

Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Philosophie
Sommersemester 2008
Hauptseminar: Goethes Farbenlehre.
Dozent: Prof. Dr. Olaf Müller

Interne Ursachen.

Zu Newtons experimentum crucis und seinen
argumentativen Grundlagen.

Name: Jens Meichsner
E-Mail: jensmeichsner@web.de

Studiengang: Magister Philosophie/Kulturwissenschaft/Kunstgeschichte
5. Semester
16. Oktober 2008

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
2. Newtons experimentum crucis.....	3
2.1 Differenztest.....	5
3. interne Ursache – ein abstrahierter Definitionsvorschlag.....	7
4. Analogien.....	9
4.1 Siedetemperaturen – Newton kocht.....	9
4.2 menschliche Handlungen – Newton als Neurowissenschaftler.....	11
5. Intern vs. extern.....	13
6. Literaturverzeichnis.....	16

1. Einleitung

Im Frühjahr 1666 machte der damalige Mathematiker Isaac Newton nach eigenen Angaben seine ersten optischen Versuche mit einem Prisma. Er dunkelte sein Zimmer bis auf ein kleines Loch im Fensterladen komplett ab, positionierte das Prisma knapp dahinter und beobachtete das einfallende Licht auf der gegenüberliegenden Wand. Die dadurch erzeugten intensiven Farbspektren blendeten Newton aber offensichtlich nur wenig, denn er machte eine geradezu nüchterne geometrische Beobachtung:

It was at first a very pleasing divertisement, to view the vivid and intense colours produced thereby; but after a while applying my self to consider them more circumspectly, I became suprised to see them in an *oblong* form; which, according to received laws of Refraction, I expected should have been *circular*.¹

Wie war diese geometrische Differenz zu erklären? Newtons Antwort auf diese Frage folgte sechs Jahre später in seinem Brief mit dem Titel *New Theory about Light and Colors* an die Royal Society.² Darin vertrat er zwei außergewöhnliche Positionen. Zum einen lag für ihn die Ursache für das deutlich breitere Bild hinter dem Prisma in der heterogenen Zusammensetzung des Sonnenlichts aus verschiedenen brechbaren Strahlen. Er widersprach damit der intuitiven und zu seiner Zeit weit verbreiteten Auffassung, dass Sonnenlicht einheitlich sei. Zum anderen war er der Überzeugung, diesen Sachverhalt mit nur einem einzigen Experiment belegen zu können.

Dieses sogenannte *experimentum crucis* soll Ausgangspunkt dieser Arbeit sein.³ Genauer gesagt, werde ich die damit verbundene Argumentationsweise, die es laut Newton ermöglichen soll, ganz ohne jegliche Hypothesenbildung einen direkten experimentellen Beweis zu führen, näher unter die Lupe nehmen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Unterscheidung zwischen *interner* und *externer Ursache*. Die Frage, was genau wir unter beiden Begriffen zu verstehen haben, möchte ich versuchen, mit meinen Ausführungen zu beantworten. Dazu werde ich zunächst die auf Prismenexperimente bezogene Rede Newtons (und seiner modernen

1 Newton (1672)

2 Vgl. Ebd.

3 Unter einem *experimentum crucis* („Experiment am Scheideweg“) wird im Allgemeinen ein Experiment verstanden, dessen Ausgang eine Hypothese entweder bestätigt oder widerlegt. Newtons Gebrauch weicht aber offensichtlich von diesem Grundverständnis ab, denn er möchte ja bekanntlich gerade keine Hypothesen voneinander scheiden, sondern einen direkten Beweis für die heterogene Zusammensetzung des Sonnenlichts liefern. Vgl. Lampert (2008), S. 261f.

Befürworter) von interner und externer Ursachen verallgemeinern, um anschließend zu überprüfen, ob sich diese allgemeine Definition auch auf andere Phänomene übertragen lässt.

Die Ergebnisse dieses Unterfangens werden am Ende allerdings weniger Newtons optisches Happy End verderben können – ganz im Gegenteil werde ich versuchen, Newton eher wohlwollend zu interpretieren. Worum es uns gehen soll, ist vielmehr, ob seine Argumentation nicht eventuell an grundlegender Stelle einer Schönheitsoperation bedarf. Doch zu Beginn wollen wir den Blick nochmals auf Newton und sein *experimentum crucis* richten.

2. Newtons *experimentum crucis*

Den beschriebenen, ursprünglichen Versuchsaufbau erweiterte Newton dazu um ein zweites Prisma (in Abb. 1 mit ‚abc‘ gekennzeichnet). Dazwischen platzierte er zwei Schirme mit je einem kleinem Loch, einen knapp hinter dem ersten Prisma (‚DE‘), den anderen knapp vor dem zweiten, zusätzlichen Prisma (‚de‘).

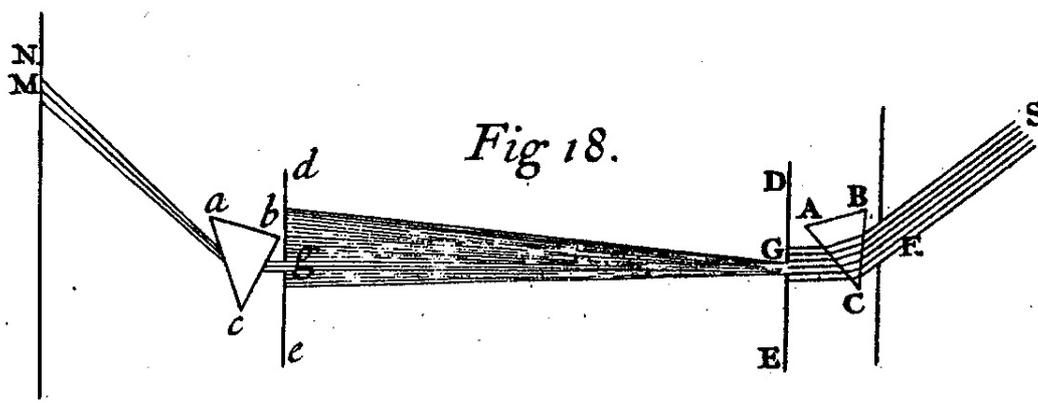


Abb. 1

Ein Teil des farbigen Spektrums, das hinter dem ersten Prisma entsteht und dessen Form Newton so verwunderte, wird also ein zweites Mal gebrochen. Zudem variiert Newton diesen Teil, indem er das erste Prisma ‚ABC‘ leicht dreht. Nach und nach schickt er so alle farbigen Teile des mittels des ersten Prismas erzeugten Bildes durch die Öffnung ‚g‘ am zweiten Prisma ‚abc‘. Neben der zweifachen Brechung des Lichts wird das Experiment somit um eine zeitliche Abfolge erweitert, die den Versuch

Abb. 1 Skizze zu Newtons *experimentum crucis*. Newton (1979), 18. Tafel (Book I, Plate IV, Part I).

letztlich in mehrere Teilversuche gliedert. Denn für jede Stellung des ersten Prismas ergibt sich jeweils ein anderes (Teil-) Versuchsergebnis auf der abschließenden Wand.

Newtons experimentum crucis entpuppt sich also als differenzierter und feinsinniger Versuch. Deutlich weniger differenziert fällt allerdings Newtons Auswertung und Schlussfolgerung aus; kurz und knapp formuliert er in seinem Brief an die Royal Society:

And I saw by the variation of those places, that the light, tending to that end of the Image, towards which the refraction of the first Prisme was made, did in the second Prisme suffer a Refraction considerably greater then the light tending to the other end. And so the true cause of the length of that Image was detected to be no other, then that *Light* consists of Rays differently refrangible, which, without any respect to a difference in their incidence, were, according to their degrees of refrangibility, transmitted towards divers parts of the wall.⁴

Bemerkenswert erscheint mir wiederum die Tatsache, dass er im Gegensatz zu seinen späteren Ausführungen in den *Opticks*⁵ mit keinem Wort Farben oder farbiges Licht erwähnt, sondern ausschließlich über die *räumliche* Ablenkung der Strahlen Aussagen trifft. So lautet sein Ergebnis lediglich, dass Strahlen, die weiter oben im Spektrum des Schirms ‚de‘ liegen, im zweiten Prisma stärker gebrochen werden als die darunterliegenden. Eine detaillierte Begründung, warum aus dieser farblosen empirischen Beobachtung die heterogene Zusammensetzung des Sonnenlichts folgen soll, bleibt Newton uns (an dieser Stelle) allerdings schuldig..

Einen argumentativen Nachtrag liefert, über 300 Jahre später, der deutsche Wissenschaftstheoretiker Timm Lampert in seinem Text *Newton vs. Goethe*.⁶ Er rekonstruiert darin die fehlende Argumentation aus diversen Briefen Newtons, gliedert das Experiment in zwei Teile und versucht es von ‚hinten‘, d.h. entgegen dem Verlauf der Sonnenstrahlen aufzurollen. Dementsprechend bezieht sich das erste rekonstruierte Argument, welches uns im Folgenden weiter beschäftigen soll, auf die Situation am zweiten Prisma und bildet das Rückgrat der danach folgenden Schlüsse:

4 Newton (1672)

5 Z.B.: „Lights which differ in Colour, differ also in Degrees of Refrangibility.“ Newton (1979), Erste Proposition. Erstes Theorem, S. 13.

6 Lampert (2008)

Prämisse 1: Die Strahlen, die auf das zweite Prisma treffen, werden unterschiedlich gebrochen (= zu erklärendes Phänomen).

Prämisse 2: Alle externen Ursachen für die Brechungen von Strahlen sind gleich (= Homogenitätsannahme).

Prämisse 3: Unterschiedliche Wirkungen haben unterschiedliche Ursachen (=Kausalprinzip).

Konklusion: Die Ursache der unterschiedlichen Brechung der Strahlen, die auf das zweite Prisma treffen, ist keine externe, sondern eine interne (= die unterschiedliche Brechbarkeit der Strahlen).⁷

2.1 Differenztest

Wie funktioniert nun dieses lampert-newtonische (Teil-)Argument und vor allem wie lässt es sich aus dem experimentum crucis ableiten? Das Zauberwort heißt hier *Differenztest* und wird von Lampert in folgendem Sinn gebraucht:

Eine Differenz im Wirkfaktor wird unter Voraussetzung des Kausalprinzips durch eine andere Differenz kausal erklärt, die auf Grund der Homogenität aller weiteren potentiellen Kausalfaktoren allein mit dem Wirkfaktor variiert.⁸

Auf die Lichtbrechung am Prisma bezogen, hatte Newton damit, den klassischen Brechungsgesetzen folgend, zwei Wirkfaktoren zu kontrollieren.⁹ Zum einen musste er sicherstellen, dass die vom Licht durchquerten Medien bei allen Teilversuchen qualitativ gleichwertig sind, d.h. immer denselben Einfluss auf die Strahlen ausüben. Zum anderen durfte er vor allem den Einfallswinkel der Strahlen auf das zweite Glasprisma möglichst wenig variieren. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen erklärt sich nun Newtons diffiziler Versuchsaufbau, denn durch das fortschreitende Drehen des ersten Prismas sowie durch das Aufstellen der beiden gelöcherten Schirme schafft Newton für alle Teilversuche vergleichbare und einheitliche Bedingungen am zweiten Prisma. So kann er jeweils immer dasselbe Prisma, denselben Raum mit derselben Luft und, mit der nötigen Schnelligkeit in der Ausführung, auch denselben Sonneneinfallswinkel nutzen. Die zwischen den Prismen aufgestellten Schirme ermöglichen, dass die bereits einmal gebrochenen Strahlen in nahezu gleichem Winkel auf das zweite Prisma treffen. Als einzig veränderbare Variable ist damit nur noch der Lichtstrahl bzw. das Lichtstrahlenbündel im Spiel, alle anderen potentiellen Faktoren bleiben konstant

7 Ebd. S. 264.

8 Ebd. S. 264.

9 Vgl. Ebd. S. 255.

und können daher für die verschieden starke Brechung des Lichts am zweiten Prisma nicht ursächlich sein.¹⁰

Für diejenigen, die es lieber etwas formaler mögen, lässt sich dies auch folgendermaßen ausdrücken: Gegeben sei eine Funktion

$$NM(x) = ml \circ mp \circ ew \circ x.^{11}$$

Sie liefert als Ergebnis den Bereich bzw. die Stelle ‚NM‘ der abschließenden Wand, auf den der Lichtstrahl nach der Brechung im zweiten Prisma auftrifft. Genauer gesagt, soll der Graph der Funktion die gemittelte Höhe des Punktes ‚NM‘ auf der Wand in Abhängigkeit vom jeweiligen Strahl bzw. dessen Lage innerhalb des ersten Spektrums darstellen. Wie sich dieser Wert berechnet, hängt, wie bereits beschrieben, einerseits von den Materialeigenschaften der Luft (ml), den Materialeigenschaften des Prismas (mp) und dem Einfallswinkel des Strahls auf das Prisma (ew) ab.¹² Aufgrund des Versuchsaufbaus werden all diese potentiellen Variablen zu Konstanten der Funktion, die mit einer, wie auch immer gearteten, quantitativen Gewichtung stets im selben Maße auf alle Brechungen am zweiten Prisma einwirken. Die einzige Erklärung für eine Änderung des Funktionswertes bleibt damit die Änderungen des x-Wertes, also dem einfallenden Lichtstrahl, denn nur dort ändert Newton die Teilversuche durch die Drehung des ersten Prismas ab.

Ohne Frage kann und sollte man an dieser Stelle hinterfragen, ob Newton wirklich alle potentiellen Wirkfaktoren stets konstant hält. Beispielsweise wäre es eventuell zusätzlich nötig gewesen, den Luftdruck zu messen, um zu gewährleisten, dass das Medium Luft auch stets dieselbe Form hat. Uns soll es aber, wie eingangs erwähnt, um einen anderen Kritikpunkt an der pro-newtonischen Argumentation gehen. Ich möchte Newton deshalb hier einen möglichen Sieg über seine Widersacher

10 Dies gilt allerdings nur, wie Lampert korrekterweise sagt, wenn wir Newtons Prinzipien der kausalen Erklärung der Welt akzeptieren – was wir natürlich nicht müssen, hier wohlwollend aber dennoch tun werden.

11 Das Zeichen ‚ \circ ‘ steht dabei für eine beliebige Operation, z.B. Multiplikation, Addition, Potenz, Wurzel usw. Dabei kann jedes Vorkommen eine andere Operation bzw. Operationenfolge symbolisieren. Die Darstellung soll also keinerlei Aussage über die mögliche mathematische Verknüpfung zwischen den vier Wirkfaktoren machen. Es ist sowohl denkbar, dass im Sinne einer einfachen Fallunterscheidung Funktionsterme Funktionswerten zugeordnet werden, als auch, dass ein konkreter Term, wie beispielsweise $(\%ml+mpx^4)ew$, als Abbildungsregel existiert.

12 Darstellen will ich damit natürlich nur den qualitativen Einfluss der einzelnen Komponenten auf die Lichtbrechung. Wie sie quantitativ gewichtet werden müssten, um tatsächlich zu berechnen, wo der Strahl auf die Wand auftrifft, braucht uns nicht zu interessieren.

zugestehen und zwei andere Fragen stellen: Warum die zusätzliche Unterscheidung von internen und externen Ursachen – reicht Newton und Lampert nicht schon der Differenztest aus, um zum gewünschten Ergebnis zu gelangen? Welchen Mehrwert bürgt die Rede von interner bzw. externer Kausalität? Bevor ich versuche Ersteres zu beantworten, werde ich mich zunächst um die zweite Frage kümmern und schauen, welchen Sinn wir den beiden Begriffen entlocken können. Denn erst wenn dies geklärt ist, können wir entscheiden, ob sie für die Argumentation wirklich notwendig sind oder nicht vielmehr restlos gestrichen werden können.

3. interne Ursache – ein abstrahierter Definitionsvorschlag

Als Ausgangspunkt dieser Untersuchung möchte ich einen allgemeinen Definitionsvorschlag für ‚interne Ursache‘ formulieren. Er baut auf den Schlüssen und Ergebnissen, die Lampert bzw. Newton aus den Teilversuchen am zweiten Prisma ziehen, auf und soll im Endeffekt ermöglichen, unabhängig von optischen Prismenexperimenten (einheitlich) über ‚interne Ursachen‘ zu reden. Zuallererst werde ich dazu die uns interessierenden Begrifflichkeiten intern und extern aus Lamperts Konklusion entfernen:

(K[?]) Die Ursache der unterschiedlichen Brechung der Strahlen, die auf das zweite Prisma treffen, ist die unterschiedliche Brechbarkeit der Strahlen.

Worauf es dabei ankommt, ist weniger die exakte Formulierung – sollen wir etwa von Strahlen oder eher von Strahlenbündeln sprechen – sondern die Tatsache, dass hier offensichtlich Ursache und Wirkung in einem Ding bzw. einer Entität, nämlich dem Lichtstrahl, zusammenkommen. So wird ein Phänomen des Lichtstrahls mit dem Lichtstrahl selbst bzw. einer Eigenschaft des Lichtstrahls, die Newton *Refrangibilität* und Lampert *Brechbarkeit* nennt, erklärt.

Wollen wir Newton und Lampert also einen sinnvollen und vor allem argumentativ relevanten Gebrauch von ‚interner Ursache‘ zugestehen, scheint mir ausschließlich dieser merkwürdige Selbstbezug von Ursache und Wirkung wirklich Potential dafür zu bieten. Um dieses Potential auszuschöpfen, müssen wir prinzipiell nur alle experimentenspezifischen Ausdrücke in (K[?]) durch verallgemeinerte Formen ersetzen. Dabei können wir uns wiederum an Lamperts Argumentrekonstruktion orientieren: Die unterschiedliche Brechung der Strahlen beschreibt er als das zu erklärende Phänomen.¹³ Die unterschiedliche Brechbarkeit der Strahlen ist die das Phänomen

13 Vgl. Prämisse 1 des ersten rekonstruierten Arguments Newtons, Lampert (2008) S. 264.

verursachende Eigenschaft der Strahlen, woraus sich folgende erste abstraktere Version von (K') ergibt:

(aK) Die Ursache des zu erklärenden Phänomens ist die verursachende Eigenschaft der Strahlen.¹⁴

Wir haben nun allerdings das Problem, dass wir innerhalb der Wirkungsbeschreibung die Strahlen getilgt haben und somit keine Möglichkeit mehr besteht, zu überprüfen ob sich Ursache und Wirkung wirklich auf ein und dieselbe Entität beziehen. Die Lösung sehe ich darin, dass zu erklärende Phänomene etwas detaillierter zu fassen und es als eine Eigenschaft der Strahlen zu beschreiben. Ersetzen wir zudem die Strahlen mit Ding oder Entität erhalten wir:

(aK') Die Ursache der zu erklärenden Eigenschaft der Entität ist die verursachende Eigenschaft der Entität.

Die resultierende Formulierung wirkt zugegebenermaßen etwas bizarr und bringt uns auch ontologisch gesehen in recht gefährliches Fahrwasser. So müssen wir uns der Frage stellen, ob Phänomene wirklich konsequent als Eigenschaft einer Entität zu betrachten sind und inwiefern Eigenschaften überhaupt ursächlich für etwas, und speziell auch für andere Eigenschaften, sein können. Dazu sei vorab gesagt, dass wir ohnehin nur auf den Ansichten von Newton bzw. Lampert aufbauen können und schlussendlich auch nur Interpreten ihrer Aussagen sind. Da wir dies, wie eingangs erwähnt, wohlwollend tun werden, möchte ich dafür plädieren, an dieser Stelle das ontologische Korsett nicht allzu eng zu schnüren. Das reine, wahrnehmbare Phänomen lässt sich korrekterweise nur als die jeweilige Höhe des Punktes ‚NM‘ auf der abschließenden Wand charakterisieren. Davon auf eine Eigenschaft des Strahls zu schließen, ist sicher nicht unbedingt zwingend, dennoch halte ich es für ein akzeptables und anschauliches Manöver.

Ähnliches gilt auch für die Rolle von Eigenschaften in der kausalen Erklärung der Welt. Ich denke, dass man Newton zu seiner Zeit nicht vorwerfen sollte, dass seine Argumentation nicht auf einer kohärenten und uneindeutigen Ontologie aufbaut, mit der beispielweise alles als Ereignis gekennzeichnet wird. In seinem Erklärungsansatz können ganz offensichtlich Eigenschaften auch Ursache für etwas sein oder zumindest in einer ähnlichen Art und Weise verstanden werden. Anders lässt sich in meinen Augen die Refrangibilität oder Brechbarkeit von Strahlen im experimentum

14 Derselbe Gedanke lässt sich folgendermaßen auch etwas eleganter ausdrücken: ‚Es ist eine Eigenschaft der Strahlen, die das zu erklärende Phänomen verursacht.‘

crucis nicht fassen. Und wenn wir ehrlich sind, ist dies auch keine wirklich unanschauliche Sichtweise.

Unter Berücksichtigung all dieser Punkte steht der folgenden Definition für interne Ursache also vorerst nichts mehr im Wege:

(IU) Eine interne Ursache liegt vor, wenn eine zu erklärende Eigenschaft einer Entität durch eine Eigenschaft derselben Entität verursacht wird.

4. Analogien

Es soll nun in den nächsten Abschnitten darum gehen, die mit einiger Anstrengung gewonnene Definition anzuwenden. Dazu werden wir andere Entitäten untersuchen, bei denen wohlmöglich ebenfalls, unserer Definition gemäß, interne Ursachen vorliegen. Ich möchte mich vorsichtig vortasten und zunächst innerhalb des Gebiets der Physik bleiben.

4.1 Siedetemperaturen – Newton kocht

Stellen wir uns also ein Parallelexperiment zum experimentum crucis bzw. dem darin enthaltenen Differenztest am zweiten Prisma vor und schicken Newton in Gedanken an den Herd: Anstelle der Lichtstrahlen geht es dabei nämlich um verschiedene, nicht weiter gekennzeichnete Flüssigkeiten, deren Anzahl wir der Einfachheit halber auf zwei reduzieren. Beide Flüssigkeiten gibt Newton in bester Kochshowmanier in gleicher Menge in zwei gleichartige Töpfe (selbes Material, selbe Größe etc.), erwärmt sie unter gleichen Druckverhältnissen mit zwei gleichwertigen Herdplatten auf höchster Stufe. Als Ergebnis des Experiments soll die Zeit gemessen werden, nach der sich vermehrte Bläschen in der Flüssigkeit bilden, sie also siedet. Um die größere Analogie zum Originalversuch zu wahren, könnte er beide Flüssigkeiten ebenso gut nacheinander im selben Topf und auf der selben Herdplatte erwärmen. Dann müsste unser fiktiver Newton aber, wie ich finde, einen größeren experimentellen Aufwand betreiben. So dürfte er, wenn er einen Elektroherd oder gar ein Glaskeramikkochfeld besessen hätte, etwa die zweite Flüssigkeit nicht direkt nach der Ersten erwärmen, da sonst der Nachheizeffekt das Ergebnis verfälschen würde. Zudem, und dies scheint mir das größere Problem zu sein, müsste er klarstellen, dass keine Rückstände der ersten Flüssigkeit im Topf verblieben sind, bevor er ihn mit der zweiten Flüssigkeit befüllt. Ebenso könnten eventuell zurückgebliebene Reinigungsmittel das Ergebnis trüben.

Auch wenn wir heute wie Newton damals üblicherweise nur mit Wasser kochen, so wissen wir ohne große chemisch-physikalische Kenntnisse, dass der Zeitpunkt des Siedens bei gleichmäßiger Erwärmung bei verschiedenen Flüssigkeiten stark differieren kann. In jedem Falle so stark, dass Newton zu seiner Zeit ohne ausgeklügelte Zeitmesstechniken einen signifikanten Unterschied hätte beobachten können. Newton stellt also fest, dass eine Flüssigkeit deutlich früher vermehrt Bläschen entwickelt als die andere. Auf der Suche nach der Ursache kommt er nach den geltenden physikalischen Zusammenhängen zum Schluss, dass diese Differenz nur durch eine Eigenschaft der Flüssigkeiten selber zu erklären ist. Denn alle das Siedeverhalten einer Flüssigkeit beeinflussenden Faktoren waren bei beiden Versuchen gleich. Die mögliche Funktion $s(x)$, die den Zeitpunkt der vermehrten Bläschenbildung von einem bestimmten Ausgangspunkt aus bestimmt, enthält analog zu $NM(x)$ wiederum nur eine veränderbare Variable, und zwar die im Topf enthaltene Flüssigkeit.¹⁵

Das unterschiedliche Siedeverhalten der Flüssigkeiten (der Zeitpunkt der Bläschenbildung) wird demnach durch eine Eigenschaft der Flüssigkeiten verursacht. Ein moderner Naturwissenschaftler würde diese Verursachung sicher mit der molekularen Struktur der jeweiligen Flüssigkeiten weitaus detaillierter beschreiben als Newton es je im Stande gewesen wäre. Dies ändert aber nichts an der Tatsache, dass es sich dabei um eine Eigenschaft der Flüssigkeit handelt. Offensichtlich haben wir es also mit einer internen Ursache im Sinne unserer Definition zu tun. Damit ist wohlgemerkt nicht gesagt, dass das gesamte Phänomen des Siedens nur durch diese interne Ursache bewirkt wird, denn daran sind eben unter anderem auch noch Topf, Druck und Hitzequelle beteiligt. Es geht ausschließlich um die Ursache der Eigenschaft einer Flüssigkeit bei gleichen Bedingungen früher oder später als eine andere zu siedeln.

Wir haben somit ein erstes, konkretes Beispiel interner Ursachen abseits der newtonischen Prismen und Lichtstrahlen gefunden und ich bin der Überzeugung, dass sich gerade im Bereich der Physik in gleicher Manier noch weitere Beispiele finden lassen. Ich will allerdings noch einen Schritt weiter gehen und unsere

15 Ohne Frage kann wiederum bezweifelt werden, ob wirklich alle relevanten Faktoren stets konstant waren. Aber auch hier liegt die Beweislast, wie ich finde, auf der Seite unserer bzw. Newtons Gegner. Und selbst wenn in Zukunft weitere Wirkfaktoren für das Siedeverhalten einer Flüssigkeit gefunden werden, die in unserem Experiment nicht konstant sind, heißt das noch lange nicht, dass wir sie durch eine bestimmte Modifikation des Versuchs nicht konstant halten können.

Definition auf einem noch weiter vom Ursprungsexperiment entfernten Gebiet testen.

4.2 menschliche Handlungen – Newton als Neurowissenschaftler

Bauen wir Newtons fiktives Versuchslabor also noch einmal auf. Diesmal in einem gut beleuchteten Raum mit einem Tisch und einem Stuhl. Anstelle von Strahlen bzw. Flüssigkeiten treten dabei zwei Menschen als Versuchsobjekte. Sie werden nacheinander in den Raum geführt. Newton stellt ihnen eine Frage, auf die sie mit einer Armbewegung antworten sollen. Das Heben der linken Hand bejaht die Frage, während das Heben der rechten Hand ein ‚Nein‘ ausdrückt. Newton trägt sowohl Aufforderung als auch Frage jeweils mit gleicher Mimik, Gestik und Intonation vor. Die äußeren Gegebenheiten sind damit bei beiden Versuchen konstant. Was passiert also, wenn trotz dieser Gemeinsamkeiten die Versuchspersonen unterschiedliche Handlungen ausführen, d.h. Person A die linke Hand, Person B aber die rechte Hand als Antwort auf Newtons Frage hebt? Es gilt die Ursache für die Eigenschaft der Person A zu finden, auf die gestellte Frage eine andere Handlung auszuführen als Person B. Newtons potentieller Schluss scheint, denke ich, klar: Nur die Person selbst bzw. Eigenschaften der Person können Ursache für die unterschiedlichen Handlungen sein, weil alles andere bei beiden Versuchen gleich gehalten wurde.

Moment, sagen Sie, dies hänge doch wohl naturgemäß von der Frage ab, die Newton ihnen stellt. Prinzipiell ‚Nein‘, sage ich, aber schauen wir uns ein einfaches Beispiel an: Angenommen bei den Versuchspersonen handelt es sich um eine Frau und einen Mann. Newton könnte beide dann fragen: ‚Sind Sie ein Mann?‘. Die Antworten die sie darauf geben, hängen richtigerweise von dieser gestellten Frage ab, aber die Differenz ihrer Antworten ist nur durch eine unterschiedliche Eigenschaft der Personen erklärbar, nämlich ihr Geschlecht. Die Wahl der Fragestellung ist also praktisch gesehen durchaus relevant, denn sie muss schließlich auf eine unterschiedliche Handlung beider Akteure abzielen. Prinzipiell ist die genaue Formulierung der Frage allerdings unwichtig, solange nur beide als Ergebnis nicht die selbe Hand heben. Streng genommen, müssen allerdings noch weitaus mehr Punkte in Betracht gezogen werden. So könnten die Personen eventuell lügen bzw. unaufrichtig sein oder schlichtweg nicht wissen, welche Antwort auf die Frage richtig ist. Trotzdem haben wir es immer noch mit einer bzw. mehrerer Eigenschaften der Person zu tun, die für die Handlung ursächlich sind. Es ist also analog zum Licht ganz egal, was innerhalb der ‚Blackbox‘, die wir Entität nennen, vonstatten geht, sobald sie die einzig veränderliche Komponente ist.

Auch bei diesem Versuch müsste Newton nach den Prinzipien des Differenztests zu dem Ergebnis kommen, dass eine zu erklärende Eigenschaft der Person – das unterschiedliche Heben der Hand auf eine Frage – durch eine oder mehrere (andere) Eigenschaften der selben Person verursacht wird. Es liegt also wiederum eine interne Ursache vor. Doch Vorsicht, unser fiktiver Newton hat hier die Rechnung ohne die deterministischen Neurowissenschaftler gemacht. Sie behaupten nämlich, die eigentliche Ursache für das unterschiedliche Handeln der beiden Personen liege letztendlich nicht in irgendeiner Eigenschaft von ihnen, sondern ist ausschließlich von äußeren Einflüssen bestimmt. Im Falle des Geschlechts könnten sie beispielsweise argumentieren, dass die Ursache vielmehr im Chromosom des befruchtenden Spermiums des Vaters der Person liegt, welches wiederum durch die Chromosome seiner Eltern, sprich der Großeltern des Handhebers bzw. der Handheberin, bestimmt sind usw. Die von Newton proklamierte Ursache wäre damit für die Neurowissenschaftler in Wirklichkeit keine interne, sondern eine externe. Sollte dieser Einwand berechtigt sein, steht damit unsere gesamte Definition zur Disposition, denn schlussendlich müssen sich alle Phänomene, unter der Bedingung einer kausal vorherbestimmten Welt, auf tieferliegende Punkte der Kausalkette zurückführen lassen. Nullpunkt wäre dabei der Urknall, der konsequent betrachtet auch Ursache für das Sieden von Flüssigkeiten sowie die Lichtbrechung am Prisma ist.

Wie könnte Newton als Verteidiger seiner und unserer Rede von internen Ursachen nun darauf reagieren? Er hat dazu meines Erachtens deutlich bessere Karten als diejenigen, die Freiheit und freien Willen gegenüber den Neurowissenschaftlern verteidigen wollen. So ist es bei genauerer Betrachtung unserer Definition eigentlich gar nicht von Bedeutung, ob die verursachende Eigenschaft der Entität selbst durch irgendetwas verursacht ist oder nicht. Entscheidend ist nur, dass sie überhaupt ein Glied in der Kausalkette der zu erklärenden Eigenschaft darstellt. Oder, um es mit anderen Worten und in Bezug zu unserem Beispiel zu sagen, solange die Neurowissenschaftler nicht bestreiten, dass das Geschlecht bzw. eine wie auch immer geartete Eigenschaft der Person ursächlich für das verschiedene Heben der Hand in unserem Beispiexperiment ist, läuft ihr Determinismuseinwand in unserem Fall ins Leere.

Auch in diesem Gedankenexperiment hat sich somit (IU) als Definition für interne Ursache bewähren können. Wir haben damit gezeigt, dass es mindestens drei Fälle gibt, in denen wir diese Vokabel sinnvoll anwenden können. Trotzdem ist eines noch

offen: Wenn unser gefundener Begriff für interne Ursache tatsächlich tragfähig ist, was ist dann unter externen Ursachen zu verstehen?

5. Intern vs. extern

Mit der Beantwortung dieser Frage schlagen wir den Bogen zu unserem Ausgangspunkt, dem Differenztest zurück. Schließlich haben wir in unseren beiden analogen Experimenten einfach Newtons Differenztest mit anderen Entitäten nachgestellt. Nur unter Zuhilfenahme dieses methodischen Tricks konnten wir überhaupt interne Ursachen ermitteln. Und in gleicher Manier gehen wir auch bei der Bestimmung externer Ursachen vor: Wir müssen dazu nur die freie Variable verändern. Zum Beispiel manipulieren wir Newtons *experimentum crucis* so, dass nicht mehr verschiedene Strahlen, sondern ein und derselbe Strahl im selben Einfallswinkel, immer durch ein anderes Prisma geschickt wird. Wir können damit, zumindest rein räumlich bzw. geometrisch gesehen, grundsätzlich dieselben Funktionswerte wie bei $NM(x)$ erzeugen. Die Eigenschaft der Strahlen sich verschieden stark zu brechen, bleibt damit weiterhin das zu erklärende Phänomen. Verursacht wird es allerdings durch die Eigenschaft einer anderen, d.h. *externen* Entität, nämlich der Brechzahl der jeweiligen Prismen. Auf gleichem Wege ließen sich auch bei den anderen Beispielen externe von internen Ursachen trennen.

So weit, so einfach doch einen möglichen Haken hat die Sache. Was machen wir mit Wirkfaktoren, die wir nicht eindeutig als intern oder extern zuordnen können? Ich denke da zum Beispiel an den Wirkfaktor des Einfallswinkels der Strahlen auf das zweite Prisma. Auf den ersten Blick könnten wir ihn durchaus als Eigenschaft des Strahls und damit, gemäß dem Satz (IU), als interne Ursache für die differierende Brechungen des Strahls am zweiten Prisma bezeichnen. Andererseits ließe sich der selbe Sachverhalt aber auch aus der Sicht des Prismas konstruieren. In diesem Fall könnten wir denselben Wirkfaktor als die Stellung des Prismas zum Strahl, sprich als eine Eigenschaft des Prismas beschreiben. Die Rede von Eigenschaften einer Entität scheint hier offensichtlich nicht eindeutig zu sein.¹⁶ Um diese Redeweise und ergo auch unsere Definition nicht aufzugeben, eröffnen sich zwei Möglichkeiten. Einerseits könnten wir eine der alternativen Sichtweisen bevorzugen und es entweder als Eigenschaft des Strahls, d.h. als interne Ursache oder als Eigenschaft des Prismas, d.h. als externe Ursache deklarieren. Andererseits hätten wir die Möglichkeit den problematischen Wirkfaktor sowohl als Eigenschaft des Strahls als auch des Prisma

¹⁶ Es handelt sich hierbei vielmehr um eine *Relation* zwischen zwei Entitäten, sprich dem Prisma und dem Lichtstrahl.

aufzufassen. Wir müssten dann allerdings eine dritte Form von Ursachen postulieren, die sowohl intern als auch extern ist.

Die Wahl, vor der wir stehen, gleicht damit leider nicht der zwischen Sekt und Selters, sondern eher der zwischen Pest und Cholera. Auf der einen Seite steht die Willkür des Betrachters, auf der anderen führen wir unsere Definition selbst ad absurdum. Aber egal, wie wir uns letztlich entscheiden mögen, gleichgültig ob sich das Problem des Einfallswinkels nicht doch anders beheben lässt und unabhängig davon, wie gut sich unsere Definition bewährt oder nicht, eine falsche Grundannahme in Newtons und Lamperts Argumentation wird dadurch offen gelegt: Wodurch ist gesichert, dass es nur eine, d.h. genau eine interne Ursache gibt? Ohne eine plausible Antwort darauf folgt aus Lamperts Prämisse, dass alle externen Ursachen gleich sind, streng genommen nur, dass entweder *keine* oder *mindestens* eine interne Ursache für das unterschiedliche Verhalten der Lichtstrahlen verantwortlich sein muss.¹⁷ Dass ausschließlich die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen als Ursache in Frage kommt, kann einzig und allein der *Differenztest* zeigen. Eine exaktere Formulierung des Arguments sollte diesen Sachverhalt berücksichtigen und das argumentative Gewicht zu Gunsten des Differenztests verlagern. Die zweite Prämisse könnte dementsprechend etwa folgendermaßen umformuliert werden:

Prämisse 2: Alle potentiellen (und auch zufällig externen) Ursachen für die Brechungen von Strahlen sind, bis auf die Art der Strahlen selbst, gleich (= Differenztest).

Newtons Argument ließe sich damit zumindest gegenüber diesem Einwand retten. Inwiefern eine solche Rettungsmaßnahme auch für unsere Definition der internen Ursachen Linderung erzielen kann bzw. überhaupt möglich ist, vermag ich nicht zu sagen. In jedem Falle halt ich sie aber für rettungswürdig, denn: Es gibt, wie wir gesehen haben, genügend Beispiele, die Newtons Gebrauch von interner und externer Ursache rechtfertigen können. Uns bleibt damit abschließend nur die Qual

¹⁷ Vgl. Lamperts 2. Prämisse: „Alle externen Ursachen für die Brechungen von Strahlen sind gleich (= Homogenitätsannahme).“ Lampert (2008), S. 264.

Zur Verdeutlichung können wir uns nochmals das zweite Analogieexperiment vor Augen halten: Aus dem Fakt, dass Newton alle denkbaren externen Variablen, die die Antwort der Versuchspersonen beeinflussen könnten, konstant hält, lässt sich eben nicht ableiten *welche* interne Ursache die Probanden zum Heben der Hand veranlasste. So könnte einerseits ausschließlich das Geschlecht der Person ursächlich für die Antwort sein, andererseits wäre es aber auch denkbar, dass Newton einfach belogen wurde bzw. ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren die Handlung verursacht hat.

der Wahl, uns für eine Variante zu entscheiden. Ob wir dabei richtig liegen, wird die Zukunft zeigen müssen.

6. Literaturverzeichnis

Lampert, Timm (2008): Newton vs. Goethe, in: Bieri, Hanspeter/Zwahlen, Sara Margarita (Hrsg.): „Trinkt, o Augen, was die Wimper hält...“.
Farbe und Farben in Wissenschaft und Kunst, Berner Universitätsschriften Bd. 52,
Bern: Haupt, S. 259-284.

Newton, Isaac (1672): A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors: sent by the Author to the Publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in order to be communicated to the R. Society:
<http://www.newtonproject.sussex.ac.uk/texts/viewtext.php?id=NATP00006&mode=normalized> (07.09.2008).

Newton, Isaac (1979): Opticks : or treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light, New York.