bilder - sondern auf der Ebene unseres spontanen Urteils über die Wahrnehmung. Während wir beim Regenbogen sofort urteilen, daß es sich nicht um das Bild eines echten Bogens handelt, kommen wir beim Anblick des Mikroskopbildes sofort zu dem Schluß, daß es das Bild eines real existierenden Objektes sein muß. Dieser Schluß muß korrigiert werden.

Van Fraassen begegnet also Tellers Kritik, indem er unser Wahrnehmungserlebnis in zwei Stufen unterteilt: die reine Wahrnehmung und das spontane Urteil, das man sich über die Wahrnehmung bildet. Meistens irrt man sich in diesem ersten Urteil, so daß man es korrigieren muß. Den Einwand, daß man aber doch kein Bild eines Regenbogens sehe, begegnet van Fraassen damit, daß die Redeweise vom „Sehen eines Bildes“ bloß eine metaphorische Beschreibung sei.⁹ Man urteilt, etwas gesehen zu haben, obwohl es in Wirklichkeit nur eine Illusion ist.

Die Frage, ob das Sehen mit dem Mikroskop als Beobachten zu bezeichnen ist, betrifft nicht das reine Wahrnehmen, sondern das spontane Urteil, ob wir ein wirkliches Objekt sehen oder vielmehr eine öffentliche Halluzination erleben wie beim obigen Beispiel des Regenbogens. Ob wir wirklich etwas sehen, kann im Falle des Mikroskops nur durch Verweis auf dessen Funktionsweise beantwortet werden. Und das ist eine theoretische Frage.

Sicherlich können wir annehmen, tatsächlich etwas mit dem Mikroskop zu sehen, aber für van Fraassen lehnen wir uns damit unnötig weit aus dem Fenster heraus, weil wir damit die Theorie des Mikroskops akzeptieren. Auf der sicheren Seite sind

⁷Van Fraassen bezieht sich in [vF01] direkt auf Tellers Kritik.

⁸[vF01, S.4].

⁹vgl. [vF01, S.5].

wir seiner Meinung nach nur dann, wenn wir keinerlei Aussage machen, ob da etwas ist oder nicht. Zwei Fragen tauchen im Zusammenhang mit Tellers Kritik auf, die wir im Auge behalten müssen:

1. Die Überzeugung, etwas zu sehen, scheint eng mit der Überzeugung verbunden zu sein, daß da etwas unabhängig von den verwendeten Hilfsmitteln ist, was man sehen kann.
2. Van Fraassen suggeriert, daß es eine reine Wahrnehmung geben kann, die von jedem Urteil frei ist.

Unabhängig von van Fraassens Interpretation des Sehens eines Regenbogens stellt sich die Frage, ob die Annahme, etwas Wirkliches mit dem Mikroskop zu sehen, gerechtfertigt ist. Van Fraassen argumentiert, daß man diese Annahme nur machen kann, wenn man der Theorie des Mikroskops glaubt. Diese Theorie muß sich aber, wie jede Theorie, an beobachteten Daten messen lassen, die selbst deshalb nicht auf Teilen derselben Theorie beruhen dürfen.

Ian Hacking knüpft in seiner Kritik an van Fraassen¹⁰ genau an diesem Punkt an: Was ist, wenn wir dieselbe Struktur an derselben Stelle nicht nur mit einem Lichtmikroskop sehen, sondern auch mit anderen Mikroskopen, deren Funktionsweisen auf jeweils anderen Theorien beruhen?

Das Gitterargument: Für Hacking ist Beobachten eine Fertigkeit, die geübt werden muß und für deren Ausübung Hilfsmittel in Anspruch genommen werden. Geübt werden muß vor allem, ob man wirklich etwas sieht oder vielmehr einer Störung durch das Hilfsmittel, durch die eigenen Augen oder die Präparation des beobachteten Objektes unterliegt. Beim Mikroskopieren bieten sich verschiedene Methoden an, um zu der begründeten Überzeugung zu kommen, wirklich etwas zu sehen. Eine Methode ist zum Beispiel, von unterschiedlichen Zugriffsmöglichkeiten Gebrauch zu machen. Dies führt Hacking in seinem Gitterargument aus:

Ein Gitter wird in großem Maßstab mit Feder und Tusche gezeichnet und photographisch verkleinert. Am Ende wird ein metallischer Abguß von dem verkleinerten Bild gemacht. Das winzige Gitter kann zwar mit Pinzetten angefaßt werden, aber seine Gitterstruktur ist nicht mehr mit bloßem Auge erkennbar. Mit Hilfe von Mikroskopen, deren Bau und Funktionsweise auf jeweils voneinander unabhängigen Theorien beruhen, kann genau die Gitterstruktur, die zuvor im großen Maßstab gezeichnet worden war, gesehen werden. Hacking folgert daraufhin:

¹⁰Hacking, Ian: „Do We See Through a Microscope?“ In: *Pacific Philosophical Quarterly* (62), S.132 - 152. Aufgenommen als Kapitel „Mikroskope“ in [Hac96, S.309-347].

Wenn es gelingt, durch Einsatz vieler verschiedener Aspekte von Lichtwellen ein und dieselbe Struktur zu ermitteln, können wir nicht mehr im Ernst die Vermutung hegen, die Struktur sei eine künstliche Nebenwirkung aller dieser verschiedenen physikalischen Systeme.
[Hac96, S.338]

Das Gitterargument beruht darauf, daß es ein sehr großer Zufall wäre, wenn durch unterschiedliche physikalische Systeme jeweils dieselbe Struktur als künstliche Nebenwirkung erzeugt werden würde.

Van Fraassen erkennt dieses Argument nicht als solches an. Aus der Prämisse, daß das Gitter so verkleinert wurde, daß die Struktur erhalten geblieben ist, soll gerade folgen, daß das Gitter erfolgreich verkleinert wurde.¹¹ Diese Kritik ist nicht ganz unberechtigt, da tatsächlich die Möglichkeit besteht, daß das Gitter durch das Verfahren nicht strukturerhaltend verkleinert wird. Es ist beispielsweise denkbar, daß das Gitter so sehr verkleinert wird, daß zwei vormals getrennte Punkte zu einem einzigen zusammenfließen, also die Struktur verloren geht. Hackings Argument steht und fällt mit der Richtigkeit seiner Prämisse, daß das Gitter erfolgreich geschrumpft wird. Leider führt Hacking das dazu verwendete Verfahren nicht genauer aus. Argumente für den Erfolg der Verkleinerung sind allerdings die Geläufigkeit des Verfahrens (es wird gewohnheitsmäßig und in großem Maßstab durchgeführt¹²) und die Reversibilität (ein verkleinertes Gitter kann wieder zu einem sichtbaren Gitter vergrößert werden).

Die Richtigkeit der Prämisse darf nicht allein darauf beruhen, daß mit Hilfe eines Mikroskops geprüft wird, ob das Gitter erfolgreich verkleinert wurde, denn gerade die Funktionsweise des Mikroskops soll ja mit Hilfe des erfolgreich verkleinerten Gitters überprüft werden.¹³ Es müssen also andere Argumente wie die oben genannten angeführt werden, um die Prämisse und damit das Argument von Hacking zu stützen.

Außerdem muß sicher gestellt sein, daß das Verfahren zur Verkleinerung wirklich nicht auf Theorien oder Theorieteilchen beruht, die die Funktionsweise des Mikroskops beschreiben.

Dennoch ist der Hinweis auf verschiedene Zugriffsmöglichkeiten, über die man

¹¹vgl. [Chu85, S.297]. Insbesondere steht van Fraassen Schlüssen auf die beste Erklärung als gültige Argumente sehr skeptisch gegenüber, vgl. [vF80, S.19ff.].

¹² [Hac96, S.337]: „Das Verfahren zur Herstellung solcher Gitter sind bis ins letzte bekannt und ebenso zuverlässig wie alle übrigen hochwertigen Massenfertigungssysteme.“

¹³ [Hac96, S.337-8] läßt vermuten, daß die Zuverlässigkeit der Verkleinerung des Gitters vor allem durch das Mikroskop geprüft werden kann: „Ich weiß, daß das Herstellungsverfahren zuverlässig ist, denn wir können die Ergebnisse mit dem Mikroskop überprüfen.“

verfügt, um zu der Überzeugung zu gelangen, daß man tatsächlich etwas sieht, nicht zu unterschätzen.

Es ist falsch, wenn van Fraassen schreibt, daß man der Theorie des Mikroskops blind vertraut, wenn man beispielsweise sagt, man sehe ein Pantoffeltierchen. Denn das Sehen mit einem Mikroskop ist - wie Hacking richtig herausstreicht - kein bloßes Sehen durch ein Mikroskop, sondern ein Handwerk, das aus vielen einzelnen Schritten besteht, die geübt sein müssen, um überhaupt irgend etwas erkennen zu können. Die Analogie, die Teller zum Sehen mit dem bloßen Auge herstellt, ist deshalb schief. Es gibt eine Vielzahl von Methoden, die den Sinneseindruck durch das Mikroskop bestätigen können und auf Theorien beruhen, die mit der Optik nichts zu tun haben. Das soll im Folgenden ausgeführt werden.

Ein schneller Blick durch ein Mikroskop enthüllte im 17. Jahrhundert zunächst mehr Linsenfehler und Verschwommenes, als irgend etwas anderes. So schreibt denn Robert Hooke in seinem Vorwort zur „Micrographia“ ganz richtig, daß „zu diesem Ziele [der Erforschung der Körper und ihrer Struktur] nichts so dringend benötigt wird [...] wie *eine zuverlässige Hand* [m.H.] und ein treues Auge, um die Dinge zu prüfen und zu berichten, wie sie erscheinen.“¹⁴ Das Vertrauen in das mit dem Mikroskop Gesehene erwuchs historisch mit Untersuchungen und Übung an pflanzlichen Geweben, deren Strukturen auch primitiveren Forschungsinstrumenten zugänglich sind.¹⁵ Dennoch gelang es nur visuell begabten und entsprechend geschickten Forschern, relevante Ergebnisse mit dem Mikroskop zu erzielen, da weder die Optik des Mikroskops zu diesem Zeitpunkt richtig verstanden war noch etablierte Forschungsmethoden existierten.

Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) schlifft sich die für die jeweilige Untersuchung erforderlichen Linsen selbst und schuf so zahlreiche Spezialmikroskope. In seinen Aufzeichnungen¹⁶ wird besonders deutlich, wie Kenntnis und Manipulation des Untersuchungsgegenstandes Hand in Hand mit der Beobachtung gehen. Bis er wirklich an das glaubte, was er sah, machte er viele Versuche und variierte die Versuchsbedingungen: Die Sechser-Kügelchen der Bierhefe beobachtete er auch an der Weinhefe und in verschiedenen Stadien der Biergärung. Muskelgewebe unter-

¹⁴zitiert in: [Mey98, S.33].

¹⁵vgl. [FB63, S.4]: „Das pflanzliche Gewebe, wegen seiner gröberen Zellenmembranen auch primitiveren Forschungsinstrumenten besser zugänglich, bildete für seine Untersuchungen [von Marcello Malpighi (1628-1694)] eine wichtige Ausgangsbasis.“ sowie [FB63, S.8]: „Wie in der Frühzeit der mikroskopischen Gewebeforschung die Untersuchung der Pflanzen voranschritt, so übernahm auch jetzt [um 1830] die *Botanik* die Führerrolle.“

¹⁶Leeuwenhoek, A.: *Arcana naturae*. Übersetzt und kommentiert in: [Mey98].

suchte er erst bei großen Tieren wie Fischen, um dann bei Flöhen viele Male nach derselben Muskelstruktur zu suchen. Den roten Blutkörperchen wies er - nach Beobachtungen am Blut von Menschen und größeren Säugetieren - Kugelform nach, an Fischen, Fröschen und Vögel beobachtete er flache, ovale Blutkörperchen. Erst später stellte er fest, daß die Kugelform auf die schlechtere Vergrößerungsleistung der frühen Mikroskope zurückzuführen war. Mit besseren Mikroskopen erkannte er nun, „daß sie [die Blutkörperchen] sich auf ihrer Wanderung gewissermaßen einrollten. Ich sah sie in einem Moment von der Seite und gleich darauf, etwas weiter gewandert, flach.“¹⁷

Es ist auch bezeichnend, daß das Mikroskop erst dann den Sprung von den Salons in die Wissenschaft schaffte, als Ernst Abbé (1840-1905) systematisch die Abbildungsfehler untersuchte¹⁸ und sowohl theoretisch als auch praktisch ein besseres Verständnis des Mikroskops, seiner Funktionsweise und seiner Leistungsgrenzen erreichte. Nach zahlreichen systematischen Versuchen stellte er fest, daß das mikroskopische Bild „dem Objekt selbst unbedingt ähnlich [ist] und [...] einen vollkommen sicheren Rückschluß auf die - morphologische - Zusammensetzung desselben zu[läßt]. Alle feinere Struktur hingegen, deren Elemente klein und nahe genug sind, um durch ihr nebeneinandersein ein merkliches Beugungsphänomen hervorzurufen, wird nicht more geometrico abgebildet [...]“¹⁹

In der weiteren Geschichte des Mikroskops spielt die Färbetechnik eine große Rolle, die sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts fast zu einer eigenen Wissenschaft ausbildete. Sie dient nicht nur zum Sichtbarmachen von verschiedenen Strukturen, sondern durch die besondere Affinität bestimmter Gewebelemente zu bestimmten Farbstoffen erleichtert sie auch die Identifizierung. Die Vermutung, etwas Bestimmtes unter dem Mikroskop zu sehen, wird also durch das erfolgreiche Einfärben mit einem bestimmten Farbstoff bestätigt. Zur Identifizierung von Bakterien dienen neben dem Mikroskopieren Bakterienkulturen, die von der mikroskopierten Probe auf unterschiedlichen Nährmedien angelegt werden, sowie Tierversuche, bei denen Tieren ein Serum aus den Proben gespritzt wird.²⁰ Ebenso entwickelten sich die Fixier- und Schnitttechnik. Mikroskop und Präpariergerät wurden kombiniert, um Mikronadeln und Pipette durch Tribschrauben mechanisch führen zu können, und vor allem an Eiern und Embryonen regelrechte „chir-

¹⁷zitiert in [Mey98, S.232].

¹⁸Er machte systematische Versuche zur Bildentstehung mit Hilfe von Gittern, die er mit unterschiedlichen Linsen betrachtete. Vgl. [Bey88, S.115] und [Abb89].

¹⁹[Abb89, S.81-82].

²⁰vgl. [FB63, S.13].

urgische“ Eingriffe vornehmen zu können, um entwicklungsbiologisch interessante Zusammenhänge zu erhellen.

Die historische Verzahnung der Entwicklung in diesen Bereichen mit derjenigen des Mikroskops verweist darauf, daß zum Sehen mit einem Mikroskop nicht einfach die Augen aufgemacht werden müssen, sondern vielmehr eine durchdachte Präparation des Objektes das Sehen erst ermöglicht und es dann begleiten muß. Das Sehen mit dem Mikroskop ist also kein momenthaftes Erlebnis, sondern der Sinneseindruck wird von technischen Schritten in mehreren Stufen beeinflusst. Es gibt also eine Reihe von Methoden, die wir anwenden können, wenn wir nicht sicher sind, ob wir wirklich etwas sehen oder nur künstliche Nebenwirkungen des Systems wahrnehmen:

1. *verschiedene Zugriffsmöglichkeiten:* Im makroskopischen Bereich wird die Wirklichkeit von etwas Gesehenen z.B. durch andere Sinneseindrücke wie Anfassen oder auch Hören und Schmecken bestätigt. Beim Mikroskopieren stehen Mikroskope zur Verfügung, die auf unterschiedlichen Eigenschaften elektromagnetischer Wellen beruhen.
2. *Manipulation:* Objekte unter dem Mikroskop können mit Mikrotomen geschnitten oder mit Pipetten aufgesaugt werden. Leeuwenhoek sticht beispielsweise unter dem Mikroskop mit einer Nadelspitze eine Öffnung in den Magen einer Fliege und beobachtet, wie aus dieser Öffnung Saft ausfließt.²¹ Die Bewegung der Hand, die die Nadel führt, korrespondiert mit der durch das Mikroskop wahrgenommenen Bewegung der Nadelspitze am Fliegenmagen.
3. *Analogie zum Verhalten makroskopischer Objekte:* Der Magen der Fliege läßt sich mit einer Nadel durchstechen und aus der Öffnung dringt Flüssigkeit heraus. Rote Blutkörperchen stauen sich in engen Arterien und rollen sich ein, um enge Partien zu durchfließen. Bei Objektträgern, die zum Zählen verwendet werden, kullern die roten Blutkörperchen in die vorgesehenen Rillen, wenn sie unter das Deckglas pipettiert werden.
4. *Blindprobe:* Parallel zum Untersuchungsgegenstand wird eine Probe untersucht, die das fragliche Objekt nicht enthält. So gibt es Testpräparate, um die Auswirkung von Abbildungsfehlern bei Mikroskopen zu untersuchen. Neben Kulturen, denen die fraglichen Bakterien zugefügt wurden, werden reine Nährmedien zur Probe angelegt. Um auszuschließen, dass es sich anstelle

²¹zitiert in [Mey98, S.88].

des fraglichen Objektes nur um Artefakte handelt, die durch das Fixieren des Objektes entstanden sein können, werden Vergleichsproben mit unterschiedlichen Fixierungen gemacht.

5. *Vorhersagbare Wechselwirkung*: Das Objekt reagiert auf chemische Einflüsse auf eine erwartete Weise. Eine gewisse Gewebestruktur unter dem Mikroskop wird als x identifiziert und daraufhin mit dem für x geeigneten Farbstoff erfolgreich angefärbt. Rote Blutkörperchen platzen bei Zugabe von destilliertem Wasser. Bakterienkulturen werden durch Antibiotikazugabe im Wachsen gehemmt.

Fazit: Tellers Kritik an van Fraassen ist demnach in der Hinsicht unberechtigt, daß er eine Analogie zwischen dem Sehen mit dem bloßen Auge und mit dem Mikroskop zieht. Das Sehen mit dem Mikroskop ähnelt weder physikalisch noch phänomenologisch dem Sehen mit dem Auge, da das Identifizieren von Objekten selten ad hoc gelingt. Van Fraassen hat recht, daß das Urteilen, daß man etwas mit dem Mikroskop gesehen hat, theorieabhängig ist. Doch wie Hacking verdeutlicht und wie sich auch an obigen Beispielen zeigen läßt, ist dieses Urteil nicht notwendigerweise von den Theorien abhängig, die das Mikroskop in seiner Funktionsweise beschreiben, sondern beruht häufig auf mehreren verschiedenen Methoden, mit denen man den Sinneseindruck durch das Mikroskop überprüfen kann, die ich oben - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - aufgelistet habe. Es stellt sich aber weiterhin die Frage, ob es angemessen ist, von Beobachtung zu sprechen, wenn diese von theoretischem Wissen abhängt, auch wenn dieses unabhängig ist von den Theorien, die das zur Beobachtung verwendete Hilfsmittel beschreiben. Dieser Frage werde ich im dritten Kapitel meiner Arbeit nachgehen.

Es ist aber ebenfalls deutlich geworden, daß van Fraassens Beobachtungsbegriff in Hinsicht auf das Mikroskop nicht mit der wissenschaftlichen Sprechweise übereinstimmt und sich nur durch eine Zweiteilung unseres Beobachtungserlebnisses in ein Wahrnehmen und ein spontanes Urteil rechtfertigen läßt. Dieser Schachzug zwingt uns aber zu geistigen Verrenkungen, die dem wissenschaftlichen Begriff von Beobachtung nicht gerecht werden: „Nein, ich sehe kein wirkliches Pantoffeltierchen, sondern ich habe nur den Eindruck, ein Pantoffeltierchen zu sehen, den ich vorschnell so beurteilte, als ob da wirklich ein Pantoffeltierchen wäre, das ich sehe.“ Meine Überzeugung, daß ich mit dem Mikroskop etwas sehe, ist eng mit meiner Überzeugung verknüpft, daß da wirklich etwas ist, das ich sehen kann. Vom „Se-

hen mit dem Mikroskop“ spricht man also vor allem deshalb, weil man sich mit Übung im Mikroskopieren, Manipulationen und verschiedenen Zugriffsmöglichkeiten davon überzeugt hat, daß da wirklich etwas ist, das man sieht, und man keinen Abbildungsfehlern des Mikroskops oder Artefakten durch die Präparation erliegt. Es gibt also auf jeden Fall gute Gründe in Hinsicht auf das Mikroskop von Beobachten zu sprechen, auch wenn das beobachtete Objekt dabei unter keinen Umständen direkt wahrnehmbar ist. Stattdessen ist aber das mikroskopische Bild mit dem Objekt durch eine Kette von physikalischen Wechselwirkungen verbunden, die garantieren, daß bei einer nicht zu feinen Struktur des Objektes dieses strukturähnlich abgebildet wird. Diese Wechselwirkungen werden mit Hilfe von Theorien beschrieben, die unabhängig sind von denjenigen, die das Objekt zum Gegenstand haben, und von den Methoden und Theorieteilern, mit deren Hilfe die Existenz des Objektes überprüft wird.

Doch wie van Fraassen selbst zugesteht, muß das Sehen mit dem Mikroskop nicht unbedingt aus dem Bereich des Beobachtens ausgeschlossen werden.²²

Van Fraassen nennt hingegen als klares Beispiel für etwas Unbeobachtbares ein geladenes Teilchen in der Nebelkammer: „So while the particle is detected by means of the cloud chamber, [...], it is clearly not a case of the particle's being observed.“ ([vF80, S.17]).

2.1.2 Teilchen

In „The Scientific Image“ zieht van Fraassen einen Vergleich zwischen der Spur eines geladenen Teilchens in einer Nebelkammer²³ und dem Kondensstreifen, den ein Jet am Himmel hinterläßt. Der Jet ist laut van Fraassen beobachtbar, denn es ist möglich, auf den Anfang des Kondensstreifen zu zeigen und dort den Jet direkt zu sehen. Im Falle der Ionisierungsspur des Elektrons sehen wir aber nicht das Elektron selbst, sondern nur eine graue Spur. Erst mit einer gewissen Theorie darüber, wie diese Spur entstanden ist, können wir darauf schließen, daß ein Elektron in der Nebelkammer gewesen ist.²⁴

²²vgl. [Chu85, S.254]: „I think they [my critics] all agree also on the vagueness of observability and the irrelevance of exactly where the line is drawn. An electron is so unimaginably different from a little piece of stone - or the little grid Hacking can hold with tweezers - that minor adjustments would make no difference to the issues.“

²³Eine Nebelkammer dient dem Nachweis von geladenen Teilchen. Sie ist normalerweise mit einem gesättigten Luft-Alkohol-Gemisch gefüllt. Durchquert ein Teilchen dieses Gas, ionisiert es einzelne Atome des Gases. An diesen ionisierten Atomen kondensiert das Gas. Dadurch entsteht auf dem Weg des Teilchens ein sichtbarer Kondensationsstreifen.

²⁴vgl. [vF80, S.17].

Im Falle des Mikroskops ist deutlich geworden, daß van Fraassens Gleichsetzung der Beobachtung mit direkter Wahrnehmung zu kurz greift: Es gibt verschiedene Methoden, sich zu überzeugen, daß das durch das Mikroskop erzeugte Bild das Bild eines realen Objektes ist. Deshalb kann man mit guten Gründen davon sprechen, mit dem Mikroskop ein bestimmtes Objekt zu sehen und nicht nur ein Bild. Ein Objekt ist demnach auch dann beobachtbar, wenn es nur mit Hilfsmitteln wahrgenommen werden kann, solange die Möglichkeit besteht, sich auf anderem Wege von der Richtigkeit und Adäquatheit des Seheindrucks und der Existenz des beobachteten Objektes zu überzeugen.

Es stellt sich jetzt die Frage, ob das Beispiel der Nebelkammer analog zu dem Mikroskop bewertet werden kann oder ob - wie van Fraassen andeutet - es prinzipiell anders zu behandeln ist.

Gibt es eine Analogie zwischen dem Mikroskop und der Nebelkammer?

Peter Galison argumentiert in einem Aufsatz [Gal85] *für* eine Analogie zwischen dem Mikroskop und der Blasenkammer.²⁵

A particular insightful approach [...] is provided by Hacking's analysis of our basis for belief in the images offered by various types of microscopes. [...]. In sum: Our grounds for faith in our instruments' reports are manifold. In addition to tests by correlation among diverse instruments, our ability to intervene, and our understanding of underlying physical principles, we have seen many issues arise with the growing scale of particle physics. [...]. All these techniques have figured in our vastly increased ability to extract real effects from the merely artifactual.

[Gal85, S. 356-359]

Galison wendet die Kriterien auf die Blasenkammer an, die Hacking für das Sehen mit einem Mikroskop aufgestellt hat. Dabei stellt er fest, daß dem Wissenschaftler ebenso wie beim Mikroskop Methoden zur Verfügung stehen, um die von der Blasenkammer gezeigten Spuren von Teilchen zu prüfen: So gibt es beispielsweise verschiedene Instrumente zum Nachweis. Man kann das Geschehen manipulieren

²⁵Die Blasenkammer ist im Vergleich zur Nebelkammer ein empfindlicherer Detektor. Der Nachweis für geladene Teilchen erfolgt aber ebenfalls über die Ionisationsspuren der Teilchen, die sie in der Blasenkammer hinterlassen.

und vermag die Funktionsweise der Blaskammer auch durch etablierte physikalische Prinzipien, ohne Verwendung von komplexeren Theorieteilern zu erklären. Dennoch übersieht Galison einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Mikroskop und der Blaskammer. Während bei dem Mikroskop immer dasselbe Objekt²⁶ mit verschiedenen Instrumenten und Methoden untersucht und manipuliert werden kann, kann der Wissenschaftler bei der Blaskammer niemals dieselben Teilchen für seine Untersuchungen benutzen. Da sich aber Teilchen der jeweiligen Sorte in keiner Eigenschaft unterscheiden, ist es durchaus zulässig, durch wiederholte Untersuchungen an vielen identischen Teilchen, statt an ein und demselben Teilchen Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit des Blaskammer-Experimentes zu ziehen.

Im Zusammenhang mit diesem Unterschied steht auch die Tatsache, daß bei Abschluß des Experimentes das Untersuchungsobjekt aus der Blaskammer verschwunden ist. Während bei dem Mikroskop jedem Bildpunkt ein Objektpunkt durch Kenntnis der Funktionsweise des Mikroskops zugeordnet werden kann, ist das Objekt bei Betrachten der Photographie aus der Blaskammer schon abhanden gekommen; allein die Spur auf der Photographie zeugt von dem früheren Vorhandensein eines Objektes, aber dieses selbst ist entwischt.

Dadurch stellt sich die Frage, ob in diesem Fall weiter - wie beim Mikroskop - von einer *Kette* von Wechselwirkungen zwischen Objekt und sichtbarem Bild gesprochen werden kann, auch wenn das Objekt zum Zeitpunkt der Photographie nicht mehr vorhanden ist. Das Zustandekommen der Photographie und die Korrelation zwischen dieser und dem Teilchen ist physikalisch beschreibbar. Daß die Photographien der Blaskammer nur die Spur der Teilchen, nicht aber die Teilchen selbst abbilden, ist in dieser Hinsicht kein wesentlicher Unterschied: Die Entstehung der Ionisationsspur ist physikalisch verstanden, so daß die Spur mit einem Teilchen korreliert werden kann, ebenso wie die Photographie mit der Spur in der Blaskammer in Verbindung gesetzt werden kann.

Der Unterschied durch die Phasenverschiebung von Bild und Objekt im Falle der Blaskammer schwimmt zu einem graduellen Unterschied.

Hier sei noch der Hinweis erlaubt, daß auch ein Kondensstreifen, den ein Düsenjet im Himmel hinterläßt, nur in der Stratosphäre erscheint, also in einer Höhe, in der man das Flugzeug nicht als solches erkennen kann. Da der Kondensstreifen deshalb nicht die gesamte Flugbahn bis zur Landebahn nachzeichnet, stellt sich

²⁶Dies ist natürlich auch nur im Idealfall möglich. Häufig wird das Objekt durch Manipulationen zerstört, so daß ebenfalls neue Objekte derselben Art für weitere Experimente verwendet werden müssen.

die Frage, woher ein einzelner Beobachter weiß, daß der gelandete Jet derselbe ist wie derjenige am Himmel. Die Analogie, die van Fraassen zwischen Ionisationsspuren eines Teilchens und dem Kondensstreifen eines Jets aufmacht, reicht weiter, als es für van Fraassens Argumentation wünschenswert ist.

Die Beobachtung von geladenen Teilchen mit Hilfe einer Blaskammer erweist sich *nicht* als wesentlich verschieden von der Beobachtung von mikroskopischen Objekten. Van Fraassen hat recht, daß sich Elementarteilchen von Objekten der klassischen Physik unterscheiden; aber nur bei Experimenten, die quantenmechanisch beschrieben werden müssen. Dies ist bei der Nebelkammer und der Blaskammer nicht notwendigerweise der Fall.²⁷ Um van Fraassens Unbehagen mit den Elektronen dennoch nachzukommen, beleuchte ich im folgenden Abschnitt ein zentrales Experiment der Quantenmechanik, das die Welle-Teilchen-Dualität der Teilchen aufzeigt. Im Anschluß daran kann ich der Frage nachgehen, ob es angesichts dieser Besonderheit dennoch mit guten Gründen zulässig ist, von der Beobachtbarkeit solcher Teilchen zu sprechen.

Der Doppelspaltversuch: Betrachten wir den Doppelspaltversuch als ein idealisiertes Beugungsexperiment: Dabei fallen Elektronen auf eine Blende mit Doppelspalt. Hinter diesem Doppelspalt befindet sich eine Photoplatte, die sich beim Auftreffen eines Elektrons schwärzt.²⁸

Die Photoplatte kann man als Meßvorrichtung auffassen, die jedes Elektron einzeln als Teilchen nachweist. Das Elektron schwärzt die Photoplatte punktförmig an der Stelle seines Auftreffens. Es tritt also streng lokalisiert in Erscheinung. Wiederholt man das Experiment mit weiteren Elektronen, entstehen weitere Schwärzungen, im allgemeinen an unterschiedlichen Orten. Nach sehr vielen solcher Wiederholungen entsteht ein Interferenzbild, das aus analogen Versuchen mit Licht- oder Wasserwellen bekannt ist. Dieser Versuch zeigt eindrucksvoll, daß jedem einzelnen Elektron ein Wellencharakter zukommt. Denn das Interferenzbild entsteht auch, wenn Elektronen mit großem zeitlichen Abstand einzeln auf der Photoplatte auftreffen.²⁹

Deshalb kann man jedem einzelnen Elektron eine Welle zuschreiben, mit deren Hilfe sich vor der Durchführung des Beugungsversuchs theoretisch die Wahrscheinlichkeit berechnen läßt, mit der ein Elektron an einem Ort auf der Photoplatte auftreffen wird. Ein eindeutiger Ort des Auftreffens läßt sich aber nicht angeben.

²⁷Zumindest ist dies nicht hinsichtlich des Teilchencharakters der Elementarteilchen der Fall.

²⁸vgl. beispielsweise [Sch92, S.13 ff.].

²⁹vgl. [Sch92, S.15].

Wie kann man diese Wahrscheinlichkeiten verstehen? In der Physik ist es üblich, in diesem Fall zu einem statistischen Ensemble überzugehen. Ein statistisches Ensemble ist eine Reihe von identischen Messungen. Im Doppelspaltversuch entspräche dies einer großen Anzahl von Elektronen, die durch den Spalt fallen. Die Wahrscheinlichkeit für jedes Elektron, an einem Ort aufzutreffen, entspricht dann der Trefferhäufigkeit aller Elektronen dieses Ensembles an diesem Ort. Damit die Trefferverteilung des Ensembles wirklich mit der Wahrscheinlichkeit von jedem Elektron gleich gesetzt werden kann, benötigt man eine unendliche Anzahl von identischen Messungen. Der Meßwert für ein solches Ensemble ist damit eindeutig vorhersagbar, denn man kann genau angeben, welcher Prozentsatz der Elektronen an welchem Ort auftritt.³⁰

Philosophische Interpretation: Das philosophische Problem³¹ an dieser Stelle besteht darin, wie diese Wahrscheinlichkeiten zu interpretieren sind: Einerseits kann man das Elektron immer nur in der Einheit mit einem Meßgerät betrachten: Erst wenn das Elektron auf der Photoplatte auftritt, schreibe ich dem Elektron einen eindeutigen Ort zu. Vor dem Auftreffen mache ich keine Aussagen über den Ort des Elektrons. Andererseits kann man jedes Elektron zu einem statistischen Ensemble in Bezug setzen und die Wahrscheinlichkeitsaussagen als Aussagen über die relative Häufigkeit bezüglich des Ensembles auffassen. Bei dieser Alternative stellt sich dann die Frage, inwieweit dieses Ensemble real ist.

Van Fraassen entwickelt einen Interpretationsansatz, der die Idee des statistischen Ensembles aufgreift.³² Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Elektron an einem Ort auftritt, entspricht der relativen Häufigkeit, mit der das Elektron bezüglich einer unendlichen Folge von idealen, d.h. unter denselben Rahmenbedingungen stattfindenden Messungen an diesem Ort auftreten würde. Die tatsächliche Messung wird verglichen mit einem begrifflichen Modell, das aus einer Familie von unendlich oft wiederholten, idealen Messungen besteht. Die Wahrscheinlichkeitsaussagen, die man über ein Elektron und dessen Meßwert macht, werden Aussagen über Häufig-

³⁰vgl. [Bel75, S.1-54; S.99].

³¹Der sogenannte Welle-Teilchen-Dualismus ist ebenfalls eine beliebte Spielwiese für Philosophen. Doch betreffen Überlegungen zu diesem Dualismus vor allem ontologische Fragen: Wie kann etwas existieren, was sowohl eine Welle als auch ein Teilchen ist? Diese Frage lasse ich in dieser Arbeit weitgehend unberührt. Der Doppelspaltversuch ist zwar nicht einschlägig für die Debatte, an die ich an dieser Stelle anknüpfe. Ich habe ihn aber aufgrund der Einfachheit des Versuchs gewählt. Ich denke, die wichtigen Punkte auch an diesem Versuch aufzeigen zu können.

³²vgl. [vF80, S.190 ff.] und [vF72, S.335 ff.].

keiten in dem modalen Modell³³ für van Fraassen zugeordnet. Die Quantentheorie beschreibt damit in seinen Augen nicht die zeitliche Entwicklung der tatsächlichen Welt, sondern die Entwicklung eines Systems von möglichen Welten, wobei eine Menge von möglichen Welten eine Folge von Messungen unter identischen Rahmenbedingungen repräsentiert.³⁴ Diese modalen Modelle als Systeme von möglichen Welten können in den Anwendungsbereich der Quantentheorie fallen. Van Fraassen kennzeichnet seinen konstruktiven Empirismus dadurch, daß eine Theorie empirisch adäquat ist, wenn ihre Aussagen wahr sind, die das gegenwärtig Reale und Beobachtbare betreffen. Van Fraassen schreibt den möglichen Welten keine Realität zu. Deshalb wird den Aussagen der Theorie über die modalen Modelle kein Wahrheitswert zugeschrieben. Nur das, was die Quantentheorie über die tatsächlich ausgeführte Messung sagt, muß wahr sein.³⁵ In diesem Sinne entsprechen den Wahrscheinlichkeiten zwar *beobachtbare* Häufigkeiten relativ zu unendlich oft wiederholten, idealen Messungen, aber dennoch entspricht keiner dieser Häufigkeiten eine Anzahl von *realen* Elektronen, die an einem bestimmten Ort auftreffen.

Existenz und Beobachtbarkeit: Diese Interpretation bringt nun van Fraassens These der logischen Unverbundenheit von Existenz und Beobachtbarkeit zu Tage: Er ist „gezwungen“, den modalen Modellen Beobachtbarkeit zuzuschreiben, da sie mögliche Anwendungsbereiche der entsprechenden Theorie darstellen; andererseits „dürfen“ sie nicht real sein, da dies sonst die Position eines modalen Realismus implizieren würde, der möglichen Welten eine Realität zuspricht. Diese Position ist aber für einen Empiristen wie van Fraassen inakzeptabel.³⁶ Dennoch ist die These,³⁷ daß es keine logische Beziehung zwischen Beobachtbarkeit und Existenz gibt, nicht unproblematisch. Ich bin in meiner bisherigen Arbeit stattdessen darauf gestoßen, daß die Überzeugung, daß etwas existiert, notwen-

³³Vereinfacht gesprochen repräsentiert jedes Element eines modalen Modells eine alternative mögliche Folge von „outcome“-Ereignissen unter identischen Rahmenbedingungen. Höchstens ein Element kann der Folge von tatsächlichen experimentellen Meßergebnissen entsprechen. Vgl. [vF80, S.196]. In [vF72] beschreibt er die Elemente des modalen Modells als mögliche Welten.

³⁴ [vF72, S.336;S.339].

³⁵vgl. [vF80, S.201-2].

³⁶Es sei angemerkt, daß die meisten Empiristen nicht nur fordern, daß eine Theorie über alles gegenwärtig Reale *und* Beobachtbare wahre Aussagen macht, sondern über alles Beobachtbare schlechthin, also auch über das erst zukünftig Beobachtbare. Diese Beschränkung von van Fraassen wurde denn auch häufig kritisiert. Der Grund für diese Beschränkung liegt wohl vor allem darin begründet, daß er den modalen Realismus in der Nähe eines Entitäten-Realismus ansiedelt. [vF80, S.197] Dessen Position aber, theoretischen Entitäten Realität zuzuschreiben, ist kaum mit einem Empirismus zu vereinbaren.

³⁷ [vF80, S.197].

dige Voraussetzung dafür ist, daß es auch beobachtbar ist. In der modalen Form „beobachtbar“ ist ebenfalls notwendig, daß unter den Umständen, unter denen jemand X wahrnehmen kann, X auch existiert. Dieser Aspekt hat sich als wichtiges Kriterium dafür erwiesen, ob ein Objekt „beobachtbar“ genannt wird. Natürlich fallen die Realität und der Bereich des Beobachtbaren nicht zusammen, da auf der einen Seite die Beobachtbarkeit immer ein anthropozentrischer Begriff ist und auf der anderen Seite zukünftig Beobachtbares momentan noch nicht existieren muß; aber es klingt doch merkwürdig, daß es möglich sein soll, etwas zu beobachten, was nicht existiert. Als wenig überzeugendes Beispiel führt van Fraassen den „ride of a headless horseman“³⁸ an. Wenn an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt die Möglichkeit besteht, X zu beobachten, dann existiert X auch unter diesen Umständen.

Van Fraassens These entspricht auch nicht dem Gebrauch des Beobachtbaren in der Wissenschaft: Zwar ist es richtig, daß in Theorien mögliche Anwendungsbereiche benannt werden, an denen es möglich ist, die Theorien zu überprüfen. Aber die Theorie wird nur an solchen möglichen Beobachtungen überprüft, bei denen die Existenz der Beobachtungsgegenstände zum Zeitpunkt der Beobachtung gewährleistet ist. Das Beobachtbare muß schließlich tatsächlich beobachtet werden können, damit es die gewünschte Funktion der Theorienüberprüfung übernimmt.

Ich kann die Frage nach der logischen Beziehung zwischen Realität und Beobachtbarkeit an dieser Stelle nicht diskutieren, da sie den Rahmen der Arbeit sprengen und mich vom eigentlichen Gegenstand meiner Untersuchung entfernen würde. Doch denke ich, daß die kurzen Überlegungen an dieser Stelle zumindest ausreichen, die These der logischen Unverbundenheit von Existenz und Beobachtbarkeit von van Fraassen nicht ohne Widerspruch zu akzeptieren. Ich gehe sogar soweit zu sagen, daß Existenz und Beobachtbarkeit logisch miteinander verbunden sind, da die Existenz von etwas unter gewissen Umständen notwendig ist für seine Beobachtbarkeit unter diesen Umständen.

In Hinsicht auf Folgen dieser Überlegungen auf eine „Beobachtbarkeit von Elektronen“ bin ich aber vorsichtig, weil ich bisher nicht auf eine konsistente und überzeugende Interpretation dieser Zusammenhänge gestoßen bin und eine genauere Untersuchung dieses Problemkreises über den Umfang dieser Arbeit hinausgeht.

³⁸ [vF80, S.197]. In Hinsicht auf den „Ritt des kopflosen Pferdemanntes“ würde ich nicht von dessen Beobachtbarkeit sprechen, da er nicht in den Anwendungsbereich irgendeiner Theorie fällt. Wenn der kopflose Pferdemannt nicht Gegenstand irgendeiner Theorie ist, die seine Existenz impliziert, ich also nicht von seiner Existenz ausgehen kann, ist es unsinnig, davon zu sprechen, ihn aber dennoch beobachten zu können.

Ensembles von Teilchen: Wahrscheinlichkeitsaussagen zu *einem* Elektron können mit Aussagen über die Trefferhäufigkeit von einer größeren Anzahl von Elektronen gleichgesetzt werden, da Elektronen identische Eigenschaften besitzen. Ausgehend von diesem „Individualisierungsverbot“ der Teilchen entwickelt Cassirer folgenden Gedankengang in seinen Überlegungen zur modernen Physik [Cas72], der hier kurz skizziert sei: Das „Individualisierungsverbot“ für Teilchen entspricht seiner Meinung nach in gewisser Weise dem Identitätsprinzip von Leibniz. Danach sind zwei Objekte nur dann verschieden, wenn sie sich in mindestens einer Eigenschaft unterscheiden. Für Cassirer läßt sich eine solche Eigenschaft für zwei einzelne Teilchen nicht angeben: „Die Bestimmungs-Möglichkeit [reicht] nicht weiter als bis zu diesen Kollektiven [...]. [...] Wir [sind] darüber gewiß, daß eine derartige Individualisierung im Gebiet der Atomphysik keinen bestimmten Sinn mehr hat.“³⁹ Die Beobachtung von einzelnen Teilchen ist so nicht deshalb unmöglich, weil sie unserer Erkenntnis nicht vollständig zugänglich sind, sondern, weil ein neuer Objektbegriff festgesetzt wird, der es nicht erlaubt, sinnvoll von einzelnen Teilchen zu sprechen. Der Begriff des Teilchens, beispielsweise des „Elektrons“, ist nur implizit definierbar, durch seine Rolle in einer theoretischen Struktur. Es liegt in den spezifischen Bedingungen der Beobachtung von quantenmechanischen Phänomenen, daß bestimmte Dinge nicht gleichzeitig beliebig genau beobachtet werden können.⁴⁰

Dieser Gedankengang hätte zur Folge, daß allein die Ensemble, nicht aber die einzelnen Teilchen Gegenstand der Quantentheorie sein müssen. Da die Ensembles aber Folgen von identischen, idealen Messungen sind, bleibt weiterhin die Frage offen, wie sie zu interpretieren sind: im Sinne von van Fraassen als mögliche Welten oder als relative Häufigkeiten aller tatsächlich durchgeführten Experimente derselben Art oder ganz anders?

So interessant der Ansatz von Cassirer hinsichtlich der begrifflichen Bedingungen für die Beobachtbarkeit eines Objekts ist, fehlt doch die Antwort darauf, wie diese Kollektive, sprich Ensembles zu interpretieren sind. Er nennt sie zwar beobachtbar, aber sagt nicht, ob ihnen auch Realität zuzuschreiben ist.

In jedem Fall ist hier also eine Grenze der Beobachtung zu finden, auch wenn sie von der Interpretation der quantenmechanischen Messung abhängt. Es kann daraus aber nicht generell gefolgert werden, daß Elektronen nicht beobachtbar sind. Bei bestimmten Versuchsaufbauten wie beispielsweise der Blaskammer ist es durchaus sinnvoll, von der Beobachtung von Teilchen zu sprechen. Bei anderen

³⁹ [Cas72, S.342].

⁴⁰vgl. [Cas72, S.18-20].

Versuchen, die nur statistisch gedeutet werden können, hängt es davon ab, ob man Ensembles von Elektronen Realität zuschreiben kann. Von der Beobachtung eines einzelnen Elektrons sollte hingegen nicht die Rede sein, da es nicht wie ein makroskopisches Objekt begrifflich zu individuieren ist.

Der letzte Aspekt der Beobachtung von Teilchen betrifft die Sprechweise der Wissenschaftler. Dazu beleuchtet der folgende Abschnitt kurz, inwieweit in wissenschaftlichen Publikationen von der Beobachtung von Teilchen gesprochen wird.

Theorie-Ebenen: Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß in Publikationen über Entdeckungen von neuen Teilchen⁴¹ der Begriff der „Beobachtung“ häufig anzutreffen ist. Aber es fällt auf, daß an keiner Stelle davon gesprochen wird, daß das fragliche neue Teilchen beobachtet wird. So heißt es in einem Artikel über die Suche nach Pentaquarks:⁴² „The most clear signature of charm production [...] is the *observation* [m.H.] of D^* mesons.⁴³“ In Hinblick auf die gesuchten Pentaquarks wird aber nur davon gesprochen, daß bestimmte Strukturen in den Daten beobachtet werden können, die Hinweise auf deren Vorkommen geben. Die Beobachtung beschränkt sich hier also auf die „Beobachtung“ der Meßergebnisse bzw. einer makroskopischen Meßapparatur. Dies deckt sich mit der Redeweise in anderen Artikeln in diesem Zusammenhang. Nur in einem Artikel⁴⁴ wird von „the first observation of exotic hadrons“ gesprochen, dies aber nur, da die Interpretation, ob es sich dabei um Pentaquarks handelt, offen gelassen wird.

Es sollte also folgender möglicher Aspekt der Beobachtbarkeit im Auge behalten werden:

Offensichtlich wird von der Beobachtbarkeit von Objekten gesprochen, wenn deren Existenz und der Nachweis ihrer Existenz durch Instrumente theoretisch so gesichert sind, daß sie in dem Kontext der Beobachtung nicht in Frage gestellt werden. Ob es Pentaquarks gibt und ob sie mit Hilfe der verwendeten Apparaturen nachgewiesen werden können, ist zum Zeitpunkt der Publikationen nicht sicher. Die Nachweismethoden für Mesonen sind aber so etabliert, daß an dieser Stelle nicht davon gesprochen wird, Signale zu beobachten, die auf Mesonen schließen lassen,

⁴¹Ich beziehe mich hier beispielhaft auf Publikationen, die vor kurzem auf der Suche nach Pentaquarks entstanden sind: ... Pentaquarks sind aus fünf Quarks zusammengesetzte Hadronen. Hadronen ist die Teilchenfamilie der stark wechselwirkenden Elementarteilchen, zu der beispielsweise Neutron und Proton gehören.

⁴²Gayler, J et al.: Pentaquark Search With the H1 Experiment.

⁴³Mesonen sind Hadronen mit ganzzahligem Spin. Sie bestehen aus Quark-Antiquark-Paaren.

⁴⁴Chih-Hsun Lin et al.: Pentaquark Searches at LEP.

sondern direkt von deren Beobachtung.

Ein Einwand sei an dieser Stelle gleich genannt, der noch im folgenden dritten Kapitel näher untersucht wird:

Van Fraassen könnte dieser Verweis auf Fachartikel nicht aus der Ruhe bringen, und er würde wahrscheinlich wie folgt darauf reagieren: Sicherlich reden Physiker so, sie müssen sogar so reden, weil sie derart in das Weltbild der Physik eingetaucht sind, daß sie so tun, als ob es als Ganzes wahr wäre. Von einem wissenschaftlichen Weltbild absorbiert zu sein und ein bestimmtes Begriffsschema angenommen zu haben, hat aber noch lange keine ontologischen Implikationen, d.h. die Physiker gehen mit ihrer Redeweise nicht die Verpflichtung ein, an die Existenz von Mesonen zu glauben. Sie haben immer noch die Freiheit, eine epistemische Einstellung zur Theorie zu wählen, also entweder, von der Wahrheit der Theorie überzeugt zu sein, oder bloß anzunehmen, daß die Theorie empirisch adäquat ist, also nur in Hinblick auf Beobachtbares wahr ist.⁴⁵

Was beobachtbar ist, verändert sich demnach laut van Fraassen nicht durch unsere Sprache, weil die Grenzziehung zwischen Beobachtbaren und Unbeobachtbaren innerhalb der empirischen Wissenschaften geschieht.

Mir erscheint der obige Aspekt der Verwendungsweise von „Beobachtung“ in Hinblick auf den besonderen Stellenwert der Beobachtung in der Wissenschaft interessant, und er verdient eine genauere Untersuchung. In diesem Zusammenhang wird auch van Fraassens Position genauer dargestellt werden.

Fazit: In Hinblick auf die „Beobachtung“ von Teilchen bzw. von quantenmechanischen Systemen wird deutlich, daß diese Redeweise nur in bestimmten Zusammenhängen sinnvoll ist: Sobald die Messung nur statistisch gedeutet werden kann, kann einem einzelnen Teilchen kein eindeutiger Zustand unabhängig von der Messung zugeschrieben werden. Für die Beobachtung eines Objektes muß aber vorausgesetzt werden, daß dieses Objekt unabhängig von der Beobachtung im selben Zustand existiert. Spricht man stattdessen von der Beobachtung von statistischen Ensembles anstelle von einzelnen Teilchen, stellt sich die Frage, inwieweit diese überhaupt existieren. Hier konkurrieren unterschiedliche Interpretationen der quantenmechanischen Ensembles miteinander.

Die Sprechweise der Wissenschaftler im Zusammenhang mit der Entdeckung neuer Teilchens wird im Kapitel zur Theoriebeladenheit der Beobachtung weiter unter-

⁴⁵Dieser Gedankengang findet sich sowohl in [vF80, S.80 ff.;S.202] als auch in [vF93, S.20].

sucht werden.

2.2 Im Grossen

Nachdem in den letzten beiden Abschnitten Phänomene behandelt wurden, bei denen van Fraassen die Bezeichnung „beobachtbar“ ablehnt, wende ich mich an dieser Stelle einem Beispiel zu, das van Fraassen als einen klaren Fall von Beobachtung ansieht: die Betrachtung der Jupitermonde durch ein Teleskop.

A look through a telescope at the moons of Jupiter seems to me a clear case of observation, since astronauts will no doubt be able to see them as well from close up.

[vF80, S.16]

Die Jupitermonde sind beobachtbar, weil es Umstände gibt, unter denen sie (für ein Mitglied unserer epistemischen Gemeinschaft) ohne Hilfsmittel zu sehen sind. Es ist zumindest vorstellbar, daß Astronauten in die Nähe des Jupiters fliegen und die Monde direkt sehen können. Das ist richtig. Doch folgende Überlegung sei erlaubt:

Galilei verwendete als erster das kurz zuvor in Holland erfundene Fernrohr, um den Himmel zu betrachten, und entdeckte dabei 1610 die Jupitermonde.⁴⁶ Da es sich um Objekte in unserem Sonnensystem handelt, die sich nicht um die Erde drehen, nährte ihre Existenz Zweifel an einem geozentrischen Weltbild. Seine Entdeckung stieß auf großen Widerstand, vor allem von Seiten der Kirche, die das Fernrohr als bloße Quelle von Sinnestäuschungen diskreditieren wollte. Dennoch zeigt sich indirekt, daß dem Fernrohr als astronomisches Instrument sehr wohl vertraut wurde, da italienische Professoren, die die Existenz der Monde leugneten, sich weigerten, durch Galileis Teleskop zu schauen. Daß hätten sie wohl kaum getan, wenn sie überzeugt gewesen wären, bloßen Sinnestäuschungen ausgesetzt zu werden.⁴⁷

Im Folgenden setzte sich das Teleskop auch schnell als astronomisches Instrument durch. Man glaubte an das, was man sah, und sprach selbstverständlich von Beobachtungen. Dennoch hätten die meisten Zeitgenossen Galileis die Frage, ob sie denn hinfliegen und sich den Mond und die Jupitermonde direkt anschauen könnten, verneint.

⁴⁶Genauer entdeckte er die vier größten, der insgesamt 63 Monde des Jupiters.

⁴⁷Diese Darstellung ist orientiert an [Wea83].

Es ist also berechtigt zu fragen, ob die Möglichkeit, die Jupitermonde direkt wahrnehmen zu können, der Grund dafür sein kann, ihnen die Eigenschaft der Beobachtbarkeit zuzusprechen.

Die Astronomie ist als Wissenschaft sehr alt und beinahe in allen Hochkulturen aufgetreten.⁴⁸ Ein Grund dafür mag sein, daß der Nachthimmel sehr gute und nahezu nächtlich reproduzierbare Beobachtungsbedingungen bietet: Vor einem schwarzen Hintergrund heben sich deutlich die hellen Punkte ab. Ist der Himmel wolkenlos, gibt es fast keine Zweifel, daß der helle Punkt, den man am Himmel sieht, auch wirklich ein Objekt am Himmel ist. Das Auftauchen von bestimmten Objekten an einem Ort folgt erkennbaren Regeln. Durch die Regelmäßigkeit der Himmelsphänomene erhoffte man sich, weltliche Ereignisse auf der Erde vorhersagen zu können, da diese nach weit verbreiteter Vorstellung mit den Himmelsphänomenen korreliert waren. Dieser Wunsch führte zu sorgfältigen Aufzeichnungen der Planetenbahnen, die auf über Jahrhunderte laufenden Beobachtungsreihen beruhten.

Von der Beobachtbarkeit der Jupitermonde zu sprechen, ist sicherlich auch davon motiviert, daß man von der Existenz der Monde unabhängig von der eigenen Beobachtung überzeugt ist. Diese Überzeugung hängt davon ab, wie viele Fehlerquellen die Beobachtung beeinflussen können. Bei anfänglichen astronomischen Beobachtungen mit dem Teleskop gab es zwar Probleme mit der sphärischen Aberration, weswegen Linsen mit enormen Brennweiten verwendet wurden, und die chromatische Aberration wurde als unumgängliche Einschränkung betrachtet; dennoch gab es im Gegensatz zur Skepsis gegenüber dem Mikroskop keine grundsätzlichen Zweifel an dem durch das Hilfsmittel vermittelten Sinneseindruck.

Man beobachtet die Jupitermonde nicht deshalb, weil sie direkt wahrnehmbar wären, wenn ein Astronaut in ihre Nähe flöge, sondern, weil die Überzeugung, daß es im Weltraum Objekte gibt, tief in den Menschen verwurzelt ist und diese Objekte schon immer die Aufmerksamkeit auf sich zogen. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Beobachtung mit Hilfe eines Teleskopes nicht wesentlich von der Beobachtung mit einem Mikroskop: Bei beiden Hilfsmitteln führt die Überzeugung von der Existenz der Untersuchungsobjekte dazu, von Beobachtung zu sprechen. Die schnellere Akzeptanz des Teleskops als Forschungsinstrument liegt vermutlich nur darin begründet, daß der Sternenhimmel schon zuvor die Aufmerksamkeit von Forschern auf sich gezogen hatte und die Existenz der Objekte am Himmel nie

⁴⁸Hacking bezeichnet in [Hac96, S.280] die Beobachtung von Himmelskörpern als ein ursprüngliches Beispiel für Beobachtung, die von Anfang an mit Hilfsmitteln in Verbindung gebracht wurde.

angezweifelt wurde.

An dieser Stelle soll ein weiteres Beispiel aus [Hac96] zeigen, daß der Beobachtungscharakter nicht davon abhängt, ob man etwas möglicherweise auch ohne Hilfsmittel wahrnehmen kann, sondern von der Überzeugung, daß die Gegenstände, die wir mit Hilfe technischer Instrumente sehen, unabhängig von diesen existieren und daß die Instrumente uns ein zuverlässiges Bild liefern.

In niedrigfliegenden Düsenjägern gibt es ein Hilfsmittel, das es dem Piloten ermöglicht, einerseits geringe Höhenunterschiede wahrzunehmen, andererseits in der Horizontalen sehr viel Fläche überblicken zu können. Um dies zu ermöglichen, wird „die visuelle Information digitalisiert, verarbeitet und auf einen Sichtschirm auf die Windschutzscheibe geworfen. Die horizontalen Entfernungen werden gestaucht, und die Höhe wird gestreckt.“⁴⁹

Hacking stellt fest, daß der Pilot das Gelände um ihn herum *sieht*. Er sieht das Gelände aber nicht deshalb, weil er aus dem Flugzeug aussteigen und sich das Gebiet mit bloßem Auge anschauen könnte. Denn „[e]s gibt keine Möglichkeit, so viel Gelände [auf einmal] ohne Benutzung eines Instruments zu sehen.“⁵⁰ Der Grund dafür, daß der Pilot mit dem Hilfsmittel das Gelände sieht, liegt woanders. Das Verhältnis zwischen dem Bild auf dem Sichtschirm und der visuellen Information des Geländes ist einfach und bekannt: Horizontale Entfernungen werden gestaucht, vertikale gestreckt. Der Pilot manövriert mit Hilfe des Bildes auf dem Sichtschirm erfolgreich durch das Gelände. Veränderungen in der Natur spiegeln sich augenblicklich auf dem Bild wider. Schließlich steuert er sein Flugzeug zuverlässig aufgrund der visuellen Information durch das Gelände. Veränderungen in der Umgebung spiegeln sich sofort auch auf dem Sichtschirm des Piloten wider. Ebenso wie beim Mikroskop ist das Verhältnis von Bild und Objekt gut bekannt und garantiert eine strukturähnliche Abbildung des Geländes. Aufgrund der erfolgreichen Orientierung im Gelände während des Flugs gibt es für den Piloten auch keinen Anlaß daran zu zweifeln, daß dem Bild, das der Sichtschirm ihm zeigt, ein Gelände in der Realität entspricht.

Mit diesen Charakteristika kommt Hacking einem adäquaten Beobachtungsbegriff viel näher als van Fraassen. Schließlich bringt uns in vielen Fällen, insbesondere in der Wissenschaft, nicht die Möglichkeit, etwas mit bloßem Auge sehen zu können, dazu, von einer Beobachtung zu sprechen.

⁴⁹ [Hac96, S.344].

⁵⁰ibid.

Fazit: Nicht jede Beobachtung ist eine direkte Wahrnehmung, wie bereits am Beispiels des Sehens mit dem Mikroskop deutlich geworden ist. Zwar hat Beobachtung immer etwas mit Wahrnehmung zu tun, aber die Wahrnehmung ist nicht der einzige Grund, warum eine Tätigkeit als Beobachtung bezeichnet wird. Die Überzeugung von der Existenz des Beobachteten und das Vertrauen in die Hilfsmittel spielen eine ebenso große Rolle.

Aufgrund der in diesem Kapitel behandelten Beispiele formuliere ich eine neue Arbeitshypothese (B_2), die den Beobachtbarkeitsbegriff mit den im Obigen festgestellten neuen Aspekten besser einfangen soll. (B_2) gibt dabei nur die folgende notwendige Bedingung für Beobachtbarkeit an. Ob es sich auch um eine hinreichende Bedingung für Beobachtbarkeit handelt, sei bis auf Weiteres noch dahingestellt:

(B_2) Wenn X beobachtbar ist, dann gibt es Umstände, unter denen ein Y von einem Mitglied unserer epistemischen Gemeinschaft wahrgenommen werden kann, das mit X durch eine Kette von physikalischen Wechselwirkungen verbunden ist, deren Beschreibung auf anderen Theorien oder Theorieteilern beruht als die Beschreibung von X .

Dabei sei X wiederum ein reales Objekt oder Ereignis, während es sich bei Y um einen Gegenstand im weitesten Sinne handele, beispielsweise häufig um ein Bild von X . Im obigen Beispiel von Hacking entspräche Y dem Sichtschirm, während X den abgebildeten Ausschnitt des Geländes bezeichne.

Kapitel 3

Theoriebeladenheit der Beobachtung

Van Fraassen kritisiert das Reden vom *Sehen* mit einem Mikroskop, da die Theorie, auf der das Mikroskop beruht, akzeptiert werden muß, um davon überzeugt zu sein, daß da wirklich etwas ist unter dem Mikroskop, das man mit dessen Hilfe sehen kann. Diese Kritik ist ein Hinweis darauf, daß van Fraassen „Beobachtung“ als einen theoriefreien und -unabhängigen Begriff verstanden wissen will, wie er es an anderer Stelle auch explizit betont. In diesem Kapitel untersuche ich, inwieweit eine Beobachtung theoriefrei ist bzw. inwieweit sie theoriefrei sein muß, um ihre besondere epistemische Rolle zu erfüllen. Das Gegenteil von theoriefreier Beobachtung hat unter dem Schlagwort der Theoriebeladenheit der Beobachtung in die philosophische Literatur Eingang gefunden. Diesem Begriff wende ich deshalb meine besondere Aufmerksamkeit zu. Dabei stelle ich fest, daß seinem teilweise inflationären Gebrauch vor allem ein unspezifischer Begriff von Theorie zugrunde liegt. Ich versuche, das Phänomen der Theoriebeladenheit von Beobachtung mit einem schärferen Theoriebegriff zu beschreiben und verschiedene Typen der Theoriebeladenheit zu unterscheiden. Mit Hilfe dieser Differenzierungen kann meines Erachtens leichter der Frage nachgegangen werden, inwieweit Theoriebeladenheit den epistemischen Sonderstatus der Beobachtung gefährdet.

3.1 Arten der Theoriebeladenheit

In der Diskussion um die mögliche Theoriebeladenheit der Beobachtung fällt auf, daß „Theorie“ sehr unterschiedlich verstanden wird. Viele strittige Punkte würden sich wahrscheinlich in Luft auflösen, wenn die Opponenten sich zunächst darüber einigen würden, was sie unter einer Theorie verstehen wollen. So ist es typisch, daß Verfechter der Theoriebeladenheit der Beobachtung unter den Begriff der Theorie das gesamte Alltagswissen sowie besondere Charakteristika der menschlichen Wahrnehmung verstehen. Ihre Gegner beschränken den Gebrauch von „Theorie“ auf wissenschaftliche Theorien und führen Beispiele für eine nicht theoriebeladene Beobachtung an.

Den Begriff der Theoriebeladenheit hat N.R. Hanson durch sein Buch *Patterns of Discovery* in die wissenschaftstheoretische Diskussion eingebracht. Darin argumentiert er, daß unsere Beobachtung theoriebeladen ist. Diese These wird dort allerdings eher programmatisch eingeführt als detailliert begründet.¹ Seine Argumente leiden darunter, daß er Phänomene der Sinneswahrnehmung direkt auf wissenschaftliche Beobachtungssituationen überträgt.²

Eines seiner ersten Beispiele, ein Würfel, das aus Wittgensteins „Philosophischen Untersuchungen“ entnommen ist, diskutiere ich genauer. An ihm zeigen sich bereits die Probleme, die sich ergeben, wenn man einen sehr schwachen Theoriebegriff verwendet. Im Laufe der Darstellung von Hansons Argumenten gelange ich zu einer Unterscheidung von verschiedenen Typen der Theoriebeladenheit. Der Einfachheit wegen behalte ich den Begriff der Theoriebeladenheit im Folgenden bei - auch wenn sich herausstellt, daß eine Beobachtung lediglich mit vortheoretischen Überzeugungen beladen ist.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, führe ich für dieses Kapitel die folgende Terminologie ein: X bezeichnet immer den Untersuchungsgegenstand. Ich spreche von dem „Inhalt der Beobachtung“, wenn ich mich auf das beziehe, was Gegenstand des subjektiven Beobachtungserlebnisses eines Beobachters ist. Der Untersuchungsgegenstand und der Inhalt der Beobachtung können divergieren.³ Sei beispielsweise

¹Diese kritische Einschätzung findet sich u.a. bei [Sup77, S.166]. Es sei allerdings bemerkt, daß Hanson nach „Patterns of Discovery“ nicht mehr sehr viel Zeit beschieden war, um seine These genauer auszuarbeiten.

²Das mag in einer großen Begeisterung für die Gestaltpsychologie in den 50er Jahren begründet liegen, die auch andere Philosophen in dieser Zeit stark beeinflusste. Deren experimentellen Ergebnisse über die Wahrnehmung wurden häufig unmittelbar auf wissenschaftliche Beobachtungen übertragen.

³Dadurch ist es möglich, sich darin zu irren, was man meint zu beobachten. Beobachten impliziert im Allgemeinen nicht, daß man den Beobachtungsgegenstand erkennt. Vgl. auch [Ach68,

X ein weißer Ball. Der Inhalt der Beobachtung kann dennoch ein roter Ball sein, wenn der Beobachter etwa eine Brille mit roten Gläsern trägt oder der Ball mit rotem Licht angestrahlt wird, so daß ihm der weiße Ball rot erscheint. Der Begriff „Beobachtungsbeschreibung“ bezeichnet die sprachliche Beschreibung des Beobachtungsobjektes, im Ball-Beispiel etwa Sätze der Art „Da ist ein roter Ball.“ oder auch „Da ist ein weißer Ball.“, wenn dem Beobachter die Wirkung der roten Brillengläser bewußt ist.⁴

Wittgensteins Würfel: Am Beispiel eines Würfels findet sich bei Wittgenstein bereits das Phänomen, daß ein Gegenstand, hier eine Abbildung, unterschiedlich wahrgenommen werden kann. Wittgenstein beschreibt dies so:

Man könnte sich denken, daß an mehreren Stellen eines Buches, z.B. eines Lehrbuchs, die Illustration stünde. [...]. Der Text deutet jedesmal die Illustration. Aber wir können auch die Illustration einmal als das eine, einmal als das andere Ding *sehen*. - Wir deuten sie also, und *sehen* sie, wie wir sie *deuten*.

[Wit84, S.519]

Die Abbildung zeigt die Projektion eines dreidimensionalen Würfels auf ein zweidimensionales Blatt Papier. Wir sind gewohnt, eine solche Abbildung dreidimensional zu sehen. Die Abbildung ist aber in einer gewissen Weise nicht eindeutig: Wir können darin einen Würfel in verschiedenen Perspektiven sehen, je nachdem, welche Fläche des Würfels wir als Vorderseite sehen. Wittgenstein betont, daß keine der verschiedenen Sichtweisen die unmittelbare im Vergleich zu den anderen ist. Wenn man auf einmal den Würfel in einer anderen Perspektive sieht, beschreibt man diesen Perspektivwechsel laut Wittgenstein nicht so, als ob man das Bild plötzlich anders gedeutet habe, sondern so, als ob sich das Wahrgenommene verändert habe. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Abbildung während des Perspektivwechsels dieselbe geblieben ist, würde man sagen, daß man dasselbe auf eine andere Weise *sieht*. Wenn es sich nur um eine andere Deutung des Bildes

S.161].

⁴Ich sehe, daß diese Terminologie gewisse Schwierigkeiten in sich birgt: Zum einen stellt sich die Frage, welcher Natur diese Beobachtungsinhalte sind, zum anderen, in welchem Verhältnis Beobachtungsinhalt und Beobachtungsobjekt zueinander stehen. Ich möchte dennoch diese Terminologie ohne zu weitgehende philosophische Implikationen verwenden, weil es in der Diskussion um die Theoriebeladenheit sinnvoll ist, das, was der Inhalt einer Beobachtung eines bestimmten Beobachters ist, von dem Objekt zu unterscheiden. Das Objekt selbst ist unabhängig von dem Beobachter und dessen Wissen und Erfahrungen, die Art, wie es wahrgenommen wird, aber nicht. Allein um Mißverständnisse zu vermeiden, ist deshalb diese Unterscheidung angebracht.

handeln würde, müßte man sich auf *eine* Sichtweise des Bildes einigen können, die gedeutet wird. Wittgenstein verneint das aus mehreren Gründen. Zum einen erscheint uns keine der Sichtweisen der Abbildungen im Vergleich zu einer anderen ausgezeichnet, zum anderen beinhaltet ein Deuten, daß wir Hypothesen aufstellen, die sich als falsch herausstellen können.⁵ Wir *sehen* aber einen bestimmten Würfel, und sehen nicht nur ein Bild so, als ob dort ein Würfel in dieser Perspektive abgebildet sei. Wir zweifeln nicht an unserer Sichtweise.

Der Theoriebegriff: Soweit Wittgenstein in seiner Beschreibung des Sehens eines Würfels, und ihm folgend Hanson. An dieser Darstellung verwundert zunächst, daß es durchaus möglich scheint, sich auf eine Sichtweise der Abbildung zu einigen: nämlich die Abbildung als eine Menge von geraden Strichen zu sehen, die auf eine bestimmte Weise auf dem Papier angeordnet ist. Die Zeichnung räumlich zu sehen, beinhaltet mehr.

Hanson konstatiert, daß jede Beobachtung vom Vorwissen über den Beobachtungsgegenstand beeinflußt ist. Und dieses Wissen wird schnell zu einer Theorie, von der die Beobachtung abhängt. Doch im Beispiel der Würfelprojektion bereitet es Mühe, von einer *Theorie* zu sprechen. Denn die Gründe, eine derartige Zeichnung räumlich zu sehen, müssen nicht in Sätzen formuliert werden. Man hat gelernt, eine Zeichnung so zu sehen, ohne daß man das, was man gelernt hat, sprachlich genau ausdrücken können muß. Vorsichtig formuliert könnte man von gewissen Grundüberzeugungen sprechen, die man über derartige Zeichnungen besitzt. Doch eigentlich thematisieren weder Wittgenstein noch Hanson das Phänomen des räumlichen Sehens der Zeichnung, sondern die verschiedenen Sichtweisen des räumlich gesehenen Würfels. Wie man den Würfel sieht, soll von einer Theorie abhängig sein. Dabei ist in dem vorliegenden Beispiel zunächst die uneindeutige Darstellung des Würfels schuld daran, daß wir den Würfel unterschiedlich sehen können. Sie läßt es uns frei, welche der Flächen wir als vordere sehen. Durch gestrichelte Linien für alle nicht sichtbaren Kanten oder Schraffierung der Flächen wäre die Abbildung eindeutig auf eine Weise räumlich als Würfel zu sehen. Es ist wahrscheinlich eher eine empirische Frage, welche zusätzlichen graphischen Informationen nötig sind, damit man einen Würfel eindeutig in einer bestimmten Perspektive in einer solchen Abbildung sieht. Ein sinnvoller Theoriebegriff kann die Gründe für eine Mehrdeutigkeit unserer Wahrnehmung bei einer derartigen Abbildung nicht ab-

⁵vgl. [Wit84, S.549].

decken.

Doch auch wenn in diesem Zusammenhang nicht von einer Theorie gesprochen werden kann, von der die Wahrnehmung des Würfels abhängt, ist das beschriebene Phänomen divergierender Beobachtungsinhalte von ein und demselben Untersuchungsgegenstand (in dem Beispiel von ein und derselben Abbildung) dennoch faktisch vorhanden. Es ist also festzustellen, daß Phänomene, die für Hanson unter den Begriff der Theoriebeladenheit fallen, existieren, die nicht von einer Theorie, sondern vielmehr von Sehgewohnheiten und basalen Überzeugungen abhängen.

Wittgenstein bezeichnet dieses Phänomen als „Aspektwechsel“. Dafür ist charakteristisch, daß sich der Inhalt der Beobachtung ändert, obwohl der Beobachtungsgegenstand derselbe geblieben ist.⁶ Wenn der Inhalt der Beobachtung wechselt, dann „sind Teile des Bildes zusammengehörig, die früher nicht zusammengehörig waren.“⁷ Der Beobachter strukturiert die visuelle Information, die er vom Beobachtungsgegenstand erhält, in beiden Fällen unterschiedlich. Dadurch ist der Inhalt der Beobachtung jeweils unterschiedlich. Dieser Unterschied beruht nicht auf Veränderungen im Beobachtungsgegenstand, sondern auf weiteren Informationen, die beispielsweise aus der Situation, in der der Gegenstand beobachtet wird, gewonnen werden. Diese Beschreibung übernimmt Hanson, indem er feststellt: „The elements of their [Kepler’s and Brahe’s] experiences are identical, but their conceptual organization is vastly different.“⁸

Der „Aspektwechsel“ wird bei Hanson zu einer Veränderung der „conceptual organization“, der „begrifflichen Organisation“.

Hansons „begriffliche Organisation“: Doch was ist unter „begrifflicher Organisation“ zu verstehen?

Ein erster Versuch könnte wie folgt aussehen:

Eine Person verfügt über ein bestimmtes Wissen über X : Sie kennt Eigenschaften von X und gesetzesartige Aussagen über das Verhalten von X und besitzt Erfahrungen im Umgang mit X . Dann beobachtet sie X auf eine Art und Weise, die eine bestimmte Struktur von X ⁹ betont, die von ihrem Wissen über X in

⁶vgl. [Wit84, S.522] und [Wit84, S.522].

⁷[Wit84, S.543].

⁸[Han65, S.18].

⁹Unter Struktur \mathcal{S} verstehe ich immer ein Tupel $\langle S; R_1, \dots, R_n, f_1, \dots, f_m \rangle$, bestehend aus einer nichtleeren Menge S von Objekten, hier Elementen von X , einer Folge R_1, \dots, R_n von Relationen auf S und einer Folge f_1, \dots, f_m von Funktionen. Ist beispielsweise X ein Tisch, dann könnten die Elemente von X die Ecken, Kanten und Flächen sein oder auch die Tischplatte

irgendeiner Weise abhängig ist. Im Falle der obigen Abbildung könnte die Struktur beispielsweise die verschiedenen Flächen, Kanten und Ecken eines Würfels als Elemente enthalten und ihre geometrischen Relationen untereinander. Ebenso gut könnte sie aber auch nur aus den zwei Dreiecken in der oberen linken und unteren rechten Ecke des Würfels bestehen, die in keiner Beziehung zueinander stehen. Die „Betonung“ von einer Struktur und von deren Elementen müßte sich so auswirken, daß der Beobachter diese Elemente in einer Beschreibung des Beobachteten nennt oder die Struktur in einer Zeichnung des Gesehenen erkennbar ist. Im Beispiel des Würfels würde man beispielsweise auf eine Fläche mit den Worten „Dieses ist die Vorderseite des Würfels.“ zeigen.

Diese Interpretation erfaßt zwar die Idee der Organisation des Gesehenen, indem sie zeigt, daß verschiedene Strukturen in X gesehen werden können. Unklar ist aber, auf welche Weise ein bestimmtes Wissen über X Einfluß auf die gesehenen Strukturen nehmen kann. Ebenso ist unklar, was an diesen Strukturen begrifflich ist.

Ein Blick auf weitere Beispiele von Hanson und ein Vergleich mit Wittgensteins Überlegungen in diesem Zusammenhang legen folgende Interpretation nahe:

Eine Wahrnehmung ist immer in einen größeren Zusammenhang eingebettet. Sie findet unter gewissen Umständen statt, in denen sie eine gewisse Rolle spielt. Diese Rolle legt nahe, bestimmte Strukturen im Wahrgenommenen eher zu sehen als andere, weil man spezielle Erwartungen besitzt und etwas Bestimmtes zu sehen sucht. Während die obige Abbildung des Würfels kontextfrei erschien (bzw. im Kontext dieser Magisterarbeit, die keine bestimmte Sichtweise des Würfels nahelegte) und deshalb die abgebildeten Striche „nach Belieben“ organisiert werden konnten, bestimmen normalerweise die Umstände von Beobachtungen, wie das Gesehene organisiert wird. Ergänzt man die Abbildung durch weitere Würfel, die zusammen einen Turm darstellen sollen, oder durch etwaige Beschriftungen, wird eine bestimmte Sichtweise der Abbildung durch die Umstände, unter denen sie auftaucht, nahegelegt. Durch den Kontext der Abbildung wird beispielsweise deutlich, daß die Abbildung einen Würfel darstellt, dessen Vorderseite auf den Betrachter gerichtet ist; dadurch wird die Abbildung unter einen bestimmten Begriff subsumiert und eine Struktur des Gehinhaltes festgelegt. In diesen Fällen führt nicht eine Theorie zu einer bestimmten begrifflichen Organisation des Gehinhaltes, sondern allein das Registrieren der Umstände, unter denen das Sehen stattfindet. Der

und vier Tischbeine. Diese Elemente sind auf eine bestimmte Weise angeordnet, d.h. die vier Tischbeine schließen zum Beispiel einen rechten Winkel mit der Tischplatte ein.

Begriff, der auf den Gegenstand angewendet wird, induziert eine bestimmte Art und Weise, den Gegenstand zu sehen, und führt damit zu einer bestimmten Organisation des Seinhalts.

Dieses Phänomen, das sich auf einer vortheorietischen Ebene abspielt und in unseren Alltagserfahrungen auftauchen kann, versucht Hanson auf die Ebene der wissenschaftlichen Beobachtung zu übertragen.

Eine wissenschaftliche Beobachtung findet normalerweise innerhalb eines Experiments statt, das für eine bestimmte Fragestellung einer Theorie T hilfreich sein soll. Ein Wissenschaftler einer Forschungsgruppe führt sie aus. Er hat das Experiment bereits öfters ausgeführt und weiß deshalb, was er in etwa beobachten wird. Er ist an bestimmten Aspekten der Beobachtung interessiert und wird gezielt nach diesen bei der Beobachtung suchen. Gleichzeitig weiß er durch seine wissenschaftliche Erfahrung, wie eine „normale“ Beobachtung aussieht und was damit eine Abweichung von der Norm darstellen würde. Er besitzt auch ein theoretisches Wissen über den Gegenstand der Beobachtung, so daß er in der Lage ist, bestimmten Elementen der Beobachtung Begriffe der Theorie T zuzuordnen. Die Theorie T liefert einen Rahmen, in den die Beobachtung vom Beobachter eingepaßt wird, damit sie verständlich wird und mit Hilfe der Theorie beschrieben werden kann. Hanson beschreibt das wie folgt:

Here, it is as if the „conceptual shape“ of one's theories, the posture and stature of one's presuppositions, determine where observations have to be „cleaned up“ - where they should be realigned and reprocessed effectively to be plugged into a science's theoretical framework, its structure for intelligibility.

[Han71, S.6]

Das Sehen des Wissenschaftlers ist kein bloßes „visuelles Kopieren“ der Umwelt, sondern er paßt seinen Beobachtungsinhalt an eine begriffliche Organisation an, die ihm die Theorie liefert, in deren Anwendungsbereich das Beobachtete fällt. Das Beobachten enthält nach Hanson ein linguistisches Element, das durch die begriffliche Organisation in das Gesehene hineingerät. Die Organisation des Gesehenen schafft mit Hilfe der Begrifflichkeit der Theorie T , Aufmerksamkeit, Erwartungen und früheren Erfahrungen die Anknüpfungspunkte für die Beschreibung des Beobachteten. Die Beobachtungsbeschreibungen verwenden so bevorzugt ein

theoretisches Vokabular, da es dadurch möglich ist, die Beobachtung in die Theorie T einzubetten. Die Relationen der Beobachtung zu früheren Beobachtungen und theoretischen Aussagen der Theorie T können so einfacher aufgezeigt werden. Nur, wenn die Beobachtung so ungewöhnlich ist, daß sie mit dem Begriffswerkzeug der Theorie nicht adäquat zu beschreiben ist, oder wenn Unsicherheit an der Richtigkeit der Beschreibung aufkommt, wird die Beobachtung ohne Verwendung der Begrifflichkeit der Theorie beschrieben. Dies läßt sich an einem Beispiel aus dem vorigen Kapitel kurz verdeutlichen: Die Wissenschaftler beschreiben das Pentaquark-Experiment so, daß sie Mesonen beobachten, ohne daß sie auf die Nachweismethode für diese Teilchen oder die Signale, die auf deren Existenz hindeuten, in ihrer Beschreibung näher eingehen. In Hinsicht auf die Pentaquarks aber, von deren Existenz bisher noch nicht ausgegangen werden kann, halten sich die Wissenschaftler an die Beschreibung der phänomenalen Ereignisse vor ihren Augen, also an die Beschreibung der Signale und Meßergebnisse der verwendeten Hilfsmittel.

Soweit ist die Beschreibung einer wissenschaftlichen Beobachtung adäquat. Hanson legt aber durch sein Beispiel von Tycho Brahe und Johannes Kepler, die beide den Sonnenaufgang beobachten, eine zu weitgehende Interpretation der Theoriebeladenheit nahe, indem er ihre Beobachtungen wie folgt interpretiert:

Thus, to summarize, saying that Kepler and Tycho see the same thing at dawn just because their eyes are similarly affected is an elementary mistake. There is a difference between a physical state and a visual experience. [...]. Hence Tycho and Kepler see different things, and yet they see the same thing. That these things can be said depends on their knowledge, experience, and theories. [...]. Tycho sees the sun beginning its journey from horizon to horizon. He sees that from some celestial vantage point the sun [...] could be watched circling our fixed earth. [...]. Kepler's visual field, however, has a different conceptual organization. Yet a drawing of what he sees at dawn could be a drawing of exactly what Tycho saw, and could be recognized as such by Tycho. But Kepler will see the horizon dipping, or turning away, from our fixed local star.

[Han65, S.8, S.18, S.23]

Ist diese Beschreibung angemessen? Ist es wirklich so, daß Tycho und Kepler den Sonnenaufgang anders sehen. Oder ist es nicht eher so, daß Kepler den Eindruck,

die Sonne gehe auf, mittels seines Wissens korrigiert, daß die Erde sich dreht? Sieht Kepler wirklich, wie die Erde sich dreht? Daran können berechtigte Zweifel angemeldet werden; schließlich erleben auch wir am Morgen, eingebettet in ein heliozentrisches Weltbild, die aufgehende Sonne und eben nicht die sich drehende Erde.¹⁰ Hanson überbewertet an dieser Stelle den Einfluß dieser Theorie auf die Beobachtung.¹¹ Der Begriff „Sonne“ hat in der Theorie von Tycho und von Kepler zwar einen anderen Stellenwert. Dennoch ist zu bezweifeln, daß der Beobachtungsinhalt von Tycho und Kepler bei einer so alltäglichen Beobachtung wie der aufgehenden Sonne sich nennenswert unterscheidet. Die heliozentrische Korrektur des Sinneseindrucks bei Kepler findet nicht auf der Ebene des Beobachtungsinhalts statt, sondern erst, wenn die Beobachtung beschrieben wird.

An diesem Beispiel wird auch ein Phänomen der Theoriebeladenheit der Beobachtung deutlich, auf das Fodor¹² hinweist: Nicht jedes Wissen, das wir besitzen, hat Auswirkungen auf unsere Wahrnehmung. Wir wissen alle, daß die Sonne nicht aufgeht, sondern die Erde sich dreht, dennoch sehen wir alle am Morgen eine aufgehende Sonne. Fodor verweist auf die bekannten Müller-Lyer-Linien: Auch wenn man weiß, daß beide Linien exakt gleich lang sind, sieht man dennoch die eine kürzer als die andere.¹³ Es gibt also den Fall, das wir zwar über Wissen verfügen, das in einem gewissen Beobachtungskontext auch relevant ist, ohne daß dieses Wissen Einfluß auf den Beobachtungsinhalt selbst hat. Vermutlich dominieren Alltagsüberzeugungen und Sehgewohnheiten später erworbenes Wissen in solchen Fällen; nur die Beschreibung fällt im Lichte des gesamten relevanten Wissens über den Beobachtungsgegenstand anders aus. Während einer Beobachtung in einem rein wissenschaftlichen Kontext hätte Hanson den Vergleich von Brahes und Keplers Sehen wahrscheinlich deshalb deutlicher hervorheben können.

Das Beispiel der Würfel-Abbildung, die Diskussion von wissenschaftlicher Be-

¹⁰Es mag eingewendet werden, daß sich schwer beurteilen läßt, inwieweit wir morgens dasselbe sehen wie jemand, der von einem geozentrischen Weltbild geprägt ist. Aber diese Unterschiede mögen in den Assoziationen, die mit Sonnenaufgang und -untergang verbunden sind, begründet liegen, weniger in der Organisation des Gesehenen.

¹¹Die Beobachtung der aufgehenden Sonne ist dennoch nicht theoriefrei, weil ihr Annahmen über die Welt und die Bewegung der Sonne, die nicht auf Beobachtungen beruhen, zugrunde liegen sowie aus Erfahrungen gewonnene Sehgewohnheiten.

¹²Zu finden ist diese Feststellung beispielsweise in [Fod].

¹³vgl. [Fod, S.34]. Fodor zieht daraus die Konsequenz, daß die Beobachtung sehr wohl theorie-neutral ist, da sie nicht von allem unserem Wissen beeinflusst wird. Diese Schlußfolgerung ist aber keineswegs zwingend.

obachtung und das Beispiel vom Sonnenaufgang zeigen, daß es sinnvoll ist, verschiedene Arten von Theoriebeladenheit zu unterscheiden.

Arten der Theoriebeladenheit: Zunächst kann Theoriebeladenheit sich auf zwei Ebenen einer Beobachtung auswirken. Sie kann zum einen dazu führen, daß unter denselben Umständen demselben Untersuchungsgegenstand verschiedene Beobachtungsinhalte entsprechen. Dies nenne ich die implizite Theoriebeladenheit. Zum anderen können die Beobachtungssätze, mit denen eine Beobachtung beschrieben wird, von einer Theorie abhängen. Diesen Theorieeinfluß bezeichne ich mit expliziter Theoriebeladenheit. Bei beiden Arten der Einflußnahme kann man verschiedene Stufen unterscheiden, je nach der Art des Wissens, das Auswirkungen auf eine Beobachtung hat. Ich unterscheide zwei Stufen: erstens Beladenheit durch nichttheoretisches Wissen im weitesten Sinne, zweitens Beladenheit durch wissenschaftliche Theorien.¹⁴ Ich unterscheide demnach die folgenden vier verschiedenen Arten der Theoriebeladenheit, die ich jeweils kurz an Beispielen erläutern werde.

Bereits im alltäglichen Sehen finden sich Phänomene, die auf Besonderheiten unserer Wahrnehmung und Sehgewohnheiten beruhen. Der Mond erscheint uns beispielsweise sehr groß, wenn er am Horizont aufgeht, weil wir seine Größe mit Bäumen oder Häusern, die wir ebenfalls am Horizont sehen, vergleichen. Steht der Mond hoch am Himmel, sieht er für uns stattdessen kleiner aus, ohne daß der Mond selbst seine Größe verändert hätte. Phänomene dieser Art bezeichne ich als *implizite Theoriebeladenheit 1. Stufe*. Wir sehen denselben Gegenstand unterschiedlich, weil wir bestimmte Sehgewohnheiten oder Alltagsüberzeugungen über die Welt besitzen, die unsere Wahrnehmung affizieren.¹⁵ Auch wenn wir uns klar machen, daß der Gegenstand derselbe sein muß, sehen wir ihn doch unterschiedlich.

Es gibt auch im Alltag das Phänomen, das ein vielleicht verwirrender Wahrnehmungseindruck verständlich wird, wenn man weiß, was man sieht, wenn man also den Beobachtungsgegenstand benennen kann. Es ist beispielsweise Nacht, und man

¹⁴Es ist sicherlich denkbar, hier mehr als zwei Stufen zu unterscheiden, indem man die 1. Stufe weiter aufspaltet, beispielsweise in nicht sprachlich verfaßte Gewohnheiten und Wissen im eigentlichen Sinne. Ich habe dies hier unterlassen, da mein Fokus vor allem auf der 2. Stufe liegt.

¹⁵Diese basalen Überzeugungen und trainierten Sichtweisen müssen nicht sprachlich formuliert werden können, um Einfluß auf die Wahrnehmung zu besitzen. An dieser Stelle würde ich Hanson korrigieren, denn es gibt auf der alltäglichen Ebene der Wahrnehmung durchaus Fälle von nichtbegrifflicher Organisation des Wahrnehmungsinhalts.

sieht wiederholt zwei gelbe, runde Lichter, die sich in einiger Entfernung schnell vorwärts bewegen. Ist bekannt, daß an dieser Stelle eine Straße verläuft, die vor der Sicht des Betrachters größtenteils durch Berge versperrt ist, können die Lichter als Scheinwerfer von Autos erkannt werden, die auf dieser Straße fahren. Die Beschreibung der Beobachtung ändert sich dadurch schlagartig.¹⁶ Wenn Beobachtungsinhalte durch das Registrieren der äußeren Umstände unter einen Begriff der Alltagssprache subsumiert und dadurch anders beschrieben werden, als wenn die spezielle Situation nicht beachtet werden würde, bezeichne ich diese Art von Theoriebeladenheit als *explizite Theoriebeladenheit 1. Stufe*.

Zur Veranschaulichung der nächsten Art der Theoriebeladenheit ziehe ich ein Beispiel aus der Chemie heran. Ich beschreibe es etwas ausführlicher, um dieses Phänomen besser verdeutlichen zu können:

Luft war nach aristotelischer Vorstellung ein Element. An dieser Vorstellung hielten die Chemiker lange noch fest, auch wenn die Luft im Laufe der Entwicklung der Chemie immer mehr von ihrer früheren Bedeutung einbüßte. Die Vorstellung, daß es sich bei der Luft um ein Gasgemisch handelte, entwickelte sich erst nach Aufkommen der Atomtheorie von Dalton zu Beginn des 19. Jahrhunderts.¹⁷

Ende des 18. Jahrhunderts hielten die Chemiker stattdessen am Begriff der Luft fest und versuchten ihre Beobachtungen mit der Vorstellung von der Luft als einem Element zu vereinbaren. Joseph Priestley (1733-1804), ein Anhänger der Phlogistontheorie, veröffentlichte so etwa ein sechsbändiges Werk unter dem Titel *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*. Er gewann „fixierte Luft“, „saure Luft“, „salpetrige Luft“ und „entphlogistizierte Luft“.

Die Phlogistontheorie stammt von dem deutschen Chemiker Georg Stahl (1660-1734).¹⁸ Danach ist Phlogiston ein gewichtloses Element, das in allen brennbaren Substanzen wie Schwefel, Kohlenstoff, Öl oder Phosphor enthalten ist. Während der Verbrennung entweicht Phlogiston aus den brennbaren Substanzen und verändert so ihre Eigenschaften. Öl und Fette verbrennen fast vollständig, weshalb man sie für sehr reich an Phlogiston hielt. Metalle verlieren ihr Phlogiston, wenn sie an der Luft oxidieren. Die Luft regt dabei die Phlogistonpartikel stark an, so daß sie aus dem Metall entweichen. Die Oxidation stoppt, wenn die Luft mit Phlogiston gesättigt ist, so daß sie nicht noch mehr Phlogiston aufnehmen kann. Daß Metalle

¹⁶Dieses Beispiel findet sich bei [Ach68, S.164].

¹⁷Diese Darstellung ist angelehnt an [Tat67, S.492 ff.]. Das Beispiel taucht sowohl in [Kuh67, S.160] als auch in [San94, S.92 ff.] auf.

¹⁸Hierbei orientiere ich mich an [Tat67, S.329 ff.].

schwerer werden, wenn sie oxidieren, obwohl sie Phlogiston verlieren, führte Stahl darauf zurück, daß Phlogiston ein immaterielles Prinzip ist, das weder Gewicht noch Dichte besitzt. Wenn Metalle ihr Phlogiston verlieren, steigt ihre Konzentration und sie werden dadurch schwerer.¹⁹ Die Phlogistontheorie lieferte das lange von den Chemikern gesuchte universelle Prinzip und war mit gängigen chemischen Vorstellungen gut vereinbar. So fand die Phlogistontheorie viele Anhänger und Stahl erweiterte seine Theorie später, so daß Phlogiston von einem Prinzip der Verbrennung zu einem allgemeinen Prinzip avancierte, das die Chemie in allen Bereichen beherrschte.

Es ist natürlich schwer zu sagen, was ein Chemiker im 18. Jahrhundert sah, wenn er die Oxidation eines Metalls beobachtete. Dennoch läßt sich aufgrund der fehlenden Konzepte von Gasen, Elementen im heutigen Sinne und chemischen Verbindungen schließen, daß er die Vorgänge vor seinem Auge anders bewertet haben muß. Phlogiston ist der Bestandteil im Metall, der die spezifischen metallischen Eigenschaften verursacht. Das Metall ist demnach eine Verbindung, die komplexer ist als sein zugehöriges Metalloxid. Die heute verwendete Nomenklatur weist hingegen schon darauf hin, daß das Metalloxid eine Verbindung ist, die aus dem Metall entsteht, wenn dieses mit Sauerstoff reagiert. Die Namen der Verbindungen enthalten häufig bereits den Hinweis auf ihre Zusammensetzung. Die Reaktionsgleichungen hat ein heutiger Chemiker im Kopf, wenn er eine Reaktion beobachtet und „sucht“ danach, in welche neuen Verbindungen sich die Ausgangsverbindungen begeben. Beobachtet er die Oxidation eines Metalls, weiß er, daß das Metall elementar ist und daß der Verlust der metallischen Eigenschaften von der Reaktion mit Sauerstoff aus der Luft herrührt. Solange die Luft als Element aufgefaßt wurde, konnte nicht beobachtet werden, daß ein Teil der Luft mit dem Metall reagiert. Stattdessen mußte das Metall zusammengesetzt sein und einen Bestandteil durch Verbrennung verlieren. Die heutigen Begriffe von Elementen, verschiedenen Aggregatzuständen und Verbindungen zusammen mit Reaktionsgleichungen erlauben einen „analytischen“ Blick auf eine Reaktion als es Chemikern des 18. Jahrhunderts möglich war, die nur einen vagen Korpuskelbegriff von der Materie besaßen, Reaktionen durch Affinität erklärten und an traditionellen Elementen wie Luft und Wasser festhielten.

Diese Art der Beeinflußung der Beobachtung bezeichne ich als *implizite Theo-*

¹⁹Diesem Phänomen wurde traditionell wenig Beachtung geschenkt, da man quantitative Untersuchungen gegenüber qualitativen zweitrangig waren. Deshalb tat dieser „Defekt“ in der Phlogistontheorie ihrem Erfolg wenig Abbruch.

riebeladenheit 2. Stufe. Unter diesen Begriff fallen die Fälle, in denen die Theorie, in deren Anwendungsbereich die Beobachtung fällt, ein gewisses theoretisches Vokabular liefert, das eine bestimmte Strukturierung des Beobachteten vorgibt. Wie der Beobachtungsinhalt strukturiert wird, ist abhängig von der speziellen Begrifflichkeit, die die Theorie verwendet.

Als implizite Theoriebeladenheit 2. Stufe bezeichne ich auch Fälle hilfsmittelunterstützter Beobachtung, bei der die Funktionsweise des Hilfsmittels vorgibt, welche Strukturen des Beobachtungsgegenstandes gesehen werden.

Wählt man beispielsweise ein Elektronenmikroskop, um eine Pflanzenzelle zu betrachten, dann ist aufgrund der Funktionsweise des Elektronenmikroskops festgelegt, welche Strukturen der Zelle überhaupt sichtbar sind: Man sieht alle elektronenundurchlässigen Bereiche schwarz, die übrigen in Graustufen. Ein und dasselbe Objekt, mit Mikroskopen von verschiedener Sorte betrachtet, sieht anders aus, je nach Art des verwendeten Mikroskops. Der Beobachtungsinhalt ist deshalb abhängig von der Funktionsweise des jeweiligen Mikroskops und verändert sich, auch wenn der Beobachtungsgegenstand derselbe bleibt.

Die vierte Art der Theoriebeladenheit, die ich unterscheide, bezieht sich auf den Einfluß von Theorien auf die Beschreibung einer Beobachtung. Dafür soll das bereits bekannte Beispiel der Nebelkammer zur Veranschaulichung angeführt werden.²⁰

Ein Physiker vor einer Nebelkammer mit Spuren, wie sie verschiedene Arten von subatomaren Teilchen hinterlassen, wird gefragt, was er gerade in der Nebelkammer beobachtet. Er kann auf diese Frage ganz unterschiedlich antworten. Mögliche Antworten könnten beispielsweise sein: „Elektronen passieren die Nebelkammer.“ oder „Das sind Spuren, die von Elektronen verursacht wurden.“ oder „Das sind Ketten von kleinen Wassertropfen, die an Gasionen kondensiert sind.“ oder „Das sind lange dünne Linien zu sehen.“ Die Antwort hängt von dem Wissen ab, das der Physiker dem Fragesteller zuschreibt, ebenso wie von den Umständen, unter denen die Frage gestellt wurde. Findet die Beobachtung in einem wissenschaftlichen Kontext statt, wird die Beschreibung derart sein, daß die Beobachtung theoretisch ausgewertet werden kann, d.h. die Begrifflichkeit der Theorie wird verwendet und nur die Eigenschaften und Gegenstände werden genannt, auf die die Theorie

²⁰Dieses Beispiel entnehme ich [Ach68, S.164], wo es als ein Beispiel für unterschiedliche Beschreibungen einer Beobachtung dargestellt wird.

angewendet werden soll. Der Physiker beschreibt deshalb nicht, wie die Lichtverhältnisse waren, was sein Kollege während der Beobachtung gesagt hat oder ob er selbst Kopfschmerzen an sich wahrnahm. Die Beobachtungsbeschreibung erfaßt das, was für die Fragestellung, unter deren Vorzeichen die Beobachtung stattfand, relevant ist. Was jemand als seine Beobachtung beschreibt, kann unter denselben äußeren Umständen anders ausfallen, je nach Wissen und Erfahrung des Beobachters, aber auch in Abhängigkeit von der wissenschaftlichen Fragestellung, der die Beobachtung dienen soll. Die Beschreibung einer Beobachtung ist deshalb nicht eindeutig, und keine Beschreibung ist gegenüber einer anderen kontextunabhängig ausgezeichnet.

Im Folgenden fasse ich die von mir unterschiedenen Arten der Theoriebeladenheit noch einmal zusammen:

- *Implizite Theoriebeladenheit 1. Stufe.* Alltagsüberzeugungen über die Welt, mitunter die Struktur unserer Sprache und Gewohnheiten in unserer Wahrnehmung affizieren unsere Beobachtung derart, daß uns keine von einem solchen Einfluß freie Beobachtung möglich ist.
- *Explizite Theoriebeladenheit 1. Stufe.* Das Gesehene wird durch die Umstände der Wahrnehmung einem bestimmten Begriff zugeordnet. Das legt eine bestimmte Beschreibung der Beobachtung nahe. Im Unterschied zur impliziten Theoriebeladenheit 1. Stufe ist es möglich, von den speziellen Umständen der Beobachtung zu abstrahieren.
- *Implizite Theoriebeladenheit 2. Stufe.* Die Theorie, in dessen Anwendungsbereich die Beobachtung fällt, liefert ein gewisses theoretisches Vokabular, das eine bestimmte Strukturierung des Beobachtungsinhalts vorgibt. Diese Struktur hängt von der speziellen Begrifflichkeit ab, die von der Theorie verwendet wird.
- *Explizite Theoriebeladenheit 2. Stufe.* Bei der Beschreibung des Beobachtungsobjekts kommt zum Tragen, daß im Rahmen verschiedener Theorie unterschiedlichen Eigenschaften und Aspekte ein und desselben beobachteten Objekts von Interesse sind und jeweils unterschiedliche Schlußfolgerungen aus der Beobachtung gezogen werden können, so daß die Beschreibung desselben Beobachtungsgegenstandes unterschiedlich ausfällt.

Der entscheidende Unterschied zwischen impliziter und expliziter Theoriebeladenheit besteht darin, daß im Falle der impliziten Theoriebeladenheit eine in diesem Sinne nicht theoriebeladene Beobachtung nicht möglich ist: Die Welt nicht dreidimensional zu sehen, ist uns ab einem gewissen Alter nicht mehr möglich. Bei den verschiedenen Stufen der expliziten Theoriebeladenheit ist es dagegen möglich, die beeinflussende Theorie zu benennen, unter deren Vorzeichen die Beschreibung der Beobachtung stattfindet.

Der Übergang zwischen den Arten von Theoriebeladenheit ist fließend. Ebenso kann eine Beobachtung auf mehrere Arten theoriebeladen sein: Die Beobachtung des Sonnenaufgangs ist implizit mit unseren Sehgewohnheiten beladen: Die Bäume am Horizont bewegen sich - unseren Alltagsüberzeugungen folgend - nicht. Die Sonne, erst hinter den Bäumen versteckt, ist aber irgendwann über den Bäumen zu sehen. Demnach sehen wir eine Bewegung der Sonne. Sollen wir den beobachteten Sonnenaufgang beschreiben, können wir ihn auch im Lichte eines heliozentrischen Weltbilds darstellen: „Wir hatten den Eindruck, die Sonne bewegt sich. Aber eigentlich hat sich die Erde zur Sonne hingedreht.“ In diesem Sinne ist die Beobachtung dann auch explizit theoriebeladen.

Die explizite Theoriebeladenheit hat epistemische Auswirkungen, indem sie durch eine gewisse theorieabhängige Beschreibung die Beobachtung inferentiell in Beziehung zu anderen theoretischen Aussagen und Beobachtungen setzt und so auf eine theorieabhängige Art in das bestehende Netz von Theorien einbettet. Denn - wie oben erwähnt - ist der typische Fall in der Wissenschaft nicht eine möglichst theoriefreie Beschreibung der Beobachtung. Vielmehr erfolgt sie normalerweise im Einklang mit dem etablierten Hintergrundwissen des Beobachters und mit Hilfe der in diesem Kontext relevanten Theorien. Sie ist also meistens explizit theoriebeladen und hat Einfluß darauf, wie mit der Beobachtung innerhalb des Forschungsprozesses umgegangen wird.

Eine schwächere Art der Beeinflussung geschieht durch mit der Beobachtung verbundene Assoziationen und Gefühle. Solange durch sie keine strukturelle Änderung im Beobachtungsinhalt oder in der Beobachtungsbeschreibung stattfindet, würde ich diese Form der Beeinflussung allerdings nicht als Theoriebeladenheit bezeichnen, da sie keine epistemischen Auswirkungen mit sich bringt.

An diesen Unterscheidungen zeigt sich, daß die These der Theoriebeladenheit sehr trivial werden kann, wenn man unter ihr nur eine implizite Theoriebeladenheit 1. Stufe im Sinne unserer dreidimensionalen Wahrnehmung oder ähnlichen

Charakteristika unserer Wahrnehmung versteht. Erst wenn angegeben wird, welche Theorien oder welche vorthoretischen Überzeugungen auf welche Art Einfluß auf Beobachtungen nehmen, können mitunter relevante Schlußfolgerungen auf die Zuverlässigkeit oder den Stellenwert solcher Beobachtungen gezogen werden. Im einzelnen heißt es, daß bei den Theoriebeladenheiten 2. Stufe diejenigen wissenschaftlichen Theorien oder Theorieteile genannt werden müssen, die Einfluß auf eine Beobachtung nehmen. Eine Theorie besitzt immer einen eingeschränkten Anwendungsbereich, so daß nicht ohne weiteres von einer Theoriebeladenheit aller Beobachtung gesprochen werden sollte, ohne die betreffenden Theorien und die Art ihrer Beeinflussung genauer zu spezifizieren.

Wann gefährdet Theoriebeladenheit die Zuverlässigkeit von Beobachtung? Ich gehe in meiner Arbeit von der Annahme aus, daß Beobachtung epistemisch ausgezeichnet ist. Diese Eigenschaft zeigt sich darin, daß Beobachtungen eine besonders zuverlässige Quelle für neue Erkenntnisse sind. Eine Beobachtung nenne ich „zuverlässig“, wenn sie zum einen reproduzierbar ist und wir zum anderen wissen, wie Beobachtungsinhalt und Beobachtungsgegenstand korreliert sind.²¹ Die zweite Bedingung ist für hilfsmittelunterstützte Beobachtung entscheidend: Wir müssen uns sicher sein, daß wir X beobachten, genau dann wenn wir den Beobachtungsinhalt Y besitzen.

Was für Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit von Beobachtungen haben die verschiedenen Arten von Theoriebeladenheit? Inwieweit wird die Zuverlässigkeit beeinflusst?

Die *implizite Theoriebeladenheit 1. Stufe* ist so lange unproblematisch, wie sie ein Phänomen darstellt, das alle wahrnehmenden Personen gleichermaßen betrifft, wie es beispielsweise bei der Dreidimensionalität der Wahrnehmung der Fall ist. Diese Theoriebeladenheit als Zeichen der geringen Zuverlässigkeit der Beobachtung zu werten, hieße, ein unerfüllbares Kriterium für die Zuverlässigkeit einer Beobachtung zu fordern.

Schwierig ist es, wenn eine derartige Theoriebeladenheit nicht die Wahrnehmung aller Personen betrifft, sondern nur in Einzelfällen auftritt. Ein Beispiel könnte das absolute Gehör sein, über das manche Menschen verfügen. Die Fähigkeiten, die dieser Wahrnehmung zugrunde liegen, sind nicht an andere vermittelbar, die über diese nicht verfügen. Nur wenn es prinzipiell möglich ist, indirekt, d.h. mit

²¹In diesem Begriff von Zuverlässigkeit folge ich [Sup89, S.122].

Hilfe anderer Methoden die Wahrnehmung dieser Personen zu überprüfen, kann sinnvoll davon gesprochen werden, daß sie wirklich etwas beobachten. Ob ihre Beobachtungen allerdings innerhalb der Wissenschaft verwendet werden würden, ist zweifelhaft.

Der Einfluß der *impliziten Theoriebeladenheit 2. Stufe* ist schwieriger zu bemessen. Sie spiegelt die Art der Theoriebeladenheit wider, die in der wissenschaftstheoretischen Diskussion gemeint ist, wenn die These aufgestellt wird, daß sich die Welt verändert, wenn sie durch die Begrifflichkeit einer neuen Theorie rezipiert wird, die in die alte Begrifflichkeit nicht übersetzbar ist.²² Ohne in diese Diskussion zu weit einzusteigen, möchte ich nur einen Aspekt diskutieren, in dem sich die Welt durch eine andere Begrifflichkeit „verändern“ kann, ohne daß man damit Gefahr läuft, die Existenz einer unabhängigen Realität zu leugnen.²³

Sowohl in [San98] als auch in [Hac93] findet sich ein Ansatz, Kuhns Inkommensurabilitätsthese zu interpretieren, den ich für meine Zwecke fruchtbar machen kann. Die Inkommensurabilitätsthese besagt zunächst, daß die Sprachen von einigen wissenschaftlichen Theorien zumindest zum Teil nicht ineinander übersetzbar sind und sie deshalb bezüglich ihres Gehalts nicht miteinander vergleichbar sind.²⁴ Sankey und Hacking interpretieren diese These nun in der Hinsicht, daß es sich um eine taxonomische Inkommensurabilität²⁵ zwischen den Theorien handelt. Die Welt, die aus Einzeldingen besteht, ändert sich danach nicht durch eine neue Theorie, sondern die Arten, als die wir die Dinge in der Welt klassifizieren, werden andere. Sankey spricht davon, daß Untermengen von wechselseitig definierten Begriffen innerhalb des Spezialvokabulars der Theorien nicht ineinander übersetzbar sind.²⁶ Als Beispiel für eine derartige Veränderung im taxonomischen Schema nennt Sankey, Kuhn folgend, den Übergang von der ptolemäischen zur kopernikanischen Astronomie: Früher wurden Sonne und Mond als Planeten klassifiziert, die Erde hingegen nicht. Nach der kopernikanischen Wende wird die Sonne jetzt als Stern, die Erde als Planet und der Mond als Satellit bezeichnet. Die Entitäten, Sonne,

²²Angestoßen wurde diese Diskussion insbesondere von Kuhn und Feyerabend. In [Kuh67] finden sich viele Stellen, die nahelegen, daß nach Kuhn Wissenschaftler nach einem Paradigmenwechsel in einer *anderen* Welt arbeiten.

²³Ich orientiere mich dabei an Ideen von [San97], [San94], [San98], [Hac93].

²⁴vgl. [San94, S.2].

²⁵Eine Taxonomie ist bestimmt durch eine Klasse von Entitäten und eine transitive, asymmetrische Relation. Es muß eine Entität geben, die zu keiner anderen in dieser Relation steht. Alle anderen Entitäten müssen mindestens zu einer anderen in dieser Relation stehen. Beispiele für Taxonomien sind die Klassifikationssysteme für Tiere oder Pflanzen aus der Biologie.

²⁶vgl. [San98, S.9].

Mond und Erde, haben sich nicht verändert. Stattdessen haben sich die Kriterien, nach denen die Entitäten klassifiziert werden, verändert und die Entitäten werden anders in bestehende alte Kategorien aufgeteilt.

Während Kuhn von „natürlichen Arten“ spricht, bevorzugt Hacking den weniger vorbelasteten Terminus der „wissenschaftlichen Arten“, dem ich mich hier anschließe. Damit bezeichnet er alle Arten, die in einem Zweig der Wissenschaft unterschieden werden und die eine Gruppe von Wissenschaftlern für ihre Untersuchungen während einer gewissen Zeitspanne für relevant erachtet. Dazu gehören auch Typen von wissenschaftlichen Instrumenten.²⁷ Eine Entität kann nicht zwei verschiedenen wissenschaftlichen Arten zugeordnet werden. Überlappen zwei Arten verschiedener Theorien, dann können diese nicht ineinander übersetzt werden. Arten sind entscheidend für unser Handeln und Interagieren in der Welt, da sie in jeder Beschreibung von Dingen vorausgesetzt werden. Sie werden für gesetzesartige Aussagen verwendet, für allgemeine Hypothesen oder um Bedingungen aufzustellen. Damit sind sie für unser Wissen entscheidend. Hacking geht so weit zu sagen, daß die Welt, in der wir arbeiten, eine Welt von Arten ist.²⁸

Die taxonomische Inkommensurabilität hängt mit der impliziten Theoriebeladenheit 2. Stufe wie folgt zusammen: Wie ich am Beispiel der Phlogistontheorie versus der Sauerstofftheorie gezeigt habe, hat die Taxonomie einer Theorie Auswirkungen auf den Beobachtungsinhalt eines Beobachters. „Phlogiston“, „entphlogistizierte Luft“, „Prinzip“ stellen ein Cluster von begrifflich miteinander verbundenen Termen dar. In die Struktur, die diese Begrifflichkeit vorgibt, wird die Beobachtung eingepaßt. Die Begriffe sind wegen der logischen Beziehungen, die sie als Arten der Phlogistontheorie miteinander verbinden, nicht in die Sauerstofftheorie übersetzbar. Die Organisation des Beobachtungsinhalts eines modernen Chemikers muß eine andere sein.

Zwar kann keiner die Welt mit den Augen eines Chemikers aus dem 18. Jahrhundert sehen. Dennoch kann beurteilt werden, ob beide Chemiker dasselbe beobachten. Sankey argumentiert, daß das Vokabular, das die Taxonomie der wissenschaftlichen Arten repräsentiert, in die natürliche Sprache eingebettet ist. Die Hintergrundsprache beider Theorien kann als Metasprache dienen, um den Gehalt der

²⁷vgl. [Hac96, S.283]. Mit dieser Interpretation läßt sich auch zusätzlich dafür argumentieren, hilfsmittelunterstützte Beobachtung als implizit theoriebeladen zu bezeichnen. Auch Hacking weist darauf hin, daß die Art des Hilfsmittels die Welt, in der der Wissenschaftler arbeitet, nicht nur durch die neuen technischen Möglichkeiten verändert, sondern auch dadurch, daß es ein Hilfsmittel einer neuen Art ist, mit der auf eine andere Weise gearbeitet und beobachtet werden kann. Vergleiche hierzu [Hac93, S.307].

²⁸ [Hac93, S.277].

Beobachtungsbeschreibungen zu vergleichen, ohne sie ineinander zu übersetzen.²⁹ So ist es auch möglich zu beurteilen, ob beiden Beobachtungsbeschreibungen dasselbe Phänomen zugrunde lag.

Die Einzeldinge, die unsere Erfahrungswelt konstituieren, bleiben dieselben, auch wenn sie durch Theorien auf unterschiedliche Weise in Kategorien eingruppiert werden. Eine Änderung der Klassifikation verändert nicht die Gegenstände in der Welt, aber sie verändert durchaus bei Beobachtungen, welche Eigenschaften der Gegenstände und welche Zusammenhänge zwischen den Gegenständen beobachtet werden.³⁰

Auch wenn zwei Theorien also Kategorisierungen der Erfahrungswelt induzieren, deren Vokabular nicht ineinander übersetzbar ist, gelingt es auf der Ebene der natürlichen Sprache, sich über das beobachtete Phänomen auszutauschen und divergierende Beobachtungen zu beschreiben.³¹ Die vermeintliche Gefahr geht dann nicht von verschiedenen wissenschaftlichen Theorien aus, sondern von der Begrifflichkeit unserer natürlichen Sprache. Inwieweit diese uns eindeutig auf eine Kategorisierung festlegt, ist eine metaphysische Frage und für die Wissenschaft ohne Belang, soweit alle an der Wissenschaft beteiligten Personen eine gemeinsame Sprache oder verschiedene, ineinander übersetzbare Sprachen sprechen. Insbesondere würde ich dieses Phänomen der impliziten Theoriebeladenheit 1. Stufe zuordnen, da es keine wissenschaftliche Theorie betrifft.

Es gibt dennoch denkbare Fälle, in denen eine implizite Theoriebeladenheit 2. Stufe die Zuverlässigkeit der Beobachtung in Frage stellt. Das kann im Fall der hilfsmittelunterstützten Beobachtung dann passieren, wenn das Beobachtungsobjekt X nur dann auf eine bestimmte Art und Weise strukturiert beobachtet wird, wenn eine Theorie T für wahr angenommen wird und gleichzeitig allein aus dieser Theorie folgt, daß X diese Struktur besitzt. Erwiese sich T als falsch, dann könnte die Struktur in X nicht mehr beobachtet werden.

Um diesen Fall zu veranschaulichen, nehme man an, daß ein Wissenschaftler nur über ein einziges Auflichtmikroskop verfügt. Gleichzeitig besitzt er eine Theorie, die besagt, daß das mikroskopische Bild in allen Fällen die wirkliche Beschaffenheit des Beobachtungsobjektes darstellt. Beobachtet er nun ein Kreuzgitter, dessen

²⁹ [San98, S.11]. Zu finden ist dieser Gedanke auch bei [San97, S.56 ff.].

³⁰Eine solche Interpretation von Hanson schlägt auch Suppe in [Sup77, S.191 ff.] als sinnvoll vor.

³¹In dieser Bewertung schließe ich mich der Kritik von Howard Sankey an einem starken begrifflichen Relativismus an. Ich beziehe mich vor allem auf [San97, S.56 ff.].

Struktur so fein ist, daß sie Beugungsphänomene hervorruft, sieht er neben dem Kreuzgitter Streifen in den Richtungen der Diagonalen. Seine Theorie des Mikroskops sagt ihm, daß das Beobachtungsobjekt selbst ein Kreuzgitter mit diagonalen Streifen sein muß. Gleichzeitig wird diese Struktur im Bild immer erzeugt, wenn der Wissenschaftler das Objekt mit dem Mikroskop betrachtet.

Problematisch ist ein solcher Fall insbesondere dann, wenn der Wissenschaftler aus der Beobachtung die Schlußfolgerung zieht, daß demnach sein Beobachtungsobjekt eine derartige Struktur aus Kreuzgitter mit diagonalen Streifen besitzt und so die Beobachtung gleichzeitig als eine Bestätigung für seine Theorie sieht, daß das mikroskopische Bild immer eine strukturähnliche Darstellung vom Objekt liefert.

In Hinblick auf Aussagen über die empirische Adäquatheit der Theorie³² ist die Zuverlässigkeit von Beobachtungen, die mit dieser Theorie selbst beladen sind, deshalb auf jeden Fall in Frage zu stellen. Insbesondere würde man nicht davon sprechen, eine bestimmte Struktur zu beobachten, solange dies nur unter der Voraussetzung von einer Theorie möglich ist. Erst wenn mittels einer anderen Beobachtung, die möglicherweise mit anderen, voneinander unabhängigen Theorieteilen beladen ist, dieselbe Struktur oder eine ähnliche Struktur zu sehen ist, könnte man gut begründet davon ausgehen, daß man an einem Beobachtungsobjekt diese Struktur beobachtet hat.

Van Fraassen rekonstruiert das Mikroskopieren als einen solchen problematischen Fall, weshalb er es ablehnt, dort von Beobachten zu sprechen: Nur, wenn man von der Wahrheit der Theorie, die die mikroskopische Bildentstehung behandelt, überzeugt ist, sieht man das vom Mikroskop erzeugte Bild als ein Bild von einem Objekt, das unabhängig von der Beobachtung existiert. Doch im obigen Abschnitt über das Mikroskop habe ich verdeutlicht, daß das Vertrauen, ein Objekt mit dem Mikroskop zu beobachten, nicht allein auf einer Theorie beruht. Vielmehr besitzt ein Wissenschaftler unterschiedliche Hilfsmittel, deren Funktionsweisen durch voneinander unabhängigen Theorieteilen beschrieben werden, die alle strukturähnliche Bilder von dem Objekt liefern. Daneben verfügt er über weitere Methoden, um sich von den Eigenschaften und der Struktur des Objekts sowie der Adäquatheit der mikroskopischen Abbildung zu vergewissern. Zuletzt postuliert auch keine Theorie, auf der die Funktionsweise eines Mikroskopstyps beruht, beispielsweise die Existenz von biologischen Strukturen oder anderen typischen Untersuchungsobjekten der Mikroskopie. Daß die Existenz des Objekts nicht aus einer Theorie folgt, mit

³²Ebenso sind Aussagen in Hinblick auf andere Theorien problematisch, die in einem solchen logischen Verhältnis zu der Theorie stehen, daß sie die Existenz dieser Struktur im Objekt voraussetzen, oder aus der Theorie direkt abgeleitet sind.

der die Beobachtung beladen ist, muß gefordert werden, um eine Beobachtung als zuverlässig bezeichnen zu können.

In den allermeisten wissenschaftlichen Beobachtungssituationen ist das Verhältnis von den Theorien, die die Beobachtung beeinflussen, und denjenigen, die durch die Beobachtung erst überprüft werden sollen, ein sehr viel komplizierteres als das oben skizzierte, so daß es an der Tagesordnung ist, Beobachtungen unter veränderten Randbedingungen zu wiederholen und die Information, die die Beobachtung erbrachte, auf anderem Wege durch andere Methoden ebenfalls zu gewinnen.

Da die *explizite Theoriebeladenheit* erst auf der Ebene der Beschreibung der Beobachtung zum Tragen kommt, hat sie keine Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit von Beobachtung: Auch wenn zwei Personen Unterschiedliches in derselben Situation beobachten, ist es möglich, daß sie sich über das Beobachtete einig werden, indem sie auf eine alltagssprachliche Beschreibung ihrer Beobachtung zurückgreifen und indem sie einander die theoretischen Voraussetzungen, wissenschaftlichen Motivationen und Erwartungen in Hinblick auf ihre Beobachtung vermitteln.

Die Theoriebeladenheit der Beobachtung verletzt also nur dann die Zuverlässigkeit der Beobachtung, wenn einer der beiden Fälle eintritt:

1. Das Wissen, das die Beobachtung einer Struktur S erst ermöglicht, kann an andere nicht vermittelt werden. Wie dieses Wissen die Beobachtung beeinflusst, kann nicht transparent gemacht werden.³³
2. Die Existenz einer bestimmten Struktur S von X folgt direkt aus einer der Theorien, die die Beobachtung von X derart beeinflusst, daß eben die Struktur S beobachtet wird.

Doch auch wenn die Zuverlässigkeit von Beobachtung in den übrigen Fällen der Theoriebeladenheit erst einmal nicht in Frage gestellt werden muß, ändert sich durch sie die Natur von Beobachtungssätzen: Beobachtungssätzen stimmen nur diejenige in einer bestimmten Situation zu, die die beeinflussenden Theorien in

³³Ein Beispiel könnte vielleicht die Hörempfindung eines mit einem sehr empfindlichen Gehör ausgestatteten Menschen sein, dem es unmöglich ist, sein Wissen oder seine besondere Fähigkeit derart zu vermitteln, daß seine Wahrnehmung nachvollziehbar wird. Er hört etwas, was außerhalb der Wahrnehmung eines jeden anderen liegt und das nicht beschrieben werden kann. Ein solcher Fall ähnelt dem Beispiel, an dem Wittgenstein sein Privatsprachenargument veranschaulicht. Es kann dann mit guten Gründen angezweifelt werden, daß überhaupt ein Unterschied in der Wahrnehmung existiert, wenn dieser Unterschied nicht beschrieben werden kann.

dem Anwendungsbereich der Beobachtung miteinander teilen. Daß ein Beobachtungssatz ein solcher Satz ist, dem alle Mitglieder einer Sprachgemeinschaft unter denselben Beobachtungsbedingungen entweder geschlossen zustimmen oder nicht, unabhängig von jeglichem theoretischen Wissen, diese Auffassung ist demnach bei diesem Verständnis von Theoriebeladenheit der Beobachtung nicht zu retten.

Doch um diese Auffassung als eine adäquate Paraphrasierung der epistemischen Ausgezeichnetheit von Beobachtung zu akzeptieren, muß zunächst überhaupt das Verhältnis von Beobachtung und Beobachtungssatz untersucht werden.

Fazit: Beobachten ist kein bloßes Abphotographieren der Umwelt; vielmehr ist es sowohl auf der Ebene des Beobachtungsinhalts als auch der Beschreibung des Beobachteten abhängig von früheren Erfahrungen, Wissen und wissenschaftlichen Theorien. Nicht jedes Beobachten ist also „theorie-frei“, obwohl man ihm trotzdem nicht den Beobachtungscharakter abspricht. Es gibt aber auch eine Beeinflussung der Beobachtung durch Theorien, die derart ist, daß die Zuverlässigkeit der Beobachtung mit der Wahrheit der Theorie steht und fällt. Solche theoriebeladenen Beobachtungen würden nicht mehr als Beobachtungen akzeptiert werden, wenn sie nicht unabhängig von dieser Theorie wiederholt werden können. Hanson führt nicht en detail aus, was eine Wahrnehmung trotz theoretischer Beeinflussung als eine Beobachtung qualifiziert. Diese Frage muß noch weiter untersucht werden.

Hanson beschreibt das „Sehen, daß“ als Bindeglied zwischen Theorie und Beobachtung. Diesem Verhältnis zwischen Beobachtung und der Beobachtungsbeschreibung gehe ich im Folgenden weiter nach.

3.2 Beobachtung und Beobachtungssatz

Bisher war fast ausschließlich vom Akt des Beobachtens die Rede, wenig von der Sprache, mit der Beobachtungen beschrieben werden, obwohl Beobachtungen im weitesten Sinne nur wissenschaftlich verwertet werden können, wenn sie auf irgendeine Art und Weise in Sprache „übersetzt“ werden. Diese „Art und Weise“ interessiert mich nun an dieser Stelle. Wie gelangt man von einer Beobachtung zu einer Äußerung über das Beobachtete? Wie ist das Verhältnis zwischen dem Beobachteten und dem darüber geäußerten Satz?

Verfolgen wir einen Moment weiter, wie sich Hanson die Verbindung von Beobachtung und Beobachtungssatz vorstellt, um dann van Fraassens mögliche Erwiderung zu untersuchen:

Vom „Sehen“ zum „Sehen, daß“: Für Hanson beinhaltet das Sehen neben der visuellen Komponente des Abbildens eine linguistische: Wie wir was sehen, ist abhängig von unserem Wissen. Bestimmte Aspekte des Gesehenen werden während des Sehens bewertet, in einen Kontext gestellt und entsprechend wahrgenommen. Ein Chemiker wird auf einen Geruch aufmerksam, weil er für ein bestimmtes Element charakteristisch ist, während er anderen höchstens unangenehm auffällt.³⁴ Der Geruch wird einem bestimmten Begriff untergeordnet. Dadurch wird er an eine ganz bestimmte Stelle in einer chemischen Theorie eingeordnet. Eine Beschreibung durch „Sehen, daß“-Sätze knüpft an diese spezielle begriffliche Organisation der Beobachtung an und bettet die Beobachtung durch den Gebrauch bestimmter Begriffe, die Zuordnung von bestimmten Eigenschaften und die logische Verknüpfung mit Folgerungen in eine wissenschaftliche Theorie ein. Wenn der Chemiker den Geruch als den Geruch von einem bestimmten Element wahrnimmt, weiß er, was passieren würde, wenn er das Gas beispielsweise in Wasser leiten würde. Durch die Klassifikation des Geruchs als Geruch eines Elementes weiß der Chemiker um die entsprechenden gesetzesartigen Aussagen, die er über dieses Element machen kann, und kennt Hypothesen über dessen Verhalten. Die Verwendung von theoriebeladenen Begriffen bei der Beschreibung der Beobachtung erlaubt, aus den verwirrenden Daten einen für die Theorie verständlichen Zusammenhang hervorzuheben. Theoriebeladen sind dabei nicht ausschließlich theoretische Begriffe, sondern alle Begriffe, deren Rolle in einer Theorie nur verstanden werden kann, wenn grundlegende Regeln und Gesetze, in denen sie auftauchen, beachtet werden, oder

³⁴Dieses Beispiel ist einem Beispiel aus [Mac20, S.296] entlehnt.

die einen Gegenstand bezeichnen, der von der Theorie erklärt wird.³⁵ Sie sind Teil einer Menge von wechselseitig definierten Begriffen der Theorie, die durch ihre Beziehungen zueinander dem Beobachtungsinhalt eine gewisse Struktur überstülpen. Die möglichen wahren Aussagen über dieses Element sind von der entsprechenden Theorie beschränkt. Der Chemiker wird seine Beobachtung also so beschreiben, daß die Theorie auf sie angewendet werden kann.

Auf diese Weise - durch die Bindeglieder der begrifflichen Organisation des Sehens und der „Sehen, daß“-Sätze - wird die Lücke zwischen bloßen Bildern und der Theorie geschlossen. Die implizite und die explizite Theoriebeladenheit 2. Stufe greifen ineinander, um Beobachtungen erkenntnisgewinnend innerhalb einer Theorie verwendbar zu machen.

Van Fraassen wäre dieser Darstellung vielleicht nicht von vornherein abgeneigt, doch er würde verneinen, daß der von Hanson verwendete Beobachtungsbegriff der richtige ist, denn für ihn ist die Theorieunabhängigkeit dieses Begriffes zentral. Die vermeintliche Theoriebeladenheit der Beobachtung, die Hanson zu entdecken glaubte, ist in seinen Augen als Theoriebeladenheit der die Beobachtung beschreibenden Sprache zu interpretieren.

In meiner obigen Terminologie bedeutet dies, daß van Fraassen die explizite Theoriebeladenheit der Beobachtung akzeptiert und sogar selbst beschreibt, während er das Phänomen einer impliziten Theoriebeladenheit zurückweist. Machen wir also einen Schritt zurück und schauen, ob es van Fraassen gelingt zu zeigen, daß Beobachtungen selbst nicht von Theorien beeinflußt werden. Wie stellt sich dann die Verbindung zwischen derartigen Beobachtungen und Beobachtungssätzen dar?

Theorieunabhängigkeit? Wie bereits erwähnt, ist „Beobachtbarkeit“ für van Fraassen ein theorieunabhängiger Begriff, dessen Grenzen innerhalb der empirischen Wissenschaften bestimmt werden.

To find the limits of what is observable in the world described by theory T, we must inquiry into T itself, and the theories used as auxiliaries in the testing and application of T.

[vF80, S.57]

³⁵ [Ach68, S.184 ff.] listet mehrere mögliche Kriterien für theoriebeladene Terme im Sinne von Hanson auf. Ich benötige keine eindeutige Definition dieser Terme, sondern es genügt hier, daß es Terme gibt, die nur innerhalb eines Netzwerks von weiteren Termen der Theorie verstanden werden können und so ein „begriffliches Muster“ mit sich bringen.

Dieses Zitat läßt den Leser etwas unbefriedigt zurück. Es gibt keine Theorie, die die Welt als Ganzes beschreibt; stattdessen sind Theorien durch Hilfstheorien nur auf einen bestimmten Bereich von Phänomenen in der Welt anwendbar. In jeder dieser Theorien wird nach van Fraassen der Bereich des Beobachtbaren markiert. Dennoch soll der Begriff nicht theorieabhängig sein; dies folgt aber nicht aus dem oben Zitierten. Es ist vielmehr eine zusätzliche, davon unabhängige These. Sie impliziert zudem, daß die von den verschiedenen, empirisch adäquaten Theorien bestimmten Bereiche des Beobachtbaren entweder zusammenfallen oder sich widerspruchsfrei zu einem „großen“ Bereich des Beobachtbaren ergänzen lassen.

Wie bestimmt eine Theorie, was beobachtbar ist?

Van Fraassen vertritt einen semantischen Ansatz in Hinblick auf Theorien. Demnach ist eine Theorie als eine Familie von Modellen aufzufassen. Eine Theorie ist empirisch adäquat, wenn sie ein Modell enthält, dessen empirische Substruktur isomorph zu allen „appearances“ des Anwendungsbereichs der Theorie ist. „appearances“ sind Strukturen, die in Meßberichten von beobachtbaren Phänomenen beschrieben werden können. Welche Substruktur die empirische Substruktur ist und auf welche Phänomene die Theorie anwendbar ist, wird durch Hilfstheorien festgelegt oder ist ein expliziter Teil des Modells.

Alle Phänomene, die von der empirischen Substruktur des Modells erfaßt werden, sind beobachtbar.

Bei dieser Beschreibung des Beobachtbaren drängt sich der Eindruck von Zirkularität auf. Aber wie van Fraassen betont, ist diese Zirkularität als ein „hermeneutischer Zirkel“ zu verstehen, nicht als ein böser Zirkel.

Um herauszufinden, was beobachtbar ist, befragen wir eine entsprechende Theorie T . Diese akzeptieren wir als empirisch adäquat und setzen damit voraus, daß alle ihre Aussagen über Beobachtbares wahr sind. T wird durch Hilfstheorien zu bestimmten empirischen Datenmengen aus Meßreihen in Beziehung gesetzt. Der den empirischen Datenmengen zugrundeliegende Phänomenbereich ist also der Bereich des Beobachtbaren. Fragen wir uns also, ob X beobachtbar ist, lautet die umformulierte Frage, ob X von einem Begriff einer empirischen Substruktur irgendeiner Theorie bezeichnet wird.

Diese Präzisierung von van Fraassens Ansatz könnte fruchtbar gemacht werden, doch Aussagen von van Fraassen an anderer Stelle verwirren, da sie eine andere Interpretation, wie die Beobachtbarkeit durch Theorien definiert wird, zu präferieren scheinen:

The human organism is [...] a certain kind of measuring apparatus.
 As such it has certain limitations [...]. It is these limitations which the
 'able' in 'observable' refers - our limitations, *qua* human beings.
 [vF80, S.17]

Hier klingt es so, als ob es vor allem die Biologie ist, die die Grenzen der Beobachtbarkeit zieht, indem sie festlegt, welche Wahrnehmungsgrenzen uns als Menschen vorgegeben sind.

Doch wie beschreibt die Biologie die Grenzen unserer Sinneswahrnehmung?

Ein Beispiel: Das menschliche Gehör kann nur in einem bestimmten Bereich Schallwellen erfassen. Dieser Bereich der wahrnehmbaren Töne wird Hörfläche genannt. Die nutzbare Hörfläche eines Probanden kann mit Hilfe von Audiogrammen bestimmt werden. Dabei spielt ein Computer bestimmte Töne in festgelegter Lautstärke über Lautsprecher, Kopfhörer oder Knochenleitungshörer³⁶ ab. Der Proband teilt es mit, wenn er den Ton hört. Dies kann z.B. durch Drücken eines Knopfes geschehen. Die Töne werden sowohl in ihrer Höhe als auch in ihrer Lautstärke variiert, so daß eine Art gerasterte Landkarte entsteht, in der jeder Punkt eine Tonhöhe-Lautstärke-Kombination beschreibt, die entweder gehört oder nicht gehört wurde. Schallwellen jenseits der Hörschwelle erkennt man also daran, daß der Proband den Knopf nicht drückt. Welche Schallwellen dies sind, weiß man aber nur anhand des Computers, der nach einem bestimmten Prinzip Schwingungen erzeugt. Daß eine Schallwelle einer bestimmten Frequenz nicht mehr wahrnehmbar ist für den Menschen, ist sicher eine typische Aussage über die Grenzen unserer Sinne. Doch ist es eine Aussage über Beobachtbares und damit dann - angenommen die entsprechende Theorie ist empirisch adäquat - eine wahre Aussage?

Wohl eher nicht. Denn daß eine Schallwelle überhaupt erzeugt wurde, ist nur mit Hilfe eines Instrumentes nachweisbar. Ob wirklich eine Schallwelle erzeugt wurde, muß also durch andere Theorien gestützt werden, die die Funktionsweise des Instruments und die Natur von Schallwellen betreffen. Die Schallwelle wird aber in diesen Theorien sicherlich auch nicht Teil einer empirischen Substruktur eines Modells sein, da sie niemals direkt wahrnehmbar ist. Allein das Nichtdrücken des Knopfes durch den Probanden ist beobachtbar.

Ein weiteres Problem der Aussagen über Wahrnehmungsgrenzen besteht darin, daß Aussagen dieser Art immer eine durchschnittliche Sinneswahrnehmung betref-

³⁶Ein Knochenleitungshörer ist vom Prinzip her ein Lautsprecher, der über keine Membran verfügt, so daß er keinen Schall über die Luft abstrahlen kann. Er wird an den Schädel angelegt und überträgt so die Schwingungen direkt auf den Knochen.

fen. Eine in diesem Sinne durchschnittliche Wahrnehmung ist aber ein theoretisch berechnetes Konstrukt. Es wird sich kein Mensch finden lassen, dessen Sinnesfähigkeiten genau so sind, wie sie in der Physiologie beschrieben werden. Um von der Beobachtbarkeit relativ zu diesem Durchschnittsmenschen zu der Beobachtbarkeit für einen beliebigen Menschen zu gelangen, sind andere Annahmen und pragmatische Überlegungen notwendig, wie ich schon in meiner Einleitung ausgeführt habe.

Wie diese scheinbar widersprüchlichen Aspekte in van Fraassens Ausführungen zum Beobachtungsbegriff verständlich gemacht werden können, werden die folgenden Überlegungen zeigen.

Was beobachtbar ist, wird erstens dadurch bestimmt, ob es in den Anwendungsbereich für eine Theorie fällt und in einer empirischen Substruktur eines Modells dieser Theorie abgebildet wird.

Bei dieser Charakterisierung des Beobachtbaren entsteht sofort der Eindruck der Theorieabhängigkeit des Beobachtbaren. Schließlich bestimmt die Theorie, was beobachtbar ist. Dem würde van Fraassen vehement widersprechen. Was beobachtbar ist, ist für ihn theorieunabhängig. Es gibt objektive Grenzen des Beobachtbaren, die vor allem durch die Konstitution unserer menschlichen Sinnesorgane festgelegt sind. Die Grenzen sind da, unabhängig davon, was wir von ihnen wissen. Auch wenn wir uns immer auf irgendeine Theorie beziehen und unser Begriffsschema theoretische Überzeugungen widerspiegelt, wenn wir Aussagen über die Welt machen, bleibt die reale Welt immer dieselbe, egal, mit welcher Theorie wir uns ihr „näher“ kommen. Diese Komponenten in van Fraassens Philosophie - auf der einen Seite die Theorieabhängigkeit der Sprache, auf der anderen Seite die reale Welt - erzeugen eine Spannung, die es ihm nicht gelingt, aufzulösen: Denn wie die Welt „wirklich“ ist, vermag keiner zu sagen, wenn man van Fraassen folgt. Alle Aussagen sind immer geprägt von den jeweiligen, über die Welt vertretenen Theorien. Die Überzeugung, daß da dennoch eine reale, unveränderliche Welt ist, bekommt dadurch fast einen metaphysischen Anstrich. Auf der einen Seite sind wir als Menschen in dieser Welt verankert und sind so in unseren Wahrnehmungsmöglichkeiten ein für alle mal begrenzt; auf der anderen Seite vermögen wir diese Wahrnehmungsgrenzen nur mit Hilfe von Theorien zu beschreiben, für die wir nur im Bereich des Beobachtbaren Wahrheit reklamieren können.

Daß der Begriff der Beobachtbarkeit theorieunabhängig ist, folgt demnach allein aus der Identifizierung der Beobachtung mit Sinneswahrnehmung und der Annahme, daß die Sinneswahrnehmung als Teil unserer physiologischen Konstitution und

damit als Teil der unabhängigen Realität objektive Grenzen besitzt.

Die obige Charakterisierung der Beobachtbarkeit mit Rekurs auf den Anwendungsbereich von Theorien impliziert keine Theorieunabhängigkeit, sondern vielmehr das Gegenteil. Durch die Voraussetzung der Theorieunabhängigkeit ergibt sich für die Theorien zusätzlich die Forderung, daß die Bereiche, die jeweils als beobachtbar bestimmt werden, sich widerspruchsfrei ergänzen, d.h. daß alle Aussagen, die alle empirisch adäquaten Theorien über das Beobachtbare machen, konsistent sind. Ob daß wirklich der Fall ist, bezweifle ich. Zumindest ist es keine Bedingung, die per se erfüllt sein muß.

Der „hermeneutische Zirkel“ in der theorieabhängigen Bestimmung des Beobachtbaren, von dem van Fraassen sprach, kann also so verstanden werden, daß sich der Bereich, den unsere Theorien als Bereich des Beobachtbaren bestimmen, nach und nach, durch Verbesserungen der Theorien, dem Bereich des objektiv Beobachtbaren annähert, so daß bestenfalls irgendwann die beiden Begriffe zusammenfallen.

Die Spannung in van Fraassens Theorie wird vor allem durch die „Kluft“ zwischen Welt und Sprache erzeugt. Es ist also besonders aufschlußreich, wie er die Verbindung zwischen diesen beiden Bereichen herstellt, ohne daß durch die Theoriebeladenheit der Sprache die Objektivität der Beobachtung der realen Welt „infiiziert“ wird.

Eine pragmatische Theorie der Beobachtungssätze: Vereinfachend gesprochen ist hier eine theorieunabhängige Realität, dort eine Theorie, mit der wir diese Realität beschreiben. Die Theorie ist dabei formal eine Familie von Modellen. Alle unsere Theorien können in einer koordinaten- und kontextfreien Form dargestellt werden.³⁷ Auf was für reale Gegenstände sich Konstanten in diesen Modellen beziehen, welche realen Beziehungen Funktionen beschreiben sollen, wird durch die Theorie dann nicht festgelegt. Wenn die Theorie angewendet werden soll oder sobald mit ihrer Hilfe Aussagen über die Welt formuliert werden sollen, muß deshalb etwas zu der Theorie hinzukommen: „But to apply this body of science[...]or even to test it or use it to explain something, or add to it through research, the scientist or the scientific community must supply something extra, which does not come with that body of science, but serves to locate the user with respect to it.“³⁸ Wel-

³⁷ [vF93, S.7]: „The body of science, the totality of accepted scientific information, can in principle be written in co-ordinate free, context-independndent form.“

³⁸ibid.

chen Teil der Welt ein Modell einer Theorie repräsentiert, ist nicht von der Theorie festgelegt, sondern erfolgt, indem der Anwender sich in Bezug auf das Modell in der Welt lokalisiert.³⁹ Wo wir uns in Hinblick auf das Modell in der Welt lokalisieren, ist keine objektive Tatsache, sondern eine subjektive Entscheidung, wie van Fraassen weiter argumentiert.⁴⁰ Der Akt der eigenen Lokalisierung in Bezug auf ein Modell beinhaltet eine empirische Hypothese, die sich in einer Behauptung wie „Ich bin hier.“ äußert, die angezweifelt werden kann.

Er argumentiert wie folgt, daß die Theoriebeladenheit der Sprache keine Auswirkungen auf die Beobachtung als „objective touchstone of science“⁴¹ hat. Dafür bemüht er sich um eine pragmatische Theorie der Beobachtung, die sich aus folgenden Elementen zusammensetzt:

Keine Aussage ist theorie-neutral und epistemisch sicher.⁴² Van Fraassen verneint demnach die Existenz einer sogenannten Beobachtungssprache und somit von Beobachtungssätzen, die dadurch ausgezeichnet sind, daß ihr Wahrheitswert nur von Beobachtungen abhängig ist. Stattdessen erlernen wir das Äußern von Beobachtungssätzen durch Übung; in gewisser Weise ähnelt es einer Konditionierung. Die Verbindung von Beobachtung und Beobachtungssätzen ist demnach auf keinen Fall eine notwendige, a priori bestehende Verknüpfung.⁴³ Dennoch läßt sich ein Beobachtungssatz durch bestimmte Bedingungen als solcher klassifizieren:⁴⁴

'E' ist ein Beobachtungssatz, falls die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

1. Die Äußerung von 'E' ist symptomatisch für seine Wahrheit.
2. Wenn jemand 'E' äußert, dann scheint es ihm in dieser Situation so, als ob E.
3. 'E' ist der Bericht von dem Auftreten eines beobachtbaren Ereignisses, Prozesses oder Zustands, welcher die Gegenwart eines beobachtbaren Objektes mit einschließt.

³⁹ibid.: „we must locate ourselves with respect to that model.“

⁴⁰ [vF93, S.7ff.]. Van Fraassen diskutiert dabei Carnaps Ansatz. Durch formalisierte Festlegungen des Anwendungsbereichs innerhalb der Theorie gelangt man immer nur zu Festlegungen, die bis auf Isomorphien eindeutig sind.

⁴¹ [vF93, S.13].

⁴²In dieser Aussage hat van Fraassen vor allem die logischen Positivisten im Auge, die Beobachtungssätze als theorie-neutral charakterisierten. Ob van Fraassen auch rein logische Wahrheiten als nicht epistemisch sicher bezeichnen würde, bezweifle ich.

⁴³vgl. [vF93, S.15] und [vF80, S.56].

⁴⁴ [vF93, S.16].

4. Die Äußerung von 'E' spielt die Rolle einer selbstlokalisierenden Selbstzuschreibung für den Sprecher, in Hinblick auf ein bestimmtes Modell oder eine allgemeine Beschreibung der Welt. Beobachtungssätze sind also indexikalisch.

Mit der ersten Bedingung wird die notwendige Verknüpfung von Beobachtung und Beobachtungssatz ersetzt durch eine empirische Bedingung, daß eine hohe Korrelation zwischen einer Beobachtung und einer bestimmten Äußerung besteht. Gleichzeitig wird dadurch die Klassifizierung einer Äußerung als Beobachtungssatz theorieabhängig: Van Fraassen würde einen Satz wie „Phlogiston⁴⁵ flieht!“ nicht als einen Beobachtungssatz bezeichnen, da er ihn als nicht symptomatisch für seine eigene Wahrheit ansieht, da er nicht daran glaubt, daß Phlogiston existiert. Gleichzeitig hätte zu früheren Zeiten ein Anhänger der Phlogiston-Theorie diesen Ausruf berechtigterweise einen Beobachtungssatz nennen können.⁴⁶

Die dritte Bedingung fordert, daß die Grenzziehung zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem theorieunabhängig ist und damit ebenfalls unabhängig von der Äußerung von Beobachtungssätzen: „[...] [T]he question, whether the events described by 'E' are observable, is independent of the question whether its utterance is an observation report.“⁴⁷

Die Klassifizierung eines Satzes als Beobachtungssatz ist aber relativ zu dem Klassifizierer und dem Sprecher des Satzes und damit abhängig von den Theorien, die diese für wahr halten.

„Peter beobachtete, daß Phlogiston entkam.“

Die Äußerung von Peter klassifiziert Paul dann als Beobachtungssatz, wenn Peter den Begriff des Phlogistons besitzt und die Phlogiston-Theorie für wahr hält. Außerdem muß zum Zeitpunkt der Äußerung für Paul Feuer beobachtbar sein.

Bei diesen Erörterungen hadert man wieder mit der Kluft zwischen der Theorieunabhängigkeit der Beobachtbarkeit und der gleichzeitigen Theorieabhängigkeit der Klassifizierung eines Gegenstandes als beobachtbar. In der dritten Bedingung deutet das „beobachtbar“ zwar auf die objektive Festlegung des Beobachtbaren

⁴⁵Der Phlogiston-Theorie entstand zu Beginn des 18. Jahrhunderts. Ihr zufolge ist Phlogiston ein Bestandteil der Materie, der bei Verbrennung oder Verrostung entweicht. Sie wurde gegen Ende des 18. Jahrhunderts von der Oxidationstheorie abgelöst. Siehe auch Erläuterungen im Abschnitt 3.1.

⁴⁶Van Fraassen gesteht zu, daß der Satz auch heutzutage als Beobachtungssatz in einem abgeleiteten Sinne verstanden werden kann, wenn man zusätzlich annimmt, daß der Sprecher des Satzes an eine bestimmte Theorie glaubt, die seine Sätze in einer bestimmten Weise beeinflusst, seine Äußerungen aber zuverlässig sind.

⁴⁷ [vF93, S.17].

hin; aber soll die Frage beantwortet werden, ob ein Satz ein Beobachtungssatz ist, ist die dritte Bedingung genau dann für den Klassifizierenden erfüllt, wenn er den fraglichen Gegenstand als einen beobachtbaren bezeichnet. Sollte hier ernstlich auf das objektiv Beobachtbare rekurriert werden, wäre die Frage, ob etwas ein Beobachtungssatz ist, nicht beantwortbar. Daß das nicht in van Fraassens Sinne ist, machen seine Beispiele für Beobachtungssätze deutlich.

Implizite Theoriebeladenheit: Diese terminologische Kluft, als die sie von van Fraassen selbst bezeichnet wird, wird auch in der Auffassung deutlich, daß die Kennzeichnung eines Gegenstandes als beobachtbar theorieunabhängig ist; denn Sätze wie „ X beobachtete ein Phlogiston.“⁴⁸ sind rein extensional aufzufassen. Ob ein solcher Satz wahr ist, ist allein eine empirische Frage, nämlich abhängig davon, daß bestimmte Gegenstände, auf die sich das Wort „Phlogiston“ bezieht, für X in einem bestimmten Moment beobachtbar waren. Dafür muß weder X über die Phlogiston-Theorie verfügen, um Phlogiston zu beobachten, noch muß derjenige, der die Wahrheit des Satzes beurteilt, an diese Theorie glauben. Es genügt dazu, für einen Moment anzunehmen, daß sie wahr wäre, und unter dieser Annahme den Wahrheitswert des Satzes zu untersuchen.

An dieser Stelle zeigt sich auch, warum van Fraassen das Auftreten einer impliziten Theoriebeladenheit nicht behandelt: Die Feststellung, daß Sätze der Art „ X beobachtet Y .“ rein extensional sind, verbirgt die These, daß die Menge der beobachtbaren Gegenstände sinnvoll rein extensional beschrieben werden kann.⁴⁹

Sankey argumentiert aber in [San94, S.88 ff.] überzeugend, daß beispielsweise die Phlogistontheorie mit der Sauerstofftheorie ontologisch nicht kompatibel ist, d.h. insbesondere daß „Phlogiston“ nicht in die Sauerstofftheorie übersetzt werden kann. Ist die Referenz von „Phlogiston“ durch seine kausale Rolle festgelegt, dann gibt es kein Objekt der Sauerstofftheorie, das dieselbe kausale Rolle erfüllt. Wenn also X Phlogiston beobachtet, dann kann in unserer modernen Chemie zunächst nicht gesagt werden, was er genau beobachtete, ohne nicht den größeren theoretischen Zusammenhang zu verstehen, in dem Phlogiston in der Phlogistontheorie auftaucht. Insbesondere ist es nicht möglich, „Phlogiston flieht!“ in allen Fällen mit „Feuer!“ gleichzusetzen.

Am Beispiel der Begriffe „Sauerstoff“ und „entphlogistizierter Luft“ zeigt Sankey ausführlich, daß die Referenz der Begriffe nicht auf dieselbe Weise festgelegt ist,

⁴⁸Das Beispiel stammt von [vF93, S.19].

⁴⁹Auch in [?, S.411ff.] wird dies anhand des Phlogistonbeispiels diskutiert.

da sie sowohl theoretisch anders beschrieben werden als auch in ihren ostensiven Beschreibungen divergieren. Gleichzeitig sind diese Beispiele von Veränderungen der Referenz auf Begriffe höherer Ordnung, die Arten von Dingen bezeichnen, beschränkt.⁵⁰ Die Klassifizierung der Gegenstände in Arten ist sprachabhängig. Die Extension von einem Arten-Begriff wie „Sauerstoff“ oder auch „Planet“ ist demnach theorieabhängig. Folgt man der Argumentation Sankeys,⁵¹ dann macht es wenig Sinn, mit van Fraassen von *der* Realität zu sprechen, in der die Menge der beobachtbaren Gegenstände extensional klassifiziert werden kann. Die Menge der Einzeldinge der Welt verändert sich nicht, aber die Art und Weise, auf die diese gruppiert werden, ist theorieabhängig. Die implizite Theoriebeladenheit 2. Stufe kommt in speziellen Fällen zum Tragen und muß bei solchen Beispielen beachtet werden.

Ich argumentiere dafür, daß die Weise, wie die Klassifizierung der beobachtbaren Objekte in Arten von einer Theorie abhängig ist, eine wichtige Rolle spielt, um den Begriff der Beobachtbarkeit adäquat zu erfassen.⁵²

Die Klassifizierung eines Beobachtungssatzes ist demnach auf zweierlei Arten theorieabhängig: Handelt es sich um einen Satz wie „ X beobachtet Y .“, ist dieser Satz ein Beobachtungssatz, wenn der Klassifizierende den Gegenstand, den Y bezeichnet, als beobachtbar betrachtet. Auf welchen Gegenstand sich Y bezieht, ist abhängig von der Theorie, die der Klassifizierende über Y besitzt. In Abhängigkeit von dieser wird unter Umständen die Klassifizierung des Satzes als ein Beobachtungssatz unterschiedlich ausfallen. Bei einem Satz wie „ X beobachtet, daß p .“ ist die Klassifizierung des Satzes sowohl davon abhängig, was X für wahr hält, als auch von den Überzeugungen des Klassifizierenden. An dieser Stelle wirkt sich auch die explizite Theoriebeladenheit aus, da die Beschreibung „ p “ des beobachteten Sachverhalts theorieabhängig sein kann. Der Klassifizierende muß die theoretische Einstellung von X in Betracht ziehen, um zu wissen, auf welchen Sachverhalt sich „ p “ bezieht.

Beobachtungssätze sind also laut van Fraassen nicht auf notwendige Weise mit Beobachtungen verknüpft. Sie sind innerhalb einer Sprach- und Wissenschaftsge-

⁵⁰vgl. [San94, S.161 ff.].

⁵¹Hacking argumentiert in ähnlicher Weise in [Hac93], wie oben bereits dargestellt wurde. Auch in [Hoy01, ix ff.] wird auf historische Beispiele für Änderungen der Referenz hingewiesen.

⁵²Auch in [Hac93, S.307] findet sich der Gedanke, daß diese Art der Theoriebeladenheit es wert ist, weiter untersucht zu werden, da die Einteilung der Dinge in Arten für unser Wissen, das immer Verallgemeinerungen voraussetzt, entscheidend ist.

meinschaft als Evidenzen dafür zu bewerten, daß ein Phänomen stattgefunden hat. In einer solchen Gemeinschaft, in der ein Großteil der Überzeugungen miteinander geteilt wird, können Beobachtungssätze somit durchaus als Sätze charakterisiert werden, über deren Wahrheitswerte sich alle Mitglieder dieser Gemeinschaft mit hoher Wahrscheinlichkeit einig sind. Die Relativierung auf eine Wissenschaftsgemeinschaft und auf hohe Wahrscheinlichkeit sind aber unabdingbar. Aber wie van Fraassen abschließend bemerkt, besitzen wir keine Alternative zu ihnen als Basis unseres Wissens:

It is true that when I am forming and changing my opinion, I factor in what I classify as my own observation reports - and these are not epistemically secure foundations, they are full of empirical risk. Well, what would be the alternative? If we don't give in to a nostalgia for foundations, there is no alternative. And if there is no alternative, we can't very well be said to have any defect in our epistemic life because of that.

[vF93, S.20]

Rolle des theorieunabhängig Beobachtbaren: Der scheinbare Widerspruch zwischen den unterschiedlichen Charakterisierungen des Beobachtbaren bei van Fraassen ist dadurch also geklärt: Objektiv gibt es eine unveränderliche Grenze zwischen Beobachtbaren und Unbeobachtbaren, die durch die Leistungsfähigkeit unserer Sinnesorgane festgelegt ist.⁵³ Das, was als Beobachtbares in unseren Theorien auftaucht, und worauf Theorien angewendet werden, ist das, was wir gegenwärtig für beobachtbar halten, relativ zu einem gewissen Theoriengebäude, in dem wir beheimatet sind.

Eine gewisse Kluft bleibt bei van Fraassen so zwischen der Welt und unseren Theorien bestehen, denn wir können uns in unserer Selbstlokalisierung irren. Unsere Urteile, ob eine Theorie empirisch adäquat ist, können falsch sein, ebenso, wie unsere Meinungen darüber, wo die Grenze zwischen beobachtbar und unbeobachtbar verläuft. Es sind diese Meinungen und Urteile, auf die wir uns aber verlassen müssen und verlassen, wenn wir Aussagen über die Welt formen und Wissenschaft betreiben. Irgendwo ist eine Realität, in der die Grenze des Beobachtbaren exakt und unverrückbar für uns Menschen gezogen ist; ob diese Grenze mit der von uns gezogenen Trennlinie übereinstimmt, können wir aber nicht wissen. Dichter heran

⁵³vgl. [?, S.415].

kommen wir an die Realität nicht.

An dieser Stelle drängen sich zwei Fragen auf:

1. Was kümmert uns dann die objektive Grenze zwischen Beobachtbaren und Unbeobachtbaren?
2. Ist das Verhältnis von Beobachtung und Beobachtungssatz wirklich nur pragmatisch?

Angenommen, van Fraassens Beschreibung des Verhältnisses von Theorie und Welt ist angemessen, dann ergibt sich folgendes Bild: Woran wir unsere Theorien überprüfen, ist demnach nicht das objektiv Beobachtbare im van Fraassenschen Sinne, sondern das, was wir für das Beobachtbare halten. Welche Rolle spielt es dann, daß es eigentlich eine objektive, theorieunabhängige Grenze zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem gibt, wenn wir doch immer nur auf das zurückgreifen können, was wir für beobachtbar bzw. unbeobachtbar halten? Auch im empiristischen Sinne gewinnt das Beobachtbare nicht durch diese objektive Begrenzung als Prüfstein für Theorien, da wir niemals beim Überprüfen von Theorien auf das objektiv Beobachtbare rekurrieren.⁵⁴

Van Fraassen scheint eine gewisse Objektivität und Theorieunabhängigkeit der Beobachtbarkeit retten zu wollen, ohne aber irgendwelche spürbaren Konsequenzen dieser Eigenschaften auf die Wissenschaften aufzeigen zu können.

In meinen Augen scheint es demnach sinnvoller, sich den „Meinungen über das Beobachtbare“ zuzuwenden, mit denen allein wir es zu tun haben. Wie van Fraassen selbst feststellt, wäre ein Rationalitätsgebot, daß von uns zweifelfreie Sicherheit darüber verlangt, ob etwas beobachtbar ist oder nicht, ein Gebot, dem kein Mensch jemals entsprechen könnte. Umso entscheidender ist es, nach Bedingungen zu fragen, die das erfüllen muß und kann, was wir als Beobachtung *bezeichnen* und als Prüfstein für Theorien verwenden. Die dadurch einfließende Theorieabhängigkeit muß keine derart unterminierenden Folgen für die Grundlagen unseres Wissens besitzen, wie es der Begriff der „Theorie-Infiziertheit“ suggeriert.

Der pragmatische Gehalt in dem Verhältnis von Beobachtung zu Beobachtungssatz liegt allein darin begründet, daß wir unsere Theorien nur durch einen subjektiven Akt der Selbstlokalisierung auf die Welt anwenden können. Die Festlegung des An-

⁵⁴Dies wäre nur dann der Fall, wenn angenommen werden würde, daß unsere theorieabhängige Grenze zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem sich durch den wissenschaftlichen Fortschritt nach und nach der objektiven, theorieunabhängigen Grenze annähert. Diese Annahme scheint van Fraassen mancherorts zu machen. Sie folgt aber nicht von selbst aus seiner Argumentation.

wendungsbereichs einer Theorie beinhaltet ein irreduzibles pragmatisches Element in der ansonsten formalisierbaren Darstellung einer Theorie.⁵⁵ Es bedeutet die Ausschließung anderer isomorpher Anwendungsbereiche. Abgesehen von diesem pragmatischen Element ist die Verknüpfung von Beobachtung und Beobachtungssatz nicht willkürlich. Es ist deshalb vielleicht überspitzt von einer pragmatischen Theorie der Beobachtungssätze zu sprechen, wie dies van Fraassen tut.⁵⁶

Fazit: Auch wenn wir zunächst van Fraassen in allem folgen, auch in seinem objektiven Beobachtungsbegriff, scheint die wissenschaftstheoretisch interessante Unterscheidung zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem diejenige zu sein, die de facto gezogen wird, wenn Wissenschaft betrieben wird, und eben nicht die objektive Grenze in der Realität.

Doch van Fraassens Ansatz birgt tiefergehende Schwierigkeiten:

Van Fraassen hält daran fest, daß an sich eine eindeutige Grenze zwischen Beobachtbarem und Unbeobachtbarem gezogen werden kann, da die extensional beschreibbare Menge von Gegenständen, die wir mit unseren Sinnesorganen, deren Leistungsgrenzen objektiv sind, wahrnehmen können, immer dieselbe ist. Beide Argumente, die in der Position von van Fraassen enthalten sind, habe ich versucht zu widerlegen:

Was als beobachtbar bezeichnet wird, variiert mitunter in Abhängigkeit von den Theorien, da die Einzelgegenstände theorieabhängig in Arten klassifiziert werden und sich so die Referenz von Begriffen, die Arten bezeichnen, ändern kann. Damit ist die Menge von beobachtbaren Gegenständen nicht theorieunabhängig beschreibbar.

Beobachtung kann nicht mit Wahrnehmung ohne Hilfsmitteln gleichgesetzt werden, da viele wissenschaftlichen Beobachtungssituationen Hilfsmittel enthalten. Was als Beobachtung zählt, ist also ebenfalls theorieabhängig, wie in der bisherigen Arbeit ausführlich dargestellt wurde.

Van Fraassen leugnet zwar nicht die Theoriebeladenheit der Sprache, aber das Phänomen der impliziten Theoriebeladenheit, das die obige Theorieabhängigkeit der Klassifikation der beobachtbaren Objekte bewirkt.

Die Mißachtung von diesem Einfluß der Theorien auf die Beobachtung erklärt auch den größeren Graben zwischen Welt und Theorie, mit dem van Fraassen in seinem

⁵⁵Bei einer strukturalistischen Darstellung einer Theorie sind alle pragmatischen Elemente ebenfalls auf die Bestimmung des Anwendungsbereichs eines Theorie-Elementes beschränkt. Vgl. hierzu [Bal83, S.8] und [BMS87, S.XXV, S.88].

⁵⁶vgl. [vF93, S.14].

Ansatz zu kämpfen hat.

Aufgrund der obigen Überlegungen zur Theoriebeladenheit vertrete ich die These, daß man zum das Verständnis von Beobachtbarkeit eher verliert als gewinnt, wenn man auf eine theorieunabhängige Unterscheidung pocht. Vielmehr sind verschiedene Formen der Theoriebeladenheit notwendig, um die Rolle der Beobachtung in wissenschaftlichen Theorien und ihre Verbindung zu Beobachtungssätzen verstehen zu können. Ich werde mich deshalb nur noch mit der theorieabhängigen Unterscheidung des Beobachtbaren beschäftigen.

3.3 Stellenwert der Beobachtung

Durch die Theoriebeladenheit von Beobachtung ergibt sich zwar, wie die vorherigen Abschnitte gezeigt haben, die Möglichkeit, leichter eine Verbindung zwischen Beobachtung und Theorie herzustellen. Gleichzeitig birgt dieser Vorteil auch die Gefahr, daß der Unterschied zwischen Beobachtung und Theorie verwischt. Intuitiv sind Theorie und Beobachtung klar zu unterscheiden, und dies spiegelt sich auch in meiner Grundannahme wider, daß die Beobachtung eine ausgezeichnete epistemische Rolle spielt. Doch wie läßt sich diese begründen? In was besteht sie? Zunächst möchte ich einen Ansatz diskutieren, der Hansons Ausführungen entlehnt und an Wittgenstein orientiert ist.

Wie oben dargestellt, spielt die Beobachtung - Hansons Darstellung folgend - durch die Bindeglieder der begrifflichen Organisation des Sehens und der „Sehen, daß“-Sätze eine bestimmte Rolle innerhalb eines wissenschaftlichen Forschungsprozesses. Durch die starke Orientierung von Hanson an Wittgenstein liegt es nahe, die Bedeutung von Beobachtungen, von der Hanson spricht, gebrauchstheoretisch zu verstehen: Ähnlich wie die Bedeutung eines Wortes dessen Verwendung innerhalb eines Sprachspiels ist, ist die Bedeutung einer Beobachtung dessen Verwendung innerhalb eines „Forschungsspiels“. Durch die Rolle, die sie im Erkenntnisprozeß und in der Theoriebildung spielt, bekommt sie Bedeutung verliehen. So erklärt sich, daß eine Beobachtung von zwei Menschen in derselben Situation ganz unterschiedliche Auswirkungen haben kann, je nachdem, welche Rolle sie der Beobachtung in ihrem jeweiligen „Forschungsspiel“ zuweisen. Dieses Spiel legt demnach auch fest, was innerhalb des Spiels als eine Beobachtung zu werten ist und auf welche Art sie strukturiert wird. Die verschiedenen Begriffe von Beobachtung besitzen nur Familienähnlichkeit zueinander, auch wenn man auf einer dem Spiel überge-

ordneten Ebene gewisse Kriterien der Wissenschaftlichkeit angeben kann, die auch Folgen dafür haben, was allgemein als eine Beobachtung akzeptiert wird.⁵⁷ Dieser Erklärungsansatz beleuchtet das vorhin als implizite bzw. explizite Theoriebeladenheit 2. Stufe beschriebene Phänomen auf eine andere Weise und erscheint mir eine interessante Sichtweise auf Hansons Argumentation. Gleichzeitig bietet dieser Ansatz die Möglichkeit, die Unterschiedlichkeit von Beobachtungen zu verstehen und von der Idee loszukommen, Beobachtung mit notwendigen und hinreichenden Kriterien definieren zu müssen, um sinnvoll unterscheiden zu können, was als eine Beobachtung zählt und was nicht. Innerhalb eines Forschungsspiels erlernen die Teilnehmer dieses Spiels, meist innerhalb ihrer Ausbildung, an paradigmatischen Fällen von Beobachtung, was als Beobachtung zu zählen hat. Methoden und Hilfsmittel werden kennengelernt, mit denen Beobachtungen gemacht werden können, ebenso wie Kriterien, die an eine Beobachtung gestellt werden. Darüber hinaus gibt es auch übergeordnete Kriterien für Beobachtungen, die in einem größeren Rahmen festgelegt werden, in dem die Forschungsspiele eingebettet sind: Sie sind verbunden mit Kriterien für Wissenschaftlichkeit, wissenschaftlichen Fortschritt und mit Zielen der Wissenschaft.

In einer gewissen Hinsicht gibt diese gebrauchstheoretische Interpretation der Beobachtung die Realität des Forschungsbetriebes gut wieder. Dennoch erscheint es mir sinnvoll, nach konkreten Kriterien für den besonderen epistemischen Stellenwert der Beobachtung zu suchen, da alle Beobachtungen einige Eigenschaften gemeinsam haben. Diesen Kriterien gehe ich anhand von Ausführungen von Dudley Shapere nach.

Das Sonneninnere: Shapere betont in [Sha82] ebenfalls eine pragmatische Definition von Beobachtung, indem er die epistemisch ausgezeichnete Rolle, die die Beobachtung in der Wissenschaft spielt, als wichtiger gegenüber dem Wahrnehmungscharakter der Beobachtung hervorhebt. Dabei ist sein Ansatz zunächst mit der oben skizzierten „Großwetterlage“ von Hanson vereinbar. Beobachtung ist nach Shapere das, woran Hypothesen überprüft werden und was als sichere Basis für theoretische Überlegungen dient. Ob das in diesem Sinne Beobachtete mit bloßem Auge sichtbar ist oder nicht, ist dabei zweitrangig. Als einen exemplarischen Fall dieses erweiterten Beobachtungsbegriffs beschreibt Shapere die Beobachtung des

⁵⁷Letzteres deutet daraufhin, daß nicht in jeder Hinsicht eindeutig festgelegt werden kann, was als Beobachtung zu zählen ist und was nicht. Auf diesen Aspekt werde ich im letzten Kapitel nochmals eingehen.

Sonneninneren und führt aus, warum hier weder in einem falschen noch in einem bloß metaphorischen Sinne von Beobachtung gesprochen wird. An diesem Beispiel läßt sich verdeutlichen, was Beobachtungen ihre epistemische Bedeutung verleiht.

Das Sonneninnere emittiert Neutrinos, die mit einem geeigneten Rezeptor auf der Erde eingefangen werden können. Auch Photonen werden von der Sonne emittiert und können von Wissenschaftlern nachgewiesen werden. Aber sie unterliegen auf dem Weg vom Sonneninneren zur Oberfläche der Sonne so vielen Wechselwirkungen mit anderen Teilchen, daß sie sehr lang (etwa 100 000 bis 1 000 000 Jahre) brauchen, um die Oberfläche zu erreichen. Auf ihrem Weg dorthin werden sie so oft absorbiert und wieder emittiert, daß ihr ursprünglicher Strahlungscharakter und damit die Information, die sie tragen, drastisch verändert wird. Aufgrund der Vielzahl von Wechselwirkungen ist es sehr schwierig oder beinahe unmöglich, aufgrund eines auf der Erde nachgewiesenen Photons auf dessen ursprünglichen Zustand im Sonneninneren zu schließen. Neutrinos hingegen werden nur von der schwachen Wechselwirkung beeinflusst, so daß sie mit sehr großer Wahrscheinlichkeit unverändert lange Strecken überwinden und in ihrem ursprünglichen Zustand die Meßinstrumente auf der Erde erreichen. Aufgrund dieser schwachen Neigung zu Wechselwirkungen werden allerdings auch nur sehr wenige Neutrinos von den Detektoren der Wissenschaftlern nachgewiesen.

Dieser Unterschied zwischen Neutrinos und Photonen ist entscheidend, daß man im Falle der Sonnenneutrinos von Beobachtung spricht, im Falle der Photonen nicht. Denn von dem - in den Detektoren gemessenen - Zustand der Neutrinos kann mit großer Sicherheit auf ihren Zustand zum Zeitpunkt der Emission im Sonneninneren geschlossen werden. Sie erlauben sozusagen einen „Blick“ in die Sonne. Die Wechselwirkungen, die das informationstragende Teilchen auf dem Weg von Quelle zu Rezeptor erleidet, sind bekannt und nachvollziehbar. Die Photonen übertragen keine Information, weil sie auf eine nicht berechenbare und nicht bekannte Weise Wechselwirkungen unterliegen, so daß die Messungen auf der Erde keinen Rückschluß auf ihren ursprünglichen Zustand und damit auf Eigenschaften des Sonneninneren zulassen.

Im ersten Teil dieser Arbeit lautete eine notwendige Bedingung für Beobachtbarkeit wie folgt:

(B_2) Wenn X beobachtbar ist, dann gibt es Umstände, unter denen ein Y von einem Mitglied unserer epistemischen Gemeinschaft wahr-

genommen werden kann, das mit X durch eine Kette von physikalischen Wechselwirkungen verbunden ist, deren Beschreibung auf anderen Theorien oder Theorieteilen beruht als die Beschreibung von X .

In dieser Bedingung (B_2) findet sich der Aspekt wieder, den Shapere am Unterschied von Photonen und Neutrinos verdeutlicht. Mit einer „Kette von physikalischen Wechselwirkungen“ soll gerade ausgedrückt werden, daß mit Hilfe von Y und dem Wissen um diese Wechselwirkungen auf X geschlossen werden kann. Das Verhältnis von X und Y muß derart sein, daß man weiß, daß man *nur dann* Y beobachtet, wenn X .

Die Kette von physikalischen Wechselwirkungen, die zwischen X und Y besteht, muß demnach auf so etablierten Theorien beruhen und so gut untersucht sein, daß der Schluß von Y auf X gewährleistet ist. Je unsicherer man ist, ob wirklich immer X der Fall ist, wenn man Y wahrnimmt, desto unzuverlässiger ist die Beobachtung.⁵⁸

X und Y sind in meiner Bedingung bewußt unbestimmt gelassen. Wie werden sie bei Shapere konkreter beschrieben?

Rezeptor: Shapere spricht von Rezeptor anstelle von dem Y in meiner Bedingung. Was ist mit Rezeptor bei ihm gemeint?

Das Auge kann als Rezeptor für ein bestimmtes elektromagnetisches Spektrum aufgefaßt werden; mit bestimmten elektromagnetischen Wellenlängen finden Wechselwirkungen mit der Netzhaut des Auges statt. Shapere verallgemeinert nun dieses Konzept.

Ein Rezeptor ist danach alles, was auf irgendwelche physikalischen Wechselwirkungen⁵⁹ sensibel reagiert und sie nachweisen kann. Ob etwas ein geeigneter Rezeptor ist, muß demnach dadurch geklärt werden, ob die Wechselwirkungen zuverlässig nachweisbar sind und ob auf die Herkunft der Wechselwirkungen sichere Rückschlüsse gezogen werden können. Diese Fragen müssen von entsprechenden Theorien beantwortet werden, die die Nachweismethode und die Fehlerquellen des Rezeptors behandeln. Ein Rezeptor vermag ein Objekt nachzuweisen, wenn bestimmte Eigenschaften des Objektes abgebildet werden, die genügen, um das Objekt zu

⁵⁸Wie bereits erwähnt, entwickelt Suppe in [Sup89, S.122] einen ähnlichen Begriff von der Zuverlässigkeit der Beobachtung.

⁵⁹Shapere geht von der üblichen Einteilung in vier Sorten von Wechselwirkungen aus: die starke Wechselwirkung, die schwache Wechselwirkung, die elektromagnetische Wechselwirkung und die Gravitationskraft.

identifizieren. Deswegen würde ich verlangen, daß ein Rezeptor eine bestimmte Struktur in einer für den Menschen zugänglichen Form darstellt, die einer Struktur von X ähnlich ist.

Shapere spricht davon, daß der Rezeptor bestimmte Wechselwirkungen nachweisen kann. Letztendlich geht es aber natürlich darum, daß diese Wechselwirkungen derart empfangen werden, daß Schlüsse auf die Quelle der Wechselwirkungen möglich sind. Welcher Aspekt der elektromagnetischen Strahlung und mit welcher Genauigkeit er nachgewiesen werden muß, hängt davon ab, was die Quelle ist und welche Eigenschaften dieser Quelle von Interesse sind.

Am Beispiel des Mikroskopierens wird es vielleicht am deutlichsten, daß die Wahl eines geeigneten Nachweismittels, sprich Mikroskops, abhängig von der Struktur ist, die in dem fraglichen Objekt von Interesse ist: Ist es die Zellmembran oder ist es der Aufbau des Inneren der Zelle oder interessieren bestimmte Reaktionen in der lebenden Zelle? Je nach dem Zweck, der mit der Beobachtung verfolgt wird, wird sich die Untersuchungsmethode und die Wahl des Hilfsmittels unterscheiden. Mein obiges Y möchte ich deshalb nicht mit Shapere in Rezeptor übersetzen, weil es mir weniger um die zum Nachweis verwendete Apparatur geht als um das „Bild“, das diese Apparatur am Ende den Wissenschaftlern darbietet, seien es Signale, Zahlenwerte oder Grafiken. Es ist dieses Bild, was eine strukturelle Ähnlichkeit mit dem beobachteten Objekt X besitzen muß. Wird anstelle einer Strukturähnlichkeit nur eine Strukturerhaltung gefordert, ist der Fall nicht ausgeschlossen, daß alle Elemente von X auf ein und dasselbe Element in Y abgebildet wird. Dadurch könnte aber kaum relevante Information über das X gewonnen werden. Die Strukturähnlichkeit ist notwendig - auch wenn sie in Einzelfällen eine zu starke Forderung sein mag -, damit gewährleistet wird, daß Y Informationen über X enthält. Diese Ähnlichkeit, als Isomorphismus zwischen den Strukturen von Y und X verstanden, wird nur approximativ gefordert werden können. Denn schon der Strahlengang durch das Mikroskop, der die „Information“ vom Objekt zum Bild vermittelt, ist nur näherungsweise als eine lineare Abbildung zu beschreiben; viele Phänomene sind nur dadurch beschreibbar, daß dem Wellencharakter des Lichtes Rechnung getragen wird.

Vielleicht suggeriert „Struktur“ zu viel an dieser Stelle; oft ist es nur eine Größe des beobachteten Objektes, z.B. die Temperatur im Sonneninneren, die in einem linearen Verhältnis zu einer Größe des Bildes, z.B. der Anzahl der nachgewiesenen Neutrinos, stehen muß. In anderen Fällen wie der Lichtmikroskopie ist dagegen von einer Strukturähnlichkeit im eigentlichen Sinne zu sprechen.

Die epistemische Ausgezeichnetheit der Beobachtung: Ob etwas als ein Bild⁶⁰ eines Gegenstandes aufgefaßt wird, ist abhängig von dem Wissen, das die Strukturen des Bildes mit den abgebildeten Objektstrukturen verbindet. Die Wechselwirkungen zwischen dem Bild und dem Objekt müssen so gut bekannt sein, daß durch sie und mit Hilfe des Bildes relevante Eigenschaften des Objektes rekonstruiert werden können. Das Beispiel der Beobachtung von Sonnenneutrinos ist in meiner Terminologie ein Fall von impliziter und expliziter Theoriebeladenheit. Dabei darf die implizite Theoriebeladenheit die Zuverlässigkeit der Beobachtung nicht beeinträchtigen: Dies ist in der Forderung enthalten, daß die Wechselwirkungen zwischen Bild und Objekt auf gut etablierten Theorien beruhen und diese Theorien nicht gleichzeitig das Objekt selbst zum Gegenstand haben.

Die Beobachtungen in diesem Beispiel können auf unterschiedlichen Ebenen beschrieben werden: als Anzahl von nachgewiesenen Neutrinos, als gezählte Argon-Isotope⁶¹, als bestimmte Meßwerte auf einem Monitor oder eben als bestimmte Eigenschaften des Sonneninneren. Ebenso wie Hanson weist aber Shapere darauf hin, daß in der Wissenschaft normalerweise die voraussetzungsreichste Beschreibung gewählt wird: „For wherever possible in its attempt to extract new information, what sciences uses as background information is the *best* information it has available - speaking roughly and in an idealized way for present purposes, but nevertheless appropriately, information which has shown itself highly successful in the past, and regarding which there exists no specific and compelling reason for doubt.“⁶²

Die Beschreibung der Beobachtung ist dadurch natürlich anzweifelbar. Dennoch folgt aus der bloßen Möglichkeit, sie in Zweifel zu ziehen, kein guter Grund, es wirklich zu tun. Die Wissenschaft würde kaum zu neuen Erkenntnissen gelangen, wenn sie auf der sichersten Beschreibung einer Beobachtung verharren würde. Von Sätzen wie „Hier ist rot.“ ist nicht viel neue Erkenntnis zu erwarten. Und dies ist der Punkt, den Hanson machen möchte: Nur durch eine bestimmte Beschreibung ist es möglich, die Beobachtung in Beziehung zu anderen Beobachtungen zu setzen und in ein Theoriennetz auf eine bestimmte Weise einzubetten. Und nur auf diese Weise ist ein Erkenntnisfortschritt in den experimentellen Wissenschaften möglich. Zwar beeinträchtigt die explizite Theoriebeladenheit die Zuverlässigkeit der Beobachtung auf keine Weise, aber sie hat dennoch epistemische Auswirkun-

⁶⁰„Bild“ muß hier in einem weiten Sinne verstanden werden. Ich meine an dieser Stelle einfach das *Y* aus meiner Beobachtbarkeitsbedingung.

⁶¹Vereinfachend gesagt erlaubt ihre Anzahl Rückschlüsse auf die Anzahl der Neutrinos.

⁶²vgl. [Sha82, S.514].

gen. Eine theoriebeladene Beschreibung macht die inferentiellen Beziehungen zu anderen Aussagen der Theorie leichter sichtbar und ermöglicht eine direkte Anwendbarkeit der Theorie auf die Beobachtung.

Die epistemische Rolle der Beobachtung als Prüfinstanz für unsere Theorien basiert dadurch nicht darauf, daß Beobachtungssätze selbstevident und theoriefrei sind.

Ihre Bedeutung beruht vielmehr auf zwei Aspekten: Zum einen muß die Beobachtung von X zuverlässig sein. Die Verknüpfung von X und Y ist bekannt und theoretisch nachvollziehbar. Es gilt als sicher, daß Y nur dann mit einer bestimmten Struktur \mathcal{Y} wahrnehmbar ist, wenn X der Fall ist. Von Y wird zudem verlangt, daß es wahrnehmbar ist. Zum anderen stellen Beobachtungssätze eine Evidenz dafür dar, daß bestimmte Phänomene stattgefunden haben. Sie binden die Beobachtung in die bestehende Theorie inferentiell ein. Beobachtetes kann so theoretisch beschrieben werden und der Klärung von theoretischen Fragen dienen.

Shapere schlußfolgert, daß der wichtige Unterschied zwischen Beobachtung und Urteilen darin besteht, daß wir bei Urteilen begründete Zweifel anmelden können, während die Beobachtung auf Schlüssen beruht, denen wir vertrauen können.⁶³ Damit vergißt er, daß jede Beobachtung eine Wahrnehmung beinhaltet, über deren Gegenstand zu einem hohen Maße in einer Sprachgemeinschaft Einigkeit erzielt werden kann - auch wenn es die Wahrnehmung eines Bildes ist. Dieses Element der Wahrnehmung unterscheidet die Beobachtung ebenfalls von Urteilen und ist eine notwendige Bedingung dafür, etwas als Beobachtung zu bezeichnen. Ebenso ist es entscheidend, in welchem Verhältnis die „sicheren Schlüsse“ zu dem beobachteten Gegenstand stehen. Wie mehrfach hingewiesen, darf der beobachtete Gegenstand nicht Gegenstand der Theorien sein, die diese Schlüsse stützen. Dieses Verhältnis erzeugt erst das besondere Vertrauen in eine Beobachtung.

Fazit: Obige Überlegungen anhand von Shaperes Beobachtungsbegriff haben gezeigt, daß die Untersuchungen von Rezeptor und Quelle vernachlässigbar sind: Entscheidend für das Vorliegen einer Beobachtung ist, daß die Verbindung von einem X und einem Y durch bekannte physikalische Wechselwirkungen beschrieben wird, die eine gewisse Struktur \mathcal{X} in X erhält.⁶⁴ Die epistemische Ausgezeichnetheit der

⁶³vgl. [Sha82, S.517].

⁶⁴Oben sprach ich von Isomorphismus. Hier jetzt allgemeiner von einer strukturerhaltenden Abbildung, also einem Homomorphismus. Es sei darauf hingewiesen, daß die Surjektivität immer erzwungen werden kann, indem die Gegenstandsmenge Y auf das Bild $\phi(Y)$ beschränkt wird. Die Injektivität kann ebenfalls durch den Übergang zu Äquivalenzklassen erzeugt werden (s. Kapitel über Messung). Es macht aber auch Sinn, einen injektiven Homomorphismus zu fordern, da ein

Beobachtung beruht laut Shapere darauf, daß die Schlüsse, auf denen eine Beobachtung beruht, weniger anzweifelbar sind, als andere. Den Grad zu messen, zu dem ein Schluß aber anzweifelbar ist, verwickelt einen in unnötige Schwierigkeiten. Daß Beobachtungen gemeinhin als eine sichere Erkenntnisquelle gelten, beruht zum einen auf dem Wahrnehmungscharakter, der auch durch die Theoriebeladenheit nicht verloren geht: Bei jeder Beobachtung wird etwas mit den „bloßen“ Sinnen wahrgenommen, über das man sich intersubjektiv zu einem hohen Grad einig ist. Zum anderen gilt die Beobachtung als zuverlässig.

Mit diesen Überlegungen gelange ich jetzt zu folgender Abwandlung meiner bisherigen notwendigen Bedingung für Beobachtung:

(B_3) Wenn X beobachtbar ist, dann gibt es Umstände, unter denen ein Y mit einer Struktur \mathcal{Y}^{65} von einem Mitglied unserer epistemischen Gemeinschaft wahrgenommen werden kann, in das die Struktur \mathcal{X} von X strukturerhaltend abgebildet werden kann. Die strukturerhaltende Abbildung beschreibt näherungsweise eine Kette von physikalischen Wechselwirkungen, durch die X und Y miteinander verbunden sind. Deren Beschreibung beruht auf anderen Theorien oder Theorieteilen als die Beschreibung von X .

Diese Bedingung besitzt einige vage Begriffe, die kaum in einem allgemeinen Sinn konkretisiert werden können: Ob eine Abbildung „näherungsweise“ physikalische Wechselwirkungen beschreibt, wird vom Kontext abhängen; je nach Experiment werden unterschiedliche Abweichungen in der Beschreibung zulässig sein. Die Schwierigkeit, die theoretischen Begriffe der Struktur und der strukturerhaltenden Abbildung auf empirische Phänomene anzuwenden, wird im folgenden Kapitel noch genauer beleuchtet werden.

nicht injektiver Homomorphismus, der alle Gegenstände aus X auf ein und denselben Gegenstand aus Y abbildet, kaum Informationen über X übermitteln kann. Dies ist ein Extremfall; aber umso mehr verschiedene Gegenstände aus X auf ein und denselben Gegenstand in Y abgebildet werden, desto weniger Information über die Struktur von X kann übermittelt werden, desto weniger erfüllt der Homomorphismus also die gewünschte Aufgabe.

⁶⁵Unter einer Struktur \mathcal{S} ist hier ein Tupel $\langle S; R_1, \dots, R_n; f_1, \dots, f_m \rangle$ zu verstehen, bestehend aus einer nichtleeren Menge S von Objekten, hier Elemente von X , einer Folge R_1, \dots, R_n von Relationen auf S und einer Folge f_1, \dots, f_m von Funktionen.

Kapitel 4

Abgrenzung der Beobachtung

Auch wenn ich im vorherigen Kapitel festgestellt habe, daß „Beobachtung“ kaum exakt definiert werden kann noch muß, interessiert mich im Folgenden, inwieweit sich Beobachtung in der Wissenschaft von anderen wissenschaftlichen Tätigkeiten abgrenzen läßt, d.h. ob sich gewisse hinreichende Kriterien für Beobachtungen angeben lassen. Im Vordergrund dieser Überlegung steht die Messung, als dessen Spezialfall die Beobachtung häufig angesehen wird. Ob eine Definition der Beobachtbarkeit mit Hilfe des Begriffs der Messung gelingen kann, soll im ersten Abschnitt untersucht werden. Im zweiten Abschnitt beschreibe ich beispielhaft Grenzfälle der Beobachtung und untersuche, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, um auch in solchen Fällen weiter von Beobachtung sprechen zu können.

4.1 Beobachtung oder Messung

Vieler Orten wird das Thema der Beobachtung damit beiseite gelegt, daß Beobachtung als Spezialfall des Messens erklärt wird. Eine große Anzahl von Philosophen beschreibt die menschlichen Sinnesorgane als Meßapparaturen, die für bestimmte Reize empfänglich sind.¹ Was beobachtbar ist, muß dann die jeweilige Theorie klären, die diese Reize und ihre Wechselwirkungen mit den Sinnesorganen behandelt. Die Grenze des Beobachtbaren ist demnach theorieabhängig und verschiebt sich mitunter zusammen mit unserer Vorstellung von unserer Sinneswahrnehmung. Unbeobachtbar ist demzufolge das, was nicht mit unseren Sinnesorganen meßbar ist.

Ich möchte an dieser Stelle der Frage nachgehen, inwieweit diese Unterordnung der

¹Man findet diesen Ansatz sowohl bei van Fraassen, z.B. in [?, S.415], bei Shapere [Sha82, S.505] oder bei [Sk185, S.3].

Beobachtung unter den Fall der Messung zulässig ist. Zunächst wende ich mich dem axiomatisierten Meßbegriff zu, dann dem physikalischen.

4.1.1 Grundlage des Messbegriffs

In dem Werk *Foundations of Measurement* beschreiben Krantz et al. die Messung wie folgt:

When measuring some attribute of a class of objects or events, we associate numbers (or other familiar mathematical entities, such as vectors) with the objects in such a way that the properties of the attribute are faithfully represented as numerical properties.

[Kra71, S.1]

Die Messung beruht also auf einer Verknüpfung von empirischen Gegenständen mit Zahlen, so daß bestimmte Eigenschaften der Gegenstände durch arithmetische Eigenschaften angemessen repräsentiert werden. Bei genauerer Untersuchung stellt sich heraus, daß diese Verknüpfung ein Homomorphismus² zwischen einer empirischen Struktur $\mathcal{E} := \langle E, \prec, \circ_E \rangle$ und einer numerischen Struktur $\mathcal{M} := \langle M, \leq, \circ_M \rangle$ sein muß. Dieser Homomorphismus ist im Allgemeinen nicht injektiv, da es vorkommen kann, daß zwei empirische Gegenstände nicht identisch sind, aber die ihnen zugeordnete Zahl dieselbe ist (z.B. die Länge).³ Der Meßprozeß entspricht der Konstruktion eines solchen Homomorphismus.

Bestimmte empirische Gegenstände, als Gegenstandsmenge einer empirischen Struktur zusammengefaßt, sind also genau dann meßbar, wenn die empirische Struktur sich homomorph in eine numerische Struktur einbetten läßt. Die Theorie der Messung bemüht sich deshalb um das Aufstellen eines Axiomensystems, das die empirische und die numerische Struktur erfüllen müssen, so daß die Existenz und Eindeutigkeit eines solchen Homomorphismus garantiert ist.

Der numerischen Struktur muß unter anderem eine wohlgeordnete Menge zugrunde liegen, und sie muß das Archimedische Axiom erfüllen: Alle Elemente der Menge müssen also miteinander vergleichbar sein, und für je zwei beliebige Elemente a, b

²Hier versteht man unter Homomorphismus eine Abbildung $\phi : \mathcal{E} \rightarrow \mathcal{M}$, so daß gilt: $\phi(a \circ_E b) = \phi(a) \circ_M \phi(b)$, wobei \circ_E eine Verknüpfung auf der Struktur \mathcal{E} ist und \circ_M eine Verknüpfung auf \mathcal{M} , und $a \prec b$ gdw $\phi(a) < \phi(b)$.

³Es ist möglich, zu einem injektiven Homomorphismus zu gelangen, indem man anstelle der Gegenstandsmenge E die Menge der Äquivalenzklassen E/\approx betrachtet. Die durch $\phi'([a]) := \phi(a)$ definierte Abbildung ist dann ein Isomorphismus zwischen den beiden Strukturen \mathcal{E}/\approx und \mathcal{M} .

gibt es ein $n \in \mathbf{N}$, so daß $na > b$ gilt. Mit diesen Anforderungen ist man bereits auf die Menge der reellen Zahlen festgelegt.⁴ Ob die darauf definierte Verknüpfung nun die Multiplikation, Addition oder auch der Logarithmus ist, ist eine Frage der Konvention.

Probleme treten bei der empirischen Struktur auf, deren Gegenstandsmenge ebenfalls das Archimedische Axiom⁵ erfüllen muß. Außerdem muß die empirische Struktur (rechts)lösbar sein, d.h. zu $b \prec a$ gibt es $d \in E$, so daß $a = b \circ_E d$.

Probleme der Meßtheorie: An dieser Stelle treten einige Probleme auf, die für meine Untersuchung interessant sind: Der theoretische Begriff der empirischen Struktur „reibt“ sich an der Realität. Mathematische Axiome sollen gleichzeitig empirisch überprüfbare Hypothesen sein. Ein erstes Problem ist die Aufstellung der empirischen Relation \prec , die oftmals nicht als beobachtbare Relation zwischen zwei Objekten betrachtet werden kann, sondern als Disposition der Objekte, sich so und so zueinander zu verhalten: „Ein Stab a überragt einen Stab b , wenn sie aneinandergelegt werden.“ bedeutet nicht unbedingt, daß die beiden Stäbe tatsächlich aneinandergelegt werden - dies ist im Fall einer extremen Länge vielleicht gar nicht möglich -, sondern daß die Stäbe die „Disposition“ besitzen, einander zu überragen, falls man sie aneinanderlegen würde.⁶ Ein zweites Problem taucht durch Meßfehler auf:⁷ Es wird beispielsweise Situationen geben, in denen bei einzelnen Messungen eine Reihe von Objekten a_1, \dots, a_n jeweils äquivalent zueinander sind, aber daß $a_1 \prec^8 a_n$ gemessen wird. Dadurch wäre die Transitivität der Äquivalenzbeziehung verletzt, wodurch die Theorie der Messung in diesem Anwendungsfall als falsch betrachtet werden müßte. Dies geschieht aber in den meisten Fällen nicht, da mit solchen Fehlern gerechnet wird und die Theorie (beispielsweise die Längenmes-

⁴Das ist etwas lax formuliert: Niederée weist darauf hin, daß der Begriff der reellen Zahl und der Meßbegriff eng miteinander verknüpft sind und eine Vorstellung von den reellen Zahlen nicht ohne einen Meßbegriff denkbar ist.

⁵Um hinreichende und notwendige Bedingungen für die Existenz eines Homomorphismus zu erhalten, muß das Archimedische Axiom durch das stärkere Axiom der *Differenzen-Archimèdie* ersetzt werden; dies findet sich z.B. ausführlicher bei [Nie92, S.41].

⁶vgl. [Nie92, S.50]. Niederée weist darauf hin, daß Carnap dieses Problem löste, indem er den theoretischen Term des „größer als“ durch ein Beobachtungsprädikat „zum Zeitpunkt t größer als“ ersetzt: Der theoretische Term ist dann definierbar durch: für alle t : wenn a zum Zeitpunkt t größer als b ist, dann gilt auch a ist größer als b . Unter der Annahme idealer Bedingungen wäre dieses Problem allerdings relativ harmlos.

⁷Darauf weisen [Kra71, S.27] und [Nie92, S.51 ff.] hin. [Kra71] hat dabei besonders die systematischen Fehler im Auge.

⁸Es wäre korrekter, auch hier den Vergleich der beiden Objekte auf einen Zeitpunkt zu relativieren. Es handelt sich schließlich nicht um ein theoretisches „größer als“; hier wären solche Fehler nicht möglich.

sung) etabliert ist. Dennoch müssen diese Fehler in die Theorie miteingebunden werden: Auf der einen Seite bemüht man sich um eine allgemeine Fehlertheorie, die mit solchen auftretenden Inkonsistenzen umgehen kann; auf der anderen Seite versucht die Theorie des jeweiligen Anwendungsbereichs der Messung, den Fehler so zu verstehen, daß er vermeidbar wird und eine „fehlerfreie“ Messung erreicht wird.

Bei Betrachtung dieser Probleme, die die Anbindung der theoretischen Begriffe an die Realität betreffen, ist prinzipiell festzustellen, daß eine empirische Struktur nur dann bestimmte Axiome erfüllen kann, wenn man sich auf ein theoretisches Konzept des Vergleichens und Verknüpfens von Gegenständen bezieht. Niederée sagt dazu, daß man „dem, was dort mit 'empirischer Struktur' angesprochen wird, eine Art von ontologischen 'Schwebezustand' zuschreiben müsse[n], der von beiden soeben genannten Idealen, dem der Beobachtbarkeit und dem der theoretischen Relevanz, in unterschiedlichem Grade weit entfernt sein kann.“⁹ Eine naiv-empiristische Interpretation dieses Begriffes stände schon entgegen, daß die Struktur aufgrund des archimedischen Axioms und des Lösbarkeitsaxioms sehr reichhaltig, d.h. unendlich sein muß. Empirisch hat man es aber in den meisten Fällen nur mit endlichen Objektmengen zu tun.

Verhältnis zur Beobachtung: Zunächst fällt auf, daß bei der Untersuchung des Meßbegriffs die Beobachtung vorausgesetzt wird. Die empirische Struktur wird aufgrund von beobachtbaren Objekten und beobachtbaren Verhältnissen zwischen diesen Objekten konstruiert. Doch dieser Hinweis ist noch nicht unbedingt ein Argument dafür, daß Beobachtung nicht mit Hilfe von Messung definierbar ist: Es ist möglich, daß sich Messung und Beobachtung, besonders in neuen Anwendungszusammenhängen, ausgehend von intuitiven, vagen Begriffen, gegenseitig spezifizieren und definieren. So verweist [Nie92] darauf, daß es häufig bei neuen Anwendungen so ist, daß „weder die Theorie der Messung vorgängig [ist], noch, umgekehrt, die Messung der Theorie, sondern beide [...] gleichsam Hand in Hand [gehen]“.¹⁰ Es ist also analog denkbar, daß man sich einer neuen Anwendung mit einem intuitiven Begriff der Beobachtung und einer ersten Meßtheorie nähert. Tauchen dann Inkonsistenzen in der Meßtheorie auf, kann zum einen der Begriff der Beobachtung in dem neuen Anwendungsbereich spezifiziert werden oder zum anderen die Meßtheorie abgeändert werden. Doch stellt sich weiterhin die Frage, ob diese Spezifizierung des Beobachtungsbegriffs in einem Anwendungsbereich mit Hilfe des

⁹ [Nie92, S.56].

¹⁰ [Nie92, S.53]. „Theorie“ meint hier Meßtheorie.

Meßbegriffs erfolgt.

Betrachten wir vor einer genaueren Untersuchung des Verhältnisses zwischen Messung und Beobachtung die Bedingung für Beobachtbarkeit in ihrer bisherigen Formulierung:

(B_3) Wenn X beobachtbar ist, dann gibt es Umstände, unter denen ein Y mit einer Struktur \mathcal{Y} ¹¹ von einem Mitglied unserer epistemischen Gemeinschaft wahrgenommen werden kann, in das die Struktur \mathcal{X} von X strukturerhaltend abgebildet werden kann. Die strukturerhaltende Abbildung beschreibt näherungsweise eine Kette von physikalischen Wechselwirkungen, durch die X und Y miteinander verbunden sind. Deren Beschreibung beruht auf anderen Theorien oder Theorieteilen als die Beschreibung von X .

Als Gemeinsamkeit von Messung und Beobachtung taucht zunächst Folgendes auf: Das Messen kann als das „Finden“ eines Homomorphismus zwischen zwei Strukturen bezeichnet werden. Ebenso wird X beobachtet - (B_3) folgend - , wenn es eine strukturerhaltende Abbildung zwischen X und einem Y gibt, die bekannte physikalische Wechselwirkungen beschreibt. Sowohl bei der Messung als auch bei der Beobachtung finden sich strukturerhaltende Abbildungen zwischen Strukturen. Die Unterschiede zur Beobachtung bestehen nun aber darin, daß

1. die Struktur \mathcal{Y} keine numerische Struktur sein muß. In den meisten Fällen wird es eine empirische Struktur sein, da gefordert wird, daß Y wahrnehmbar ist. Eine Ordnungsrelation muß nicht unbedingt Teil der beiden Strukturen sein.
2. die strukturerhaltende Abbildung physikalische Wechselwirkungen beschreibt. Die Abbildung muß Gegenstand von Theorien sein, die die Wechselwirkungen zwischen X und Y betreffen, ohne daß X selbst Gegenstand dieser Theorien ist.

Aus dem Unterschied (1) ergibt sich als unmittelbare Konsequenz, daß die empirischen Strukturen \mathcal{X} und \mathcal{Y} im Falle der Beobachtung nicht so weitgehende Forderungen erfüllen müssen wie im Falle der Messung: Weder das archimedische Axiom noch ein Lösbarkeitsaxiom müssen von diesen Strukturen erfüllt werden.

¹¹Unter einer Struktur \mathcal{S} ist hier ein Tupel $\langle S; R_1, \dots, R_n; f_1, \dots, f_m \rangle$ zu verstehen, bestehend aus einer nichtleeren Menge S von Objekten, hier Elemente von X , einer Folge R_1, \dots, R_n von Relationen auf S und einer Folge f_1, \dots, f_m von Funktionen.

Das folgt auch aus der Tatsache, daß die Objektmenge der Struktur nicht unbedingt geordnet sein muß: Es muß keine Ordnung auf der Struktur definiert sein. Die Auswahl der Gegenstandsmenge und der Relationen auf der Struktur ist durch die Theoriebeladenheit im Falle der Beobachtung festgelegt. Wenn die Theoriebeladenheit durch ein bestimmtes Instrument in die Beobachtung hineingelangt, ist es so, daß die Funktionsweise des Instrumentes festlegt, welche Struktur sichtbar wird.

Am erst genannten Unterschied wird dennoch ersichtlich, daß es durchaus Beispiele dafür gibt, daß die Begriffe „Messung“ und „Beobachtung“ zusammenfallen: Im Bereich der Hilfsmittel unterstützten Wahrnehmung, in dem gemessene Daten visualisiert werden oder sie selbst Evidenz für ein bestimmtes Phänomen oder Objekt sind, kann mit gutem Grund sowohl von einer Messung als auch einer Beobachtung gesprochen werden. In diesen Fällen besitzt das wahrgenommene Y eine numerische Struktur oder seine Struktur ist die Visualisierung einer numerischen Struktur.

Auch der Unterschied (2) löst die Beobachtung von einer rein mathematischen Beschreibung: Ob eine strukturerhaltende Abbildung zwischen X und Y existiert, muß Gegenstand einer entsprechenden empirischen Theorie sein. Es ist nicht wichtig, ob sich eine strukturerhaltende Abbildung - mathematisch betrachtet - finden läßt: Entscheidend ist, ob eine bekannte Theorie diese Abbildung zwischen X und Y bereitstellt und diese Abbildung physikalische Wechselwirkungen angemessen beschreibt. In gewisser Weise ist die Möglichkeit, überhaupt einen solchen Homomorphismus zu finden, natürlich Voraussetzung dafür, daß eine Theorie eine solche Abbildung enthalten kann: Aber da die von der Theorie beschriebene Abbildung von bestimmten idealen Randbedingungen ausgeht und bestimmte Parameter unberücksichtigt läßt, muß die wirklich beobachtete Struktur nicht unbedingt mathematisch gesehen in eine andere Struktur Y einbettbar sein. Hier findet sich das Problem aus der Meßtheorie wieder, in welchem Verhältnis die Realität - der reale Gegenstand und die realen Beziehungen zwischen den Gegenständen - zu dem theoretischen Begriff der Struktur steht. Aber das Problem zeigt sich hier an einer anderen Stelle: Die physikalische Theorie, die die Wechselwirkungen zwischen X und Y beschreibt, sei es die Theorie der Bildentstehung bei Mikroskopen oder eine Theorie über Sonnenneutrinos, macht bestimmte idealisierte Annahmen und läßt manche Phänomene in ihrer Beschreibung unberücksichtigt. Durch die Anwendung dieser Theorie auf das konkrete X wird angenommen, daß die Beobachtungssituation von X derart ist, daß eine Anwendung der Theorie zulässig ist; es wird damit

vorausgesetzt, daß das Verhältnis von X und Y einen Anwendungsfall für die Theorie darstellt. Die Anwendbarkeit der Theorie auf diesen Fall legt mithin also fest, welcher Art \mathcal{X} und \mathcal{Y} sein müssen und in welchem Sinne dafür Idealisierungen vorgenommen werden. An die Strukturen \mathcal{X} und \mathcal{Y} werden also nicht durch eine Theorie der Beobachtung bestimmte Bedingungen gestellt, die diese zu erfüllen haben, wenn etwas als beobachtet gelten soll, sondern allein durch die Theorie, die die Wechselwirkungen zwischen den beiden Strukturen beschreibt.

Fazit: Es ist deutlich geworden, daß der Meßbegriff nicht unabhängig von einem Beobachtungsbegriff definiert werden kann. Sollte „Beobachtung“ durch Rekurs auf „Messung“ definiert werden, kann es sich nur um eine wechselseitige Definition handeln, die über mehrere Stufen verläuft. Daß sich Beobachtung als Spezialfall der Messung definieren läßt, scheint aber aufgrund der oben aufgelisteten Unterschiede nicht ad hoc möglich, da die Beobachtung nicht an eine numerische Darstellung gebunden ist. Dadurch müssen die beobachtbaren Strukturen nicht so starke Forderungen erfüllen, wie dies im Fall meßbarer Strukturen der Fall ist. Daß in speziellen Fällen „Messung“ und „Beobachtung“ zusammenfallen bzw. die beiden Begriffe nicht zu unterscheiden sind, ist dadurch trotzdem nicht ausgeschlossen. Der zweite Unterschied, den ich oben aufgelistet habe, wiegt nicht so schwer: Schließlich ist es in der Praxis des Messens ebenfalls so, daß es ein Instrument geben muß, daß physikalische Informationen in Zahlen „umwandelt“. In diesem Meßinstrument entspricht dem repräsentierenden Homomorphismus ebenfalls eine Kette von physikalischen Wechselwirkungen, die bekannt sein muß, wenn man zuverlässig etwas messen möchte. Dieser Unterschied zwischen Messung und Beobachtung wird also vor allem deshalb erzeugt, daß ich zunächst einen axiomatischen Zugang zur Messung gewählt habe, der auf einer höheren theoretischen Ebene anzusiedeln ist als der Beobachtungsbegriff. Deshalb wende ich mich im folgenden Abschnitt dem physikalischen Verständnis von Messung zu: Was ist laut der Physik meßbar? Es ist zu prüfen, inwieweit eine physikalische Annäherung an den Meßbegriff und die Grenzen des Meßbaren hilfreich ist für eine Definition des Beobachtbaren.

4.1.2 Physikalischer Messbegriff

Ist alles Beobachtbare meßbar? Oder gibt es etwas, was nicht meßbar, aber dennoch beobachtbar ist? Im letzten Kapitel bin ich durch die Untersuchung des Beob-

achtbarkeitsbegriffs von van Fraassen zu dem Ergebnis gekommen, daß eine theorieunabhängige Unterscheidung von Beobachtbarem und Unbeobachtbarem nicht wissenschaftstheoretisch relevant ist. Van Fraassen sei noch ein weiterer Annäherungsversuch an die Beobachtung gestattet: In [vF80] beschreibt er die Beobachtung als „special subspecies of measurement.“¹² Messung selbst betrachtet er als eine spezielle Klasse von physikalischen Wechselwirkungen. Zu diesem physikalischen Meßbegriff möchte ich - den axiomatisierten Meßbegriff im Hinterkopf - an dieser Stelle ein Wort verlieren.

Alle Messungen in der klassischen Physik sind auf Messungen von wenigen Basisgrößen wie Ort und Zeit zu reduzierbar.¹³ Demnach sind alle die Größen meßbar, die allein Funktionen von Ort und Zeit sind.

Im Kapitel über die Theoriebeladenheit der Beobachtung habe ich festgestellt, daß ein und dasselbe Objekt unterschiedlich wahrgenommen werden kann. Dieser Unterschied ist beobachtbar, aber nicht meßbar, denn das unterschiedlich beobachtete Objekt besitzt in beiden Fällen zur selben Zeit dieselben Ortskoordinaten. Doch so leicht ist ein Anhänger dieser Beobachtungstheorie nicht durch ein Gegenbeispiel zu überzeugen, sondern hat sofort eine Erwiderung bereit: „Es gibt zwar keinen meßbaren Unterschied im Objekt, aber einen meßbaren Unterschied in der Wahrnehmung der beiden Beobachter. Augen sind Meßapparate; und wenn die Beobachtung verschieden ist, müssen die Augen auch etwas Unterschiedliches messen.“ Doch kann man das Auge wirklich als Meßapparat beschreiben?

Das Auge als Meßapparat: Das Auge wird gern als ein Meßapparat bezeichnet, der analog zu physikalischen Meßinstrumenten Reize „mißt“. Wie genau dies geschieht und inwieweit die Analogie trägt, wird selten in diesem Zusammenhang erwähnt. Was passiert im Auge? Ist es als eine Messung beschreibbar?

Das Auge als Meßapparat vollständig zu beschreiben, setzt voraus, daß alle qualitativen Unterschiede auf quantitative Unterschiede reduzierbar sind: Die unbewußte Selektion von Sinneseindrücken aufgrund von Erfahrungen muß ebenso in numerische Verhältnisse zu übersetzen sein wie die Bevorzugung bestimmter Reize durch das Gehirn. Ich stehe einem derartigen Vorhaben skeptisch gegenüber, da zum

¹² [vF80, S.59]. Inwieweit diese Ansicht mit der Gleichsetzung des Beobachtbaren mit dem direkt Wahrnehmbaren vereinbar ist, die van Fraassen zu Beginn von [vF80] macht, ist fragwürdig. Hier scheint er nach den Grenzen des Beobachtbaren zu suchen, die uns von der gegenwärtigen Physik vorgegeben sind.

¹³Es sei darauf hingewiesen, daß es so etwas wie „Fundamentalmessungen“ nicht gibt, d.h. Messungen von fundamentalen Größen, auf die alle anderen Messungen reduziert werden können. „Ort“ und „Zeit“ als fundamentale Messungen auszuwählen, ist Konvention.

einen eine derartige vollständige Beschreibung des Sehvorganges nicht in Sicht ist und zum anderen nicht dieser im nachhinein analysierte Seheindruck Teil unseres Bewußtseins ist. Es ist deshalb schwierig, wenn nicht unmöglich, in einem philosophisch relevanten Sinne von dem Auge als einem Meßapparat zu sprechen: Dem uns bewußten Seheindruck können wir uns kaum adäquat nähern, wenn wir ihn als Messung der von der Umwelt ausgesendeten elektromagnetischen Reize beschreiben. Sinnvoller ist es, ihn als gegeben vorauszusetzen und seine gegebene Struktur mit Hilfe des Begriffs der Theoriebeladenheit zu beschreiben.

Die tiefergehende Frage dahinter ist allerdings, ob die implizite Theoriebeladenheit der Beobachtung auf meßbare, extensive Unterschiede reduziert werden könnte. Da aber unsere bewußte Beobachtung auch mit Hilfe der impliziten Theoriebeladenheit beschrieben werden muß und ich bezweifle, daß sie durch weitere physiologische Forschung diesen Charakter so schnell verliert, gibt es gute Gründe, die Gleichsetzung der Augen mit einem Meßapparat als ungenügend zurückzuweisen.

Oft wird der Beobachtungsbegriff in dem Sinne erweitert, daß man wie folgt argumentiert: Das Auge ist ein Meßapparat für elektromagnetische Reize. Vereinfacht gesagt sind solche Messungen elektromagnetische Wechselwirkungen. Ein erweiterter Begriff der Beobachtung betrifft jetzt nicht mehr nur solche Wechselwirkungen, sondern alle bekannten Arten von Wechselwirkungen mit einem geeigneten Meßinstrument. Dies ist auch die Linie der Argumentation von Shapere. Teilt man nun meine Einschätzung, daß das Auge nicht - auf jeden Fall nicht in einem philosophisch verwertbaren Sinne - als Meßinstrument bezeichnet werden sollte, wird auch diese einfache Erweiterung des Beobachtungsbegriffs hinfällig.

Fazit: Wird Beobachtung als ein Spezialfall des Messens verstanden, findet eine physikalistische Vereinfachung des Phänomens der Beobachtung statt. Zwar entspricht unser Auge in gewisser Weise einem Nachweisgerät für elektromagnetische Wellen, doch ist diese Eigenschaft nur bedingt dazu geeignet, das Besondere der Beobachtung näher zu bestimmen. Bei der Beschreibung der Beobachtung macht es wenig Sinn, sich zu fragen, was auf der Ebene der Netzhaut und der Sinnesnervenzellen stattfindet, sondern entscheidend ist der Seheindruck, der uns bewußt ist. Auf dieser Ebene hat eine strukturelle Anordnung und Betonung bestimmter phänomenaler Aspekte bereits stattgefunden. Für ihre Genese muß sich die Biologie interessieren; nicht die Philosophie. Sie kann die besondere Beschaffenheit des Seheindrucks konstatieren und begrifflich als Theoriebeladenheit zum Ausdruck bringen. Schließlich ist dieser Seheindruck die Beobachtung, die in der Wissen-

schaft eine Rolle spielt, und nicht irgendwelche Reizungen von Sinnesnervenzellen. Es macht demnach auch wenig Sinn, sich des Problems der Beobachtung dadurch zu entledigen, daß man Beobachtung auf alle Phänomene ausweitet, bei denen Rezeptoren irgendwelche physikalischen Wechselwirkungen von einer Quelle nachweisen. Denn auch diese Rezeptoren sind, analog zu den Augen, nicht unabhängig von Menschen von Bedeutung, die das, was der Rezeptor nachweist, wahrnehmen, einordnen und zu der Quelle in Beziehung setzen können. Das anthropozentrische Element der Beobachtung, ihre Kopplung an die Theorien und die Wahrnehmung des Menschen, darf nicht durch eine vermeintlich objektive, physikalistische Beschreibung außer Acht gelassen werden.

Es bleibt also die Schlußfolgerung des letzten Abschnitts gültig, daß zwar Beobachtung und Messung bestimmte Aspekte miteinander teilen und ihre Anwendungsfälle zusammenfallen können, daß aber dennoch Beobachtung Eigenschaften hat, die sie von der Messung unterscheiden und die nicht durch Rückgriff auf die Messung beschrieben werden können.

4.2 Hinreichende Kriterien

Im vorangegangenen Kapitel habe ich eine notwendige Bedingung für Beobachtbarkeit aufgestellt. Ob es sich auch um eine hinreichende Bedingung handelt, habe ich bisher nicht weiter untersucht.

In diesem Abschnitt gehe ich von der *Annahme* aus, es handele sich bei (B_3) auch um eine hinreichende Bedingung für Beobachtbarkeit. Unter dieser Annahme untersuche ich, ob diese Bedingung einen sinnvollen Beobachtbarkeitsbegriff liefert oder ob dazu noch weitere Bedingungen zu (B_3) hinzukommen müssen.

Ich wende mich an dieser Stelle Fällen hilfsmittelunterstützter Beobachtung zu, die die Beobachtbarkeitsbedingung (B_3) erfüllen und dennoch aufgrund bestimmter Eigenschaften Zweifel aufkommen lassen, ob sie noch als Beobachtungen zu bezeichnen sind.

Offensichtlich erfüllen beobachtbare Gegenstände hinreichende Bedingungen, die über meine aufgestellte Beobachtbarkeitsbedingung hinausgehen.

Bei modernen Hilfsmitteln der wissenschaftlichen Beobachtung werden die am realen System genommenen Daten zu hohem Maße bearbeitet, bevor sie dem Beobachter zugänglich sind: Die Daten werden geglättet und fehlende Daten aus den vorhandenen rekonstruiert.

Es ist in manchen Fällen nicht so einfach und eindeutig zu entscheiden, ob es sich dennoch um eine Beobachtung handelt.

In diesem Abschnitt werde ich am Beispiel der Magnetresonanztomographie (MRT) aufzeigen, daß die Aufnahme eines menschlichen Gehirns mit Hilfe einer MR-Tomographie zwar Eigenschaften einer Beobachtung besitzt, aber auch Zweifel aufkommen läßt, ob sie noch als Beobachtung zu bezeichnen ist. Dieses Beispiel soll die Aspekte von Beobachtungen verdeutlichen, wie sie für viele Fälle von hilfsmittelgestützter Beobachtung charakteristisch sind. Analoge Phänomene, wie ich sie im Folgenden beschreibe, finden sich etwa bei der Elektronenmikroskopie oder auch der Teleskopie.

Die Magnetresonanztomographie: Die Magnetresonanztomographie¹⁴ basiert auf dem Resonanzverhalten der Atomkerne im Magnetfeld und stellt ein wichtiges Verfahren zur nicht-invasiven Aufnahme von Gewebeschnittbildern *in vivo* dar. Es gibt eine Vielzahl von Varianten der MRT, die sich durch verschiedene Kontrastmechanismen oder unterschiedliche Aufnahmetechniken voneinander unterscheiden. Beispielsweise ist es möglich, durch MRT das Diffusionsverhalten zu erfassen. Dies kann Rückschlüsse auf die Struktur des untersuchten Gewebes ermöglichen, wie zum Beispiel auf die Verbindungen von Nervenfasern.

Die Nutzung der Kernresonanz als abbildendes Verfahren ist nur möglich, wenn es gelingt, zu rekonstruieren, *woher* ein Signal kommt, d.h. mit Hilfe der Resonanzfrequenz die Anordnung der Objekte innerhalb einer Probe zu ermitteln. Diese Ortskodierung kann während der Anregung, zwischen Anregung und Datenaufnahme oder erst bei der Datenaufnahme geschehen. In allen Fällen wird der Ort des Objektes aufgrund eines Unterschieds in der Phase oder der Frequenz nachträglich berechnet. Artefakte können auftreten, wenn sich die Phase durch andere Einflüsse verändert und fälschlicherweise dennoch als Ortskodierung aufgefaßt wird.

Es ist möglich, das Bild aufzunehmen, indem nach einer Anregung sukzessive eine Datenaufnahme von den verschiedenen Schichten stattfindet. Bei dieser Methode tauchen allerdings, je tiefere Schichten abgebildet werden, gravierende Bildartefakte auf. Alternativ können die Daten für ein Bild aus verschiedenen Anregungszügen zusammengesetzt werden. Hierbei können durch Unterschiede bei den einzelnen Anregungen (z.B. durch kleine physiologische Bewegungen) Bildartefakte entstehen.

Diesen Bildartefakten begegnet man nun mit einer Reihe von Veränderungen so-

¹⁴In diesem Abschnitt beziehe ich mich vor allem auf die Doktorarbeit [Rie04] von S. Rieseberg.

wohl bei der Magnetisierung als auch bei der Datenaufnahme. Veränderungen der Datenaufnahme betreffen vor allem die Datenverarbeitung. So lassen sich Artefakte vermindern, indem weniger Daten genommen werden; die fehlenden Daten werden aus den vorhandenen Daten rekonstruiert.

Verhältnis zur Beobachtung: Die MR-Tomographie erfüllt zunächst die Beobachtbarkeitsbedingung (B_3) nur für etwa die Hälfte ihrer Abbildung, da etwa die Hälfte der Bildpunkte kein direktes Äquivalent in den Daten besitzt, sondern aufgrund der übrigen Daten berechnet wird. Zwar sind sie auch durch physikalische Wechselwirkungen mit dem zu beobachtenden X verbunden; strenggenommen kann es sich aber nicht um eine strukturerhaltende Abbildung zwischen Bild und Objekt handeln, da weniger Objektpunkte auf mehr Bildpunkte abgebildet werden. Es wird also nicht das gesamte Gehirn „beobachtet“, sondern nur ein Teil; nur etwa die Hälfte der Struktur wird strukturerhaltend abgebildet.¹⁵

Eine weitere Eigenschaft der MRT scheint dagegen zu sprechen, an dieser Stelle von Beobachtung zu sprechen:

Die Magnetisierung der Kerne findet zu einem anderen Zeitpunkt statt als die Datennahme. Dadurch wird bei der Berechnung des Bildes eine Gleichzeitigkeit aller Datennahmen vorausgesetzt, die strenggenommen nicht vorliegt. Auch das Bild des Gehirns suggeriert natürlich, daß allen Bildpunkten Objektpunkte desselben Zeitpunktes entsprechen. In Wirklichkeit liegen den Bildpunkten über einen längeren Zeitraum (meist von etwa 20 Minuten) genommene Daten zugrunde.

Der beobachteten Bildstruktur entspricht nicht eine gleichzeitige Struktur im Objekt. Die Bedingung der Beobachtbarkeit (B_3) ist zwar erfüllt, aber es ist fraglich, ob davon gesprochen werden kann, daß das Gehirn mit dem MRT beobachtet wird. Andererseits fällt auch hier die Schwierigkeit auf, die mit dem Begriff der Gleichzeitigkeit verbunden ist: Mit Hilfe der MR-Tomographie sollen Erkrankungen im Gehirn festgestellt werden. Die Beobachtung der fraglichen Symptome ist nicht abhängig von dem exakten Zeitpunkt. Sollen Phänomene beobachtet werden, von denen bekannt ist, daß sie sich nicht innerhalb von Stunden so gravierend verändern, daß sie nicht mehr identifizierbar sind, kann mit gutem Grund bei der MRT davon gesprochen werden, daß Ausschnitte des Gehirns beobachtet werden. Die Diffe-

¹⁵Daß nur eine Substruktur strukturerhaltend abgebildet wird, spricht zunächst nicht gegen den Beobachtungscharakter. Denn in vielen Fällen von hilfsmittelunterstützter physikalischer Beobachtung werden diskrete Meßdaten zu kontinuierlichen „Funktionen“ fortgesetzt. Nicht alle Punkte eines Bildes müssen einem Punkt in der Realität entsprechen, damit etwas beobachtet wird. Es genügt, daß eine relevante Substruktur des zu beobachtenden Gegenstandes abgebildet wird.

renz zwischen den Zeitpunkten der Datennahmen fallen für die fraglichen Beobachtungsaspekte nicht ins Gewicht.

Neben diesen Unterschieden zur Beobachtung besitzt die MR-Tomographie aber auch Ähnlichkeit zu einer Beobachtung: Vor allem der erfolgreiche Umgang mit Bildartefakten und die zuverlässige Diagnose von Krankheiten in der Praxis legen nahe, daß das Bild hinreichende Ähnlichkeit mit dem Objekt besitzt, daß also entscheidende Eigenschaften des Objektes am Bild beobachtet werden können.

Gleichzeitigkeit als hinreichende Bedingung? Es gibt noch ein relativ einfaches Beispiel das nahelegt, die Gleichzeitigkeit als hinreichende Bedingung für Beobachtbarkeit zu fordern:¹⁶

Ein Flugzeugmodell aus Plastik, das eine maßstabsgetreue Verkleinerung eines Flugzeuges darstellt, ist auf natürliche Weise ein strukturerhaltendes Bild des großen Flugzeuges. Doch zu sagen, man beobachte das große Flugzeug, wenn man das Flugzeugmodell anschaut, erscheint merkwürdig.

Dennoch fehlt hier vielleicht ein anderer Aspekt zur Beobachtbarkeit als die Gleichzeitigkeit: Denn es spricht nichts dagegen, ein Flugzeugmodell zu besitzen, das ein momentan existierendes Flugzeug darstellt. Doch das ändert nichts daran, daß an diesem Modell nicht das große Flugzeug beobachtet wird.

Im Falle des Mikroskops tauchten Kriterien wie Manipulierbarkeit oder vorher-sagbare Wechselwirkungen auf, die uns erlauben nachzuprüfen, ob wir wirklich etwas beobachten oder nicht. Man würde analog also erwarten, daß sich das Modell ändert, wenn beispielsweise das Flugzeug durch einen Unfall deformiert wird, wenn wir an dem Modell das Flugzeug wirklich beobachten. Die strukturerhaltende Abbildung muß demnach auch zwischen zeitlich veränderlichen Strukturen bestehen und zeitabhängig sein. Verändert sich also die abgebildete Struktur, muß sich auch die Bildstruktur ändern, ohne das die Ähnlichkeit zwischen beiden zerstört wird.

Dieser Ansatz, die Kriterien aus dem Mikroskop-Beispiel in eine hinreichende Bedingung zu integrieren, erscheint auch für die Bewertung von hilfsmittelgestützter Beobachtung sinnvoll.

Diese kurzen Überlegungen legen nahe, als hinreichende Bedingung ergänzend zu

¹⁶Achinstein fordert in [Ach68, S.163ff.] die Gleichzeitigkeit von Bild und Objekt als Kriterium für eine Beobachtung. Als Gegenbeispiel nennt er einen Film von früher, der ohne ein Kriterium der Gleichzeitigkeit als eine Beobachtung zählen müßte. Aber auch bei diesem Beispiel genügen andere, weiter unten genannte Kriterien für eine Beobachtung, die nicht auf die problematische Gleichzeitigkeit von Bild und Objekt rekurrieren.

(B_3) zu fordern, daß die erwähnte Abbildung zeitabhängig ist und daß die abgebildete Struktur dynamisch ist und sich somit in der Zeit verändert.

Weitere hinreichende Kriterien: Betrachtet man erneut die Aufzählung von Kriterien, um beim Mikroskopieren zu unterscheiden, ob es sich um die Beobachtung eines realen Gegenstandes handelt oder nicht, liegt es nahe, daß in einer hinreichenden Bedingung ebensolche Kriterien auftauchen müßten: Wenn eine Struktur wahrnehmbar ist, die einer realen Struktur entsprechen soll, dann muß auch angegeben werden können, wie die Existenz der realen Struktur überprüft werden kann. Insbesondere handelt es sich hierbei darum, daß die Theorien, auf denen die strukturerhaltende Abbildung zwischen Bildstruktur und realer Struktur beruht, unabhängig von der Beobachtung nachprüfbar sind oder andere Zugriffsmöglichkeiten zur Beobachtung derselben Struktur bestehen.

An dieser Stelle macht es Sinn, auf die gebrauchstheoretische Interpretation der Beobachtung zurückzugreifen: Genauere hinreichende Kriterien als die oben genannten, wann etwas noch eine Beobachtung ist und wann keine mehr, sind davon abhängig, was in einem jeweiligen Forschungsspiel als Beobachtung gilt. Innerhalb dieses Spiels ist Beobachtung durch seine spezielle Rolle definiert. Aber auch in einem einzelnen Forschungsspiel gibt es selten explizite hinreichende Bedingungen, sondern eher aus klaren Beispielfällen abgeleitete Regeln, was als Beobachtung zu werten ist, und aus der Erfahrung gewonnene Kriterien. Ich füge deshalb keine weiteren hinreichenden Bedingungen zu meiner Arbeitshypothese hinzu. Dennoch denke ich, daß die folgenden, bisher entwickelten Bedingungen eine gute Richtlinie dafür bieten, was als beobachtbar zählt:

(B_4) Es gibt Umstände, unter denen ein Y mit einer Struktur \mathcal{Y} von einem Mitglied unserer epistemischen Gemeinschaft wahrgenommen werden kann, in die die Struktur \mathcal{X} von X strukturerhaltend abgebildet werden kann. Die strukturerhaltende Abbildung beschreibt näherungsweise eine Kette von physikalischen Wechselwirkungen, durch die X und Y miteinander verbunden sind. Deren Beschreibung bzw. Existenz beruht auf anderen Theorien als die Beschreibung von X . Die Struktur \mathcal{X} ist eine dynamische Struktur oder besitzt dynamische Elemente. Die Abbildung ist zeitabhängig, so daß \mathcal{X} auch unter Veränderungen von X strukturerhaltend auf \mathcal{Y} abgebildet wird.

Dann ist X beobachtbar.

Kapitel 5

Schluss

Aufgrund der Diskussion von Beispielen im ersten Teil dieser Arbeit bin ich zu dem Ergebnis gekommen, daß mit Hilfe eines *theorieabhängigen* Beobachtungsbegriffs wissenschaftliche Beobachtungen adäquater beschrieben werden können und die Rolle der Beobachtung in der wissenschaftlichen Praxis besser erfaßt wird.

Ich denke, daß Hanson in dieser Hinsicht recht hat, wenn er den typischen Beobachter in der Wissenschaft wie folgt beschreibt:

The paradigm observer is not the man who sees and reports what all normal observers see and report, but the man who sees in familiar objects what no one else has seen before.

[Han65, S.30]

Die sogenannte Theoriebeladenheit der Beobachtung kann sich auf der Ebene des Beobachtungsinhalts und auf der Ebene der Beobachtungsbeschreibung auswirken. Ich unterscheide deswegen eine implizite und explizite Theoriebeladenheit. Es ist typisch, daß bei wissenschaftlichen Beobachtungen beide Arten der Theoriebeladenheit ineinander greifen:

Durch die wissenschaftlichen Arten, die in der im Kontext der Beobachtung relevanten Theorie unterschieden werden, werden an den Beobachtungsobjekten solche Eigenschaften wahrgenommen, die für eine Klassifizierung hinsichtlich dieser Arten nötig sind, und die Beziehungen der Objekte zueinander, die für Objekte dieser Art typisch sind. Diese Strukturierung des Beobachtungsinhalts durch das Klassifikationssystem der Theorie ermöglicht eine theorieabhängige Beschreibung der Beobachtung: Da die wissenschaftlichen Arten für Verallgemeinerungen und gesetzesartige Aussagen im Rahmen der Theorie verwendet werden und die Arten in gewissen logischen Beziehungen zueinander stehen, kann die Beobachtung so beschrieben werden, daß die Theorie auf sie angewendet werden kann. Begreift man

einen Typ von Hilfsmittel als eine wissenschaftliche Art, kann man die hilfsmittelunterstützte Beobachtung sinnvoll als einen Fall von implizit theoriebeladener Beobachtung verstehen.

Die Theoriebeladenheit der Beobachtung erlaubt die Anbindung der Theorie an die Beobachtung und erklärt dadurch auch die epistemische Bedeutung der Beobachtung: Umso mehr Strukturen wir in der Welt „sehen“, desto einfacher können wir die Beobachtung zu früheren Beobachtungen und theoretischen Aussagen in Verbindung setzen und weitere Verallgemeinerungen erzielen.¹ Die Relevanz der Beobachtung besteht eben darin, daß auf sie eine Theorie angewendet werden kann und daß sie so mitunter einen Hinweis auf die Antwort zu einer theoretischen Frage liefert. Die besondere Aufmerksamkeit, die im Beobachtungsbegriff implizit ist, wird ebenfalls durch die Theoriebeladenheit erfaßt: Wir achten bei einer Beobachtung auf bestimmte Aspekte eines Gegenstandes, weil sie in den Augen der Theorie für die Klassifikation der Gegenstände wichtig sind.

Die Beobachtung ist dennoch *zuverlässig*,

1. wenn die Theorie, die das Verhältnis vom Bild Y zum Objekt X beschreibt, nicht auch X zum Gegenstand hat und insbesondere nicht die Existenz von X impliziert, und
2. wenn wir aufgrund von gut etablierten Theorien und/oder anderweitigen Methoden wissen, daß wir Y *nur dann* wahrnehmen, wenn X .

Dieser Begriff der theoriebeladenen Beobachtung ist grundsätzlich mit der Annahme einer unabhängigen Realität und der Objektivität der Wissenschaft vereinbar. Der theorieabhängige Beobachtungsbegriff erfaßt damit bestimmte Charakteristika der Beobachtung wie „Aufmerksamkeit“, „Relevanz“ und „epistemische Bedeutung“ angemessener, als es die van Fraassensche Gleichsetzung von Beobachten mit Wahrnehmen ohne Hilfsmittel vermag. Ebenso kann beispielsweise das Verhältnis von Beobachtung und Theorie besser verstanden werden.

Die Beobachtung geht dennoch nicht als objektiver Prüfstein für Theorien verloren, wenn ein sinnvoller Begriff der Zuverlässigkeit von Beobachtung und der Objektivität der Wissenschaft entwickelt wird.

¹Ähnlich begreift auch Dretske in [Dre69, S.257] die epistemische Bedeutung des Beobachtens in der wissenschaftlichen Praxis.

Literaturverzeichnis

- [Abb89] Ernst Abbé. *Gesammelte Abhandlungen I*. Georg Olms Verlag, Hildesheim, 1989.
- [Ach68] Peter Achinstein. *Concepts of Science - A Philosophical Analysis*. John Hopkins Press, Baltimore, London, 1968.
- [Bal83] Wolfgang Balzer. Theory and measurement. *Erkenntnis*, 19:3–25, 1983.
- [Bel75] F.J. Belinfante. *Measurement and Time Reversal in Objective Quantum Mechanics*. Pergamon Press, Oxford, New York, 1975.
- [Bey88] Hermann Beyer, editor. *Handbuch der Mikroskopie*. Verlag Technik, Berlin, 3 edition, 1988.
- [BMS87] Balzer, Moulines, and Sneed. *An Architectonic for Science*. Dordrecht Reidel, Dordrecht, Boston, 1987.
- [Cas72] Ernst Cassirer. *Zur modernen Physik*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 3 edition, 1972.
- [Chu85] Paul Churchland. *Images of Science. Essays adressed to Bas Van Fraassen*. University of Chicago Press, Chicago, 1985.
- [Dre69] Fred I. Dretske. *Seeing and Knowing*. University of Chicago Press, Chicago, 1969.
- [FB63] H. Freund and A. Berg. *Geschichte der Mikroskopie*. Umschau Verlag, Frankfurt a.M., 1963.
- [Fod] Jerry Fodor. Observation reconsidered? *Philosophy of Science*, 51:23–43.
- [Gal85] Peter Galison. Bubble chambers and the experimental workplace. In *Observation, Experiment and Hypothesis in Modern Physical Science*. 1985.

- [Hac93] Ian Hacking. Working in a new world: The taxonomic solution. In Paul Horwich, editor, *World Changes - Thomas Kuhn and the Nature of Science*. MIT Press, Cambridge, London, 1993.
- [Hac96] Ian Hacking. *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften*. Reclam, Stuttgart, 1996.
- [Han65] Norwood R. Hanson. *Patterns of Discovery*. Cambridge University Press, Cambridge, 1965.
- [Han71] Norwood R. Hanson. *Observation and Explanation*. Harper u. Row, New York, 1971.
- [Hoy01] *Incommensurability and Related Matters*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht [u.a.], 2001.
- [Kra71] *Foundations of Measurement*, volume 1. Academic Press, New York, London, 1971.
- [Kuh67] Thomas Kuhn. *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Suhrkamp, Frankfurt a.M., 1967.
- [Mac20] Ernst Mach. *Erkenntnis und Irrtum - Skizzen zur Psychologie der Forschung*. Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 4 edition, 1920.
- [Mey98] Klaus Meyer. *Geheimnisse des Antoni van Leeuwenhoek*. Pabst, Lengerich, Berlin, 1998.
- [Nie92] Reinhard Niederée. *Mass und Zahl: logisch-modelltheoretische Untersuchungen zur Theorie der fundamentalen Messung*. Lang, Frankfurt a.M., 1992.
- [Rie04] Susanne Rieseberg. *Kartierung des Diffusionstensors mittels schneller NMR-Tomographie*. Cuvillier Verlag, Göttingen, 2004.
- [San94] Howard Sankey. *Incommensurability Thesis*. Avebury, Aldershot [u.a.], 1994.
- [San97] Howard Sankey. *Rationality, Relativism and Incommensurability*. Ashgate, Aldershot [u.a.], 1997.
- [San98] Howard Sankey. Taxonomic incommensurability. *International Studies in the Philosophy of Science*, 12:7–16, 1998.

- [Sch92] Franz Schwabl. *Quantenmechanik*. Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 3 edition, 1992.
- [Sha82] Dudley Shapere. The concept of observation in science and philosophy. *Philosophy of Science*, 49:486–525, 1982.
- [Skl85] Lawrence Sklar. Modestly radical empiricism. In *Observation, Experiment and Hypothesis in Modern Physical Science*. 1985.
- [Sup77] Frederick Suppe, editor. *The Structure of Scientific Theories*. University of Illinois Press, Urbana [u.a.], 2 edition, 1977.
- [Sup89] Frederick Suppe. *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. University of Illinois Press, Urbana, Chicago, 1989.
- [Tat67] Rene Taton, editor. *The Beginnings of Modern Science*. Thames and Hudson, London, 1967.
- [Tel] Paul Teller. Whither constructive empiricism? *Philosophical Studies*, 106:123–150.
- [vF72] Bas van Fraassen. A formal approach to philosophy of science. In *Paradigms and Paradoxes*. 1972.
- [vF80] Bas van Fraassen. *The Scientific Image*. Oxford University Press, Oxford, 1980.
- [vF93] Bas van Fraassen. From vicious circle to infinite regress, and back again. In *Philosophy of Science Association: Proceedings of the 1992 biennial meeting*, volume 2, pages 6–29. Northwestern University Press, 1993.
- [vF01] Bas van Fraassen. Constructive empiricism now. *Philosophical Studies*, 106:151–170, 2001.
- [Wea83] Hans Wussing et al., editor. *Geschichte der Naturwissenschaften*. Aulis-Verlag Deubner, Köln, 1 edition, 1983.
- [Wit84] Ludwig Wittgenstein. *Tractatus logico-philosophicus*, volume 1. Suhrkamp, Frankfurt a.M., 1984.