

Goethe, Newton und die Wissenschaftstheorie

Zur Wissenschaftskritik und zur Methodologie der *Farbenlehre*¹

URL: <http://www.kisc.meiji.ac.jp/~mmandel/pdf/mandelartz-goethe-newton.pdf>

Michael Mandelartz

Er sagte: „Das Licht werde erkannt“,
und es wurde erkannt.
Voltaire, *Philosophische Briefe*²

Denn wie sollte man noch in Wissenschaften
Vorschritte hoffen können, wenn dasjenige, was
nur geschlossen, gemeint oder geglaubt wird
uns als ein Faktum aufgedrungen werden dürfte?
Goethe, *Über Newtons Hypothese der
diversen Refrangibilität*³

1. Forschungslage und Zielsetzung

Goethes *Farbenlehre* fällt zwar ihrem Gegenstandsbereich nach nicht in das Feld germanistischer Forschung, ihr sachlicher Gehalt dürfte aber dennoch von größtem Interesse sein. Nicht nur lassen sich auch die literarischen Qualitäten eines wissenschaftlichen Werkes angemessen nur auf der Grundlage seines Sachgehaltes würdigen; mehr noch steht die Einheit von Goethes Gesamtwerk auf dem Spiel. Die Querverbindungen zwischen wissenschaftlichem und literarischem Werk sind unübersehbar, ja das wissenschaftliche Werk kann als Grundlegung des literarischen verstanden werden.⁴ Solange die Germanistik nicht zu einem sachlich fundierten Verständnis von Goethes naturwissenschaftlichem Werk findet, wird sie nur unter Schwierigkeiten einen geeigneten Standpunkt für die Analyse des literarischen einnehmen können.⁵ Das betrifft insbesondere die *Farbenlehre*, Goethes eigener Einschätzung zufolge sein Hauptwerk.

¹ Wesentlich erweiterte und umgearbeitete Fassung eines Vortrags, der im August 2005 auf dem XI. Internationalen Germanistenkongreß in Paris gehalten wurde.

² Voltaire, *Erzählungen – Dialoge – Streitschriften*. Hrsg. v. Martin Fontius. Berlin 1981, Bd. 3, 99.

³ Johann Wolfgang Goethe, *Sämtliche Werke. Briefe, Tagebücher und Gespräche*, hrsg. Hendrik Birus u.a., Frankfurt a.M. 1985-1999 (i. f.: FA), Bd. I, 23/2, 132.

⁴ Vgl. Vf., „Der Bezug auf sich selbst. Zum systematischen Zusammenhang von Literatur und Wissenschaft bei Goethe“, *Goethe-Jahrbuch* 124 (2007), 38-47.

⁵ Vgl. Felix Höpfner, *Wissenschaft wider die Zeit. Goethes Farbenlehre aus rezeptionsgeschichtlicher Sicht*. Heidelberg 1990, 12-15 und 26 f.

Nun wurde die *Farbenlehre* von der Germanistik überwiegend als literarisches Werk diskutiert, etwa von Albrecht Schöne und zuletzt von Holger Helbig.⁶ Die Bewertung des physikalischen Gehaltes wird zumeist von der Physik übernommen, deren Urteil vom jeweils erreichten ‚Stand der Wissenschaft‘ aus mal verhalten positiv, mal vernichtend ausfällt, aber doch so, daß Goethe als Dilettant aus dem Gebiet der ‚eentlichen‘ Wissenschaft herausfällt.⁷ Ihr Urteil jedoch ist, auch zweihundert Jahre nach der Auseinandersetzung Goethes mit Newton, partiisch. Über die wissenschaftshistorischen Brüche hinweg besteht immer noch Kontinuität zwischen den heutigen Institutionen der Physik, teils auch ihren Methoden, und denjenigen, gegen die Goethe polemisierte. Die Germanistik verläßt sich, wenn es um die Beurteilung der *Farbenlehre* geht, in der Regel auf Goethes Gegner. Hinzu kommt, daß, einem Ausspruch des Wissenschaftstheoretikers Imre Lakatos zufolge, ein Wissenschaftler in der Regel so viel von Wissenschaftstheorie versteht wie ein Fisch von Hydrodynamik.⁸ Die *Farbenlehre* ist aber nur als Einheit von empirischer Forschung und Methodologie der Wissenschaft zu verstehen.

Zu befragen wären also Wissenschaftstheorie und Philosophie. Allerdings kommen auch deren neuere Studien wenn nicht zu einem vernichtenden, so doch zu einem skeptischen Urteil. So konnte Goethe etwa nach Rudolf Kötter die „erkenntnistheoretische Blockade“⁹ nicht überwinden, über die ihm im Falle der ‚Urpflanze‘ Schiller (und damit letztlich Kant) hinweggeholfen habe. Auch Martin Carrier vergleichende Untersuchung eines Newtonschen Experimentes mit Goethes Kritik daran führt zu dem Ergebnis, daß Goethe unterliegt, selbst wenn „die Niederlage Goethes [...] nicht einer totalen Kapitulation gleich[kommt...].“¹⁰ Die positive Beurteilung der *Farbenlehre* als früher Vorwegnahme von Horkheimers und Adornos *Dialektik der Aufklärung* hat dann für die Beurteilung Goethes *als Physiker* kaum noch Bedeutung.

Mit grundsätzlicher Zustimmung zu Goethes Wissenschaftstheorie hebt sich Peter Janich vom Konzert der Goethekritiker ab. Er sieht die *Farbenlehre* nicht, wie Gernot

⁶ Albrecht Schöne, *Goethes Farbentheologie*, München 1987; Holger Helbig, *Naturgemässe Ordnung. Darstellung und Methode in Goethes Lehre von den Farben*, Köln, Weimar, Wien 2004.

⁷ Vgl. die Übersichten von Dietrich von Engelhardt, „Goethes Farbenlehre und Morphologie in den Naturwissenschaften des 19. Jahrhunderts“, *Goethe-Jahrbuch* 116 (1999), 224-233; Irmgard Müller, „Goethes Farbenlehre und Morphologie in den Naturwissenschaften des 20. Jahrhunderts“, *Goethe-Jahrbuch* 116 (1999), 234-243 sowie Höpfner (Anm. 5).

⁸ Imre Lakatos, „Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme“, in: John Worrall, Gregory Currie (Hrsg.): ders., *Die Methodologie der wissenschaftlichen Forschungsprogramme*, Philosophische Schriften, 1, Braunschweig 1982, S. 62, Anm. 215.

⁹ Rudolf Kötter, „Newton und Goethe zur Farbenlehre“, *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 46 (1998), 585-600, hier 585.

¹⁰ Martin Carrier, „Goethes Farbenlehre – ihre Physik und Philosophie“, *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* 12 (1981), 209-225, hier 216.

Böhme, als ‚alternative‘ Wissenschaft, sondern „in schönster Harmonie zu modernen Naturwissenschaften“.¹¹ Insbesondere mit der aktuellen Forschung in Biologie, Psychologie und Physiologie stimme sie überein, insofern diese ihre Gegenstände nicht, wie die Physik, als gegeben hinnähmen, sondern als Erzeugtes betrachteten. Indem Goethe die Abhängigkeit experimenteller Ergebnisse vom Vorwissen des Experimentators und der Beschaffenheit der Apparate betone, gehe er über die Wissenschaftsphilosophie etwa des Wiener Kreises und über Poppers Falsifikationismus hinaus. Die Schwächen, die Janich abschließend dann doch noch der *Farbenlehre* zuschreibt, deuten jedoch auf ungenügende Auseinandersetzung mit dem Text hin. Wenn Goethe beispielsweise den Begriff ‚Bild‘ gleichermaßen auf Eindrücke auf der Retina, auf durchs Prisma betrachtete Bilder und auf ein Bild an der Wand anwendet, so vermengen sich hier keineswegs „in methodologischer Schizophrenie objektivistische und subjektivistische Sprechweisen“, sondern Goethe definiert den Begriff ‚Bild‘ mit Bedacht sehr weit als „begrenzt Gesehene[s]“ (FA I, 23/1, S. 94), um eben den Gegensatz von Objekt und Subjekt auszuhebeln, den Janich gegen ihn ins Feld führt. Auch hatte Goethe, wie unten zu zeigen sein wird, gute Gründe, „keine befriedigende Theorie des Lichts“, oder vielmehr: gar keine zu liefern. Den Einwand schließlich, Goethe habe „die Farbwahrnehmung [...] allein als Organismusleistung begreifen“ wollen und deswegen unterlassen, „rekonstruierend bei der Kulturleistung der gelingenden sprachlichen Kommunikation“¹² anzusetzen, kann Janich wohl nur vorbringen, weil er den historischen Teil der *Farbenlehre* ausklammert, in dem es um diese dem Subjekt vorgängige kulturelle Leistung geht.

Dies scheint symptomatisch für die neuere Rezeption der *Farbenlehre* durch Philosophie und Wissenschaftstheorie zu sein: Sie wird inzwischen nicht mehr in Bausch und Bogen abgelehnt, der Gewinn an „differenzierter“¹³ Argumentation scheint aber kaum auf eingehendem Studium des 1000-seitigen Werks zu beruhen. Vielmehr werden einzelne Aspekte herausgegriffen und je nach, wie Goethe sagen würde, ‚Vorstellungsart‘ des Verfassers positiv oder negativ bewertet.

¹¹ Gernot Böhme, „Ist Goethes Farbenlehre Wissenschaft?“ in: *Studia Leibniziana* IX (1977), S. 27-54; Peter Janich, „Ist Goethes Farbenlehre eine ‚alternative Wissenschaft‘?“ in: Hanno Möbius, Jörg Jochen Berns (Hrsg.), *Die Mechanik in den Künsten. Studien zur ästhetischen Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik*, Marburg 1990, 121-132, hier 125.

¹² Janich (Anm.), S. 130.

¹³ Martina Eicheldinger, „Die neuere Forschung zu Goethes naturwissenschaftlichen Schriften“, in: Bernd Hamacher, Rüdiger Nutt-Kofoth (Hrsg.), *Johann Wolfgang Goethe: Romane und theoretische Schriften*, Darmstadt 2007, 190-216, hier 201.

Die wenigen neueren Monographien zur *Farbenlehre* von Dennis L. Sepper, Theda Rehbock und Felix Höpfner¹⁴ werden dem Werk weit eher gerecht als die zuvor genannten Aufsätze, verfolgen jedoch ein von der vorliegenden Studie verschiedenes Erkenntnisinteresse. Sepper legt einen detaillierten Vergleich der physikalischen Argumente Goethes und Newtons vor und kommt zu dem Ergebnis, daß Goethe die wichtigsten Erkenntnisse der Wissenschaftstheorie des 20. Jahrhunderts vorweggenommen hat. Rehbock ist an der philosophischen Diskussion über die Farben interessiert und liest Goethe aus der Perspektive und mit der Begrifflichkeit Husserls und Wittgensteins. Höpfner schließlich grenzt Goethes Konzept von Wissenschaft von dem seiner Kritiker ab.

Im folgenden soll dagegen ausgehend von den Diskussionen um die Natur des Lichtes und den wissenschaftstheoretischen Diskussionen des 20. Jahrhunderts Raum geschaffen werden für Goethes Argumente gegen die Physik Newtons und der Zeit um 1800. Heringezogen wird der wohl bekannteste Hauptstrom der Wissenschaftstheorie. Der Umsturz der klassischen Physik durch die Relativitäts- und Quantentheorie führte zu Diskussionen über die theoretischen Grundlagen der Naturwissenschaften, die mit Pierre Duhem und dem Wiener Kreis begannen und deren am breitesten rezipiertes Ergebnis wohl seit 1934 mit Sir Karl Poppers *Logik der Forschung* vorliegt. In der Diskussion, die sich an Poppers Vorschlag anschloß, wissenschaftliche Theorien im Experiment zu falsifizieren statt positiv zu verifizieren, spielten Imre Lakatos, Thomas S. Kuhn und Paul Feyerabend eine größere Rolle. Während Kuhn und Feyerabend die Institution ‚Wissenschaft‘ aus unterschiedlichen Gründen insgesamt in Frage stellen, will Lakatos Poppers Falsifikationismus zu einem ‚raffinierten‘ Falsifikationismus weiterbilden, in dem nicht einzelne Theorien, sondern Forschungsprogramme falsifiziert werden, d.h. langfristig angelegte Bündel von Theorien, deren ‚harter Kern‘ eine Reihe von Modifikationen im Randbereich durchaus überstehen kann. Lakatos schärft zwar die methodologische Kritik an den Naturwissenschaften, befindet sich aber insofern noch ‚innerhalb‘ der Wissenschaft, als er ‚konstruktive Kritik‘ liefern will. Auf ihn und die genannten Wissenschaftstheoretiker, d.h. auf ‚klassische‘ Texte, die zwar weiterhin kontrovers diskutiert werden, deren Argumente aber zumindest als relevant akzeptiert werden, stützt sich der vorliegende Versuch.

¹⁴ Dennis L. Sepper, *Goethe contra Newton*, Cambridge, New York u.a. 2002 (zuerst 1988); Theda Rehbock, *Goethe und die ‚Rettung der Phänomene‘*. Philosophische Kritik des naturwissenschaftlichen Weltbilds am Beispiel der Farbenlehre. Konstanz 1995; Höpfner (Anm. 5).

Den Forderungen der Wissenschaftstheorie würde Goethe wohl zu weiten Teilen *nicht* zustimmen, insbesondere nicht derjenigen nach Vermehrung der Theorien. Wohl aber stimmt er mit ihrer Kritik an der induktiven Methode überein. Die Wissenschaftstheorie wird hier aber nicht nur herangezogen, um ihre partielle Übereinstimmung mit Goethe aufzuzeigen, sondern mehr noch, um das Feld für seine eigene Methodologie freizuräumen. Der Vf. verhehlt keineswegs, daß sein Hauptinteresse der ‚Rettung‘ von Goethes Methodologie gilt. Kann sie plausibel gemacht werden, so kann sich auch die literaturwissenschaftliche Analyse positiv auf die sachlichen Gehalte von Goethes naturwissenschaftlichem Werk stützen, und die Geistes- und Kulturwissenschaften insgesamt werden gegenüber den Natur- und Technikwissenschaften gestärkt, da die Differenz zwischen ‚harten‘ und ‚weichen‘ Wissenschaften in diesem Fall methodisch kaum noch zu halten wäre.

Eckermanns bekannter Bericht über ein Gespräch mit Goethe am 19. Februar 1829, der gewöhnlich als Beweis für die Lächerlichkeit von Goethes Anmaßung auf dem Feld der Naturwissenschaft zitiert wird, sollte schließlich an Plausibilität gewonnen haben:

„Auf alles was ich als Poet geleistet habe, pflegte er wiederholt zu sagen, bilde ich mir gar nichts ein. Es haben treffliche Dichter mit mir gelebt, es lebten noch Trefflichere vor mir, und es werden ihrer nach mir sein. Daß ich aber in meinem Jahrhundert in der schwierigen Wissenschaft der Farbenlehre der Einzige bin, der das Rechte weiß, darauf tue ich mir etwas zu gute, und ich habe daher ein Bewußtsein der Superiorität über Viele.“ (FA II, 12, S. 320)¹⁵

2. Theorien des Lichts

In jedem beliebigen Lexikon kann man heute nachlesen, was das Licht ist. Der *Brockhaus* etwa schreibt:

Licht, im engeren Sinn die für das menschliche Auge sichtbare elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 380 und 780nm (sichtbares Licht), im weiteren Sinn der Wellenlängenbereich zwischen etwa 100nm und 1mm (optische Strahlung), der auch die Ultraviolett- und Infrarotstrahlung umfasst; die Grenzen zu noch lang- beziehungsweise kurzwelligerer Strahlung sind fließend.¹⁶

Licht ist demnach eine sichtbare elektromagnetische Strahlung, die sich in Form von Wellen ausbreitet. Der angegebene Bereich der Wellenlänge unterscheidet das Licht von nicht sichtbaren elektromagnetischen Wellen, beispielsweise Radiowellen oder Röntgenstrahlung. Experimentell wurde der Wellencharakter des Lichtes erstmals 1801 von

¹⁵ Vgl. auch das Gespräch mit Frédéric Soret am 30. Dezember 1823, FA II, 10, 133.

Thomas Young nachgewiesen. Licht, das er durch einen Doppelspalt leitete, bildete Interferenzmuster aus, die sich nach der Vorstellung des Lichtes als körperlichen Teilchen nur schwer erklären ließen, wohl aber nach der von der Wellennatur des Lichtes.

Nun heißt es weiter unten im Brockhaus-Artikel:

Die meisten Eigenschaften des Lichts sind jedoch nur erklärbar, wenn man berücksichtigt, dass Licht wie jede elektromagnetische Strahlung sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften aufweist. Diese sind im Sinn der Quantentheorie komplementär. Welche Art der Beschreibung anzuwenden ist, richtet sich nach den experimentellen Gegebenheiten.

Die Eigenschaft des Lichtes, sich wie körperliche Teilchen (als ‚Lichtquant‘ oder ‚Photon‘) zu verhalten, kommt etwa bei der Umwandlung von Licht in elektrischen Strom in Photozellen zum Tragen. Licht wird in diesem und anderen Fällen als Strahlung von materiellen Teilchen verstanden, die von der Lichtquelle ausgeworfen werden. Nun sind die Vorstellungen des Lichtes als Teilchen und als Welle kaum miteinander vereinbar, da sich nach ersterer Materieteilchen im Raum fortbewegen, nach der zweiten aber ein Trägermedium schwingt, ohne sich fortzubewegen. Werner Heisenberg und Niels Bohr schlugen deswegen in der sogenannten ‚Kopenhagener Deutung‘ der Quantenmechanik 1927 vor, diese beiden Vorstellungen als komplementär aufzufassen. Auf den ersten Blick widersprächen sich zwar die beiden Deutungen des Lichtes als Welle und als Teilchen, man könne sie aber vereinen, wenn man annehme, daß ‚die Realität‘ je nach Versuchsaufbau dem Beobachter die eine oder die andere Seite zuwende. Die ‚eigentliche‘ Realität liegt demnach nicht vor unseren Augen, sondern dahinter. Sie kann weder gesehen noch in Versuchen dargestellt, sondern nur erschlossen werden. Die Einheit der beiden Seiten des Lichtes, d.h. die Ganzheit des Gegenstandes ‚Licht‘, ergibt sich dann nach Heisenberg auf dem Gebiet der Mathematik, in der Heisenbergschen Unschärferelation.

Versteht man die Physik als Wissenschaft von der Natur, so ist sie nach heutigem Erkenntnisstand nicht in der Lage zu erklären, was Licht ist. Sie scheitert schon an der Gegenstandsbestimmung, denn der ‚Gegenstand‘ Licht wird nicht in der Physik, sondern in der Mathematik bestimmt, und die Mathematik ist keine Wissenschaft von Gegenständen, sondern von abstrakten Strukturen. Lakatos zufolge waren Heisenberg und Bohr im Gegensatz zu Einstein bereit, sich mit dem erkenntnistheoretischen „fundamentalen Chaos“ abzufinden, das das Komplementaritätsprinzip mit sich brachte. Die ‚Kopenhagener Deutung‘ wurde

¹⁶ „Licht“, *Der Brockhaus in Text und Bild 2005* [CD-Rom], Mannheim 2004.

zum Bannerträger des philosophischen Obskurantismus [...]. In der *neuen* [Kopenhagener] Theorie inthronisierte Bohrs berüchtigtes ‚Komplementaritätsprinzip‘ (schwache) Widersprüche als einen grundlegenden, faktisch endgültigen Zug der Natur [...].¹⁷

Also nicht die Theorie, sondern die *Natur* befindet sich, so jedenfalls die Lakatossche Interpretation des Komplementaritätsprinzips, im Widerspruch. Rechnet man den Widerspruch der Theorie zu, so wäre sie zu verbessern; rechnet man ihn dagegen der Natur zu, so ist die Theorie nicht mehr zu widerlegen und wird endgültig. Mit Peter Huber läßt sich das Komplementaritätsprinzip allerdings auch so lesen, daß Bohr und Heisenberg eben *keine* Aussage über die Natur des Lichtes machen. Licht würde sich dann, ganz im Sinne Goethes, jeder empirischen Bestimmung entziehen: „Bohrs Komplementarität ist eine Modifikation von Goethes Begriff der ‚Polarität‘ in Verbindung mit der ‚Inkommensurabilität‘.“¹⁸

Ob nun das Komplementaritätsprinzip mit Lakatos als ‚obskur‘ oder mit Huber im Sinne Goethes als Konsequenz aus der ‚Inkommensurabilität‘ des Lichtes interpretiert wird: Unser tatsächlicher Erkenntnisstand hinsichtlich des Lichtes ist nicht weiter als vor 250 oder 300 Jahren. Damals zog man aus den Aporien, in die die physikalische Untersuchung des Lichtes führt, allerdings klare Konsequenzen: Man hielt sich mit Urteilen über seine ‚Natur‘ oder sein ‚Wesen‘ zurück. Johann Georg Walch schrieb 1726 im *Philosophischen Lexicon* über den physikalischen Begriff des Lichtes: „[...] weil es aber eine der allerschwersten Materie ist, so kan mans nicht weiter als auf Muthmassungen bringen.“¹⁹ Und im *Zedler* heißt es:

Licht [...] ist überhaupt dasjenige, was dergestalt in unsere Augen würcket, daß wir dadurch einen Begriff von Sachen ausser uns erlangen; oder kürzer zu reden, was die um uns stehenden Sachen sichtbar macht. [...] Diese Erklärung ist nur eine blosser Wort-Erklärung, dadurch man zwar erkennen kan, wenn es licht und wenn es finster ist, die aber das Wesen und die Beschaffenheit des Lichts gar nicht erkläret. Die *Definitio realis* oder diejenige, die die innere Beschaffenheit desselben erkläret, ist viel schwerer zu finden, und hat denen Naturkündigern sehr viel zu schaffen gemacht.²⁰

¹⁷ Lakatos, *Falsifikation* (Anm. 8), 59.

¹⁸ Peter Huber, *Naturforschung und Meßkunst. Spuren Goethescher Denkart in der frühen Quantentheorie*. Akademievorlesung gehalten am 2. November 1999. Hamburg 2000, 8. Die ‚Kopenhagener Deutung‘ hätte nach Huber nicht entstehen können, wenn Bohr und Heisenberg nicht mit Goethes *Farbenlehre* vertraut gewesen wären.

¹⁹ „Licht“, in: Johann Georg Walch, *Philosophisches Lexicon*, Leipzig 1726, 1627.

²⁰ „Licht“, in: J. H. Zedler (Hrsg.), *Grosses vollständiges Universal Lexikon Aller Wissenschaften und Künste* [...], Halle, Leipzig 1732-1754, 17, 825 b.

Selbst der Newtonianer Gehler schreibt noch 1789, Licht sei das, „was die Körper sichtbar macht. [...] Dieses Etwas, es bestehe worin es wolle, nennen wir Licht, und so bedeutet dieses Wort die unbekannte Ursache der Erleuchtung und des Sehens.“²¹ Licht ist hier, im Gegensatz zur *Brockhaus*-Definition, nicht sichtbar, sondern *macht* sichtbar. Und so verhält es sich tatsächlich, wenn wir den umgangssprachlichen Begriff des Lichtes etwas schärfen. Was wir sehen, sind immer nur leuchtende oder beleuchtete Körper. Eine ‚Strahlung‘ oder ‚Teilchen‘, die sich *zwischen* den leuchtenden und den beleuchteten Körpern befinden müßten, sehen wir dagegen nicht. Wenn im physikalischen Versuch die Intensität oder Wellenlänge des Lichtes gemessen wird, so bringt man ein Meßgerät in das Licht. Gemessen wird nicht das Licht, sondern die Interaktion des Lichtes mit einem beleuchteten Körper, dem Meßgerät. Wenn das Licht selbst, das sich zwischen leuchtendem und beleuchtetem Körper fortpflanzt, sichtbar wäre, würden wir keine Gegenstände mehr sehen; sie würden hinter dem Licht verschwinden.²²

Noch in einer anderen Hinsicht stimmt die Physik vor dem Ausgang des 18. Jahrhunderts mit der heutigen Physik überein. Auch damals wurde das Licht anhand der beiden unvereinbaren Theorien von der Wellen- und der Teilchennatur des Lichtes erklärt, die sich beide von der antiken Philosophie und Physik herleiten: die Wellentheorie von Aristoteles, die Teilchentheorie, nach der das Licht von der Lichtquelle ausgeworfen oder ‚emanirt‘ wird, von den Epikureern und dem Neoplatonismus. Allerdings wurden die beiden Erklärungsweisen in der Regel nicht mit dem Anspruch experimentell bestätigter Theorien, sondern als bloße Hypothesen vorgebracht. Man hatte ein klares Bewußtsein davon, daß die Physik nicht in der Lage ist, die ‚Natur‘ oder das ‚Wesen‘ des Lichtes aufzuklären, sondern lediglich, eine kleinere oder größere Menge von Phänomenen unter dem Gesichtspunkt einer Hypothese einheitlich zu erklären. Wenn einmal die eine und dann wieder die andere Hypothese dominierte, so wegen des kleineren oder größeren Umfangs von Phänomenen, den sie zu erklären imstande war.²³ Lakatos nennt

²¹ „Licht“, in: Johann Samuel Traugott Gehler (Hrsg.), *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre...*, Leipzig 1787-1796, 2. Th., 882.

²² Man wende nicht ein, daß dann ja auch der Schall nicht gehört würde, denn wir hören in der Tat nicht ‚den Schall‘, sondern einen Vogel, ein Auto, Kindergeschrei und Bachgeplätscher, also Geräusch*quellen*; wir sehen auch nicht Wellen, sondern wellenförmig bewegtes Wasser. ‚Schall‘ und ‚Welle‘ sind lediglich Abkürzungen. Die Existenzaussage betrifft die zugrundeliegenden Medien Luft und Wasser, nicht die Art ihrer Bewegung. Im Falle des Lichtes nehmen wir allerdings nicht einmal ein Medium, geschweige denn seine Bewegung wahr. Der physikalische Begriff ‚sichtbares Licht‘ vergegenständlicht die ihm zugrundeliegende Theorie. Vgl. auch das Motto oben.

²³ „Wer wollte nun glauben, daß ein menschlicher Verstand zureiche, alle Veränderungen in der Natur zu erklären. Man muß bey Erwählung deren physicalischen *Hypothesium* diejenige erwählen, welche denen meisten *Phaenomenis* gnug thut, haben sie gleich noch ihre grossen Schwierigkeiten, so muß man sie so lange vor wahrscheinlich paßieren lassen, bis man bessere Gründe findet, die Natur zu erklären.“ Zedler

diese Epoche der Wissenschaftsgeschichte die *tolerante* oder *skeptische* Aufklärung. Die wissenschaftliche Praxis und die Wissenschaftstheorie Newtons waren Lakatos zufolge dafür verantwortlich, daß die tolerante in eine *militante* Aufklärung umschlug.²⁴

Die wissenschaftstheoretischen Grundlagen seines Verfahrens hat Newton endgültig erst in der 2. Auflage der *Principia mathematica* von 1713 in einem Anhang unter dem Titel *Regulae philosophandi* festgehalten. Regel IV lautet:

In der empirischen Philosophie soll man Aussagen, die durch allgemeine Induktion aus Erscheinungen gewonnen sind, als mindestens mit großer Näherung wahr ansehen, auch wenn man sich entgegengesetzte Hypothesen ausdenken kann; und zwar so lange, bis andere Erscheinungen auftauchen, durch die sie entweder präzisiert oder mit Ausnahmen versehen werden. Dieser Regel muß man folgen, damit die induktive Argumentation nicht durch Hypothesen umgangen werden kann.²⁵

Regel IV zerfällt in mehrere Forderungen an die ‚empirische Philosophie‘, also die Naturwissenschaften. Den höchsten Grad von Wahrheit, der einer Aussage zukommen kann, verleiht der Beweis „durch allgemeine Induktion aus Erscheinungen“, der experimentell-induktive Beweis. Duhems und Goethes Kritik am *experimentum crucis* werden zeigen, was es damit auf sich hat. Hier geht es nur darum, inwiefern Newton Kritik an seinen Aussagen zuläßt.²⁶ Sie sollen erstens als wahr angesehen werden, „auch wenn man sich entgegengesetzte Hypothesen ausdenken kann“. Der Begriff ‚Hypothese‘ bezeichnete allgemeine Annahmen über die Natur, aus denen sich die Phänomene erklären lassen. Eine solche Hypothese wäre beispielsweise die Wellentheorie des Lichtes, die nicht ohne weiteres experimentell bewiesen werden kann, aber an einem bestimmten Punkt der Wissenschaftsgeschichte in der Lage ist, eine bestimmte Menge von Phänomenen zu erklären. Alle diese Hypothesen schließt Newton aus dem wissenschaftlichen Diskurs aus, und erklärt zugleich: „Hypothesen non fingo“: „Hypothesen erdenke ich nicht.“²⁷

(Anm. 20), 828.

²⁴ Vgl. Imre Lakatos, „Newtons Wirkung auf die Kriterien der Wissenschaftlichkeit“, in: ders., *Methodologie* (Anm. 8), 209-240, 213 und 216 f.

²⁵ Zit. n. Lakatos, *Newtons Wirkung* (Anm. 24), 220, Anm. 48. Vgl. auch Frage 31 in Isaac Newton, *Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts*, übers. u. hrsg. v. W. Abendroth. Frankfurt a.M. 2001, 146.

²⁶ Vgl. dazu Lakatos, *Newtons Wirkung* (Anm. 24), 223.

²⁷ Der Satz begründet zusammen mit Regel IV das Induktionsprinzip: „Ich habe noch nicht dahin gelangen können, aus den Erscheinungen den Grund dieser Erscheinungen der Schwere abzuleiten, und Hypothesen erdenke ich nicht. Alles nämlich, was nicht aus den Erscheinungen folgt, ist eine Hypothese und Hypothesen, seien sie nun metaphysische oder physische, mechanische oder diejenigen der verborgenen Eigenschaften, dürfen nicht in die Experimentalphysik aufgenommen werden. In dieser leitet man die Gesetze aus den Erscheinungen ab und verallgemeinert sie durch Induktion.“ Isaac Newton, *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*, Berlin 1872, 511.

Seine eigenen, aus ‚allgemeiner Induktion‘ gewonnenen Behauptungen, etwa das Gravitationsgesetz oder die unterschiedliche Brechbarkeit des Lichtes, gelten ihm nicht als Hypothesen, sondern als Tatsachen.²⁸

Die Aussagen des Induktivisten sollen aber zweitens so lange für wahr gelten, bis „andere Erscheinungen auftauchen, durch die sie entweder präzisiert oder mit Ausnahmen versehen werden.“ Newton akzeptiert also nur Kritik, die sich auf (in Experimenten hervorgebrachte) Erscheinungen stützt, und auch diese nur dann, wenn sie ‚konstruktiv‘ ist, also zu seinem eigenen Forschungsprogramm beiträgt, nicht etwa zu einem anderen. Die induktiv gewonnenen Aussagen sollen durch alternative Experimente entweder „präzisiert“ oder „mit Ausnahmen versehen“ werden. Im Sinne Newtons folgt das lediglich aus seinem induktiven Verfahren, das ja keine Hypothesen auf-, sondern Tatsachen feststellt; und Tatsachen kann man ja bekanntlich nicht widerlegen. Man darf seine Aussagen daher allenfalls genauer fassen oder auf Ausnahmen hinweisen.

Lakatos spricht von der „verrückten Newtonschen Methodologie“.²⁹ Newton hat sich aber, obwohl seine Theorie des Lichtes inzwischen zweimal umgekehrt wurde, bis heute damit durchsetzen können, wenn man einmal von der Grundlagenphysik absieht. Man kann eben jede neue Erfahrung als ‚Präzisierung‘ oder als ‚Ausnahme‘ des alten Forschungsprogramms auffassen. Laplace meinte 1787, die „Brillianz‘ des Newtonschen Programms [bestehe] gerade darin, daß es jede Schwierigkeit in einen neuen Triumph verwandelt, und das sei ‚das sicherste Zeichen der Wahrheit‘.“³⁰

In Deutschland setzten sich Newtons Auffassungen allerdings endgültig erst im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts durch, befördert von Immanuel Kants Erkenntniskritik, die Newtons naturwissenschaftliche Methodologie zum Paradigma wissenschaftlicher Erkenntnis überhaupt erhob, sowie verschiedenen einflußreichen Naturwissenschaftlern: Friedrich Albert Carl Gren, Professor in Halle, Verfasser eines *Grundrisses der Naturlehre* (1. Aufl. 1787) und seit 1790 Herausgeber des *Journals der Physik* (ab 1799 von Ludwig Wilhelm Gilbert als *Annalen der Physik* fortgeführt), Johann Samuel Traugott Gehler, Privatdozent für Mathematik an der Universität Leipzig und Verfasser des *Phy-*

²⁸ So im Brief an die Royal Society vom 12. Juli 1673: “1. The Sun’s light consists of rays differing by indefinite degrees of Refrangibility. / 2. Rays which differ in refrangibility, when parted from one another do proportionally differ in the colors which they exhibit. These two Propositions are matter of fact.” Isaac Newton, “Mr. Newtons Answer to the foregoing Letter” (von Christiaan Huygens), *Philosophical Transactions of the Royal Society* 96 (21 July 1673), 6087-6092, hier 6090. Vgl. auch das Motto oben. Goethe verweist in FA I, 23/2, 132 auf die lat. Übers. in: Isaaci Newtoni, equitis aurati, *Opuscula mathematica, philosophica et philologica*, Lausannae, Genevae 1744, II, 371: “Hae duae Propositiones facti sunt.”

²⁹ Lakatos, *Newtons Wirkung* (Anm. 24), 227.

³⁰ Lakatos: *Newtons Wirkung* (Anm. 24), 234.

sikalischen Wörterbuchs (1. Aufl. 1787) sowie Georg Christoph Lichtenberg, Professor für Physik, Mathematik und Astronomie an der Universität Göttingen.³¹ Zu den Hörern seiner Vorlesungen zählten u.a. die Brüder Humboldt, Carl Friedrich Gauß und August Wilhelm Schlegel.³² Lichtenberg galt als Deutschlands erster Physiker. Für seine Vorlesungen benutzte er das Lehrbuch seines Vorgängers Johann Christian Polykarp Erxleben, *Anfangsgründe der Naturlehre*, das zuerst 1772 erschienen war.³³ Ab der 3. Auflage (1784) versah er dieses im Sinne von Lakatos tolerante Lehrbuch mit markanten Zusätzen, an denen sich die doktrinäre Durchsetzung Newtons in Deutschland ablesen läßt. So schreibt er zu § 308, in dem Erxleben gegen Newtons Lichtkorpuskeln argumentiert:

Alle Einwürfe, die der Hr. Verf. [Erxleben] hier und in den folgenden §§ gegen die Lehre Newtons beybringt, sind von gar keinem Belang, wie er hier und da bey einigen in der Folge selbst zu fühlen scheint. Das Vibrations-System [= Wellenhypothese] reicht, vermittelt einiger Hülf-Fictionen zwar hin zu erklären wie Helle, Hellheit so entstehen kann wie wir sie bemerken, (und aus diesem Gesichtspunkt ist das Licht bis her fast einzig betrachtet worden) aber nicht, ohne Fictionen auf Fictionen zu häufen und allen Weg der Analogie gänzlich zu verlassen, wie so viele andre Wirkungen des Lichts statt finden können. [...] Man darf mit Zuverlässigkeit behaupten, daß, seitdem man angefangen hat das Licht als Körper mit allen seinen Affinitäten zu betrachten, [...] endlich ein Tag in den dunkelsten Gegenden der Physik zu dämmern angefangen hat.³⁴

³¹ Zur Institutionalisierung der Newtonschen Physik an den deutschen Universitäten vgl. die Einleitung des Hrsg. in: Georg Christoph Lichtenberg, *Physik-Vorlesung. Nach J. Chr. P. Erxlebens Anfangsgründen der Naturlehre. Aus den Erinnerungen von Gottlieb Gamauf*, hrsg. Fritz Krafft, Wiesbaden 2007, XV-LXXIV, insbes. XV-XLVIII.

³² Erzählungen Schlegels von Lichtenbergs Vorlesungen verdankte Novalis vielleicht die Anregung zum letzten Abschnitt von Klingsohrs Märchen im *Ofterdingen*, wo König und Königin als zwei gegenpolig geladene Leidener Flaschen auf einem Lichtenbergschen Elektrophor die Hochzeitsnacht verbringen. Lichtenberg pflegte bei seinen Vorführungen mit der Leidener Flasche die Buchstaben „GR“ für ‚Georgius Rex‘ (den englischen König, Lichtenbergs Förderer) auf die nichtleitende Fläche des Elektrophors zu schreiben. Vgl. dazu Lichtenberg, *Physik-Vorlesung* (Anm. 31), 371, die Einleitung Kraffts, LX, sowie Vf., „Die Herrschaft der Poesie. Chemie und Physik in Klingsohrs Märchen“. In: *Weimarer Blätter* 54 (2008), 42-62.

³³ Schon aus der ersten Auflage hatte auch Goethe sich, lange vor der Beschäftigung mit der Farbenlehre, „treulich unterrichtet“ (FA 24, 565 f.).

³⁴ J.C.P. Erxleben, *Anfangsgründe der Naturlehre. Entworfen v. J.C.P. Erxleben. Mit Verbesserungen u. vielen Zusätzen v. G.C. Lichtenberg*, 6. Aufl. Göttingen 1794, 274 f. Goethe wendet diese Stelle ironisch gegen Newton: „Newton muß sich mit seiner ersonnenen Unnatur viel zu schaffen machen, Versuche über Versuche, Fiktionen über Fiktionen häufen, um zu blenden, wo er nicht überzeugen kann.“ FA 23./1, 339, § 103.

Als Goethe Anfang 1790 das ‚Aperçu‘³⁵ vor der weißen Wand hatte, mit dem seine Beschäftigung mit der physikalischen Seite der Farbenlehre begann, hatte sich Newtons Korpuskeltheorie in Deutschland gerade erst durchgesetzt. Ihre ‚Widerlegung‘ (im Rahmen von Newtons Wissenschaftstheorie des induktiven Beweises) durch Youngs Doppelspaltversuch von 1801 – neun Jahre vor Erscheinen der *Farbenlehre* – wurde erst mit einer Dekade Verspätung im Jahre 1811 rezipiert.³⁶ Als 1853 Jean Bernard Léon Foucault die Wellentheorie durch den Nachweis bestätigte, daß die Lichtgeschwindigkeit in Wasser niedriger als in Luft ist, schwenkte die Wissenschaft endgültig zur Wellentheorie um, bis dieser wiederum 1881 durch Michelsons und Morleys experimentellen Nachweis der Nichtexistenz des Äthers das Medium entzogen wurde, in dem sich das Licht fortpflanzen sollte. Der mehrfache Wechsel von Beweis und Widerlegung hatte zur Folge, daß auch der Glaube an Newtons induktive Methode bröckelte. Nach Relativitätstheorie und Quantenphysik mußten dann die theoretischen Grundlagen der Physik neu durchdacht werden.

Wir können zunächst festhalten, daß die Folgerungen, die oben aus dem Vorgehen der modernen Physik des Lichtes gezogen wurden, schon von der Philosophie und Physik des 17. und früheren 18. Jahrhunderts, vor Newtons Durchsetzung in Deutschland, vertreten

³⁵ Als Goethe Anfang 1790 in einem weißen Zimmer durch ein geliehenes Prisma schaute, hatte er das ‚Aperçu‘, aus dem die *Farbenlehre* hervorging: „[...] ich erwartete, als ich das Prisma vor die Augen nahm, eingedenk der Newtonischen Theorie, die ganze weiße Wand nach verschiedenen Stufen gefärbt, das von da ins Auge zurückkehrende Licht in soviel farbige Lichter zersplittert zu sehen. / Aber wie verwundert war ich, als die durchs Prisma angeschaute weiße Wand nach wie vor weiß blieb, daß nur da, wo ein Dunkles daran stieß, sich eine mehr oder weniger entschiedene Farbe zeigte [...]. Es bedurfte keiner langen Überlegung, so erkannte ich, daß eine Grenze notwendig sei, um Farben hervorzubringen, und ich sprach wie durch einen Instinkt sogleich vor mich laut aus, daß die Newtonische Lehre falsch sei.“ FA I, 23/1, 976. Der Begriff ‚Aperçu‘ hat weniger mit religiöser Bekehrung (vgl. Schöne, wie Anm. 4, 20 ff. und passim) als mit dem philosophischen Begriff der Apperzeption zu tun, also bewußter Wahrnehmung, wie auch Goethes Darstellung zu entnehmen ist. Vgl. ‚Aperçu‘, Kluge, *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*, 24. Aufl. Berlin 2002. ‚Apperzeption‘ bedeutet nach Rudolf Eisler, *Wörterbuch der philosophischen Begriffe*, 2. Aufl. Berlin 1904 „die Klarwerdung bzw. Klarmachung eines Vorstellungsinhalts durch aufmerksames Erleben desselben. Die Wirkung des Apperzipierens besteht in der größeren Bestimmtheit, Bewußtheit des Vorstellungsinhalts und in der Einreihung desselben in den Zusammenhang des Ichbewußtseins.“ Es ist dies nichts anderes als eine Idee, die in der Übereinstimmung von innerem und äußerem Erleben als wahr erfahren wird. – Seit dem 19. Jahrhundert räumt man dem Entstehungskontext einer Idee, eines Einfalls oder Aperçus immer weniger Bedeutung für die Verifizierbarkeit der daraus entwickelten Hypothese ein, bis Karl R. Popper, *Logik der Forschung*, 5. Aufl. Tübingen 1973, 6 ff. schließlich konsequent zwischen wissenschaftlich irrelevanter Genese und wissenschaftlich relevanter Geltung unterscheidet. Goethes methodischer ‚Fehler‘ besteht lediglich darin, den Konventionen der Zeit und den eigenen Überzeugungen gemäß den Kontext der Entdeckung mitgeteilt zu haben, den man heutzutage verschweigt. Vgl. dazu auch Martin Carrier, *Wissenschaftstheorie zur Einführung*, Hamburg 2006, 35-43.

³⁶ Youngs 1801 gehaltener Vortrag *On the Theory of Light and Colours* erschien 1802 in den *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 92, 12-48, die deutsche Übersetzung *Über die Theorie des*

wurden: Licht ist kein Gegenstand, denn die Gegenstände *sind* erst als Gegenstände, weil sie im Licht stehen; und Licht ist nicht sichtbar, denn es macht allererst sichtbar. Goethe entwickelte seine *Farbenlehre* im Widerstand gegen den Umschlag der toleranten in die militante Aufklärung, die ihre theoretischen Konstruktionen für Tatsachen ausgibt. Lichtenberg etwa postulierte im Gefolge der Newtonschen Lichtteilchen auch besondere elektrische und magnetische, Wärme- und Schwereteilchen.³⁷ Daß Goethe dagegen an der wissenschaftlichen Skepsis festhielt, zeigt sich zunächst an der Zurückweisung *jeder* Definition des Lichtes. Am 7. Oktober 1810 schrieb er an Karl Friedrich Reinhard:

[...] die Natur des Lichts wird wohl nie ein Sterblicher aussprechen; und sollte er es können, so würde er von Niemanden, so wenig wie das Licht, verstanden werden. (FA II, 6, S. 605)

In dieser Situation sind wir heute. Wer Heisenbergs Unschärferelation nachvollzieht, hat noch lange nicht verstanden, was das Licht ist. Denn sie erklärt nicht das Licht, sondern das mathematische Verhältnis zweier physikalisch nicht miteinander zu vereinbarender Erklärungsweisen des Lichtes.³⁸ Wahrscheinlich war die Unschärferelation von Bohr und Heisenberg zurückhaltend als ‚Hypothese‘ im Sinne des 17. und frühen 18. Jahrhunderts gemeint. Jedenfalls spricht Heisenberg 1975 im Rückblick von „Wellenbild und Teilchenbild“, von *Bildern* für die Verhaltensweisen des Lichtes.³⁹ Heute wird sie überwiegend, wie am Brockhaus-Artikel und an Lakatos’ harscher Kritik zu sehen war, als Aussage über den *Gegenstand* Licht verstanden.

Daß die heutige Physik Goethes *Farbenlehre* als unwissenschaftlich zurückweist und Newtons *Optik* verteidigt, läßt sich anhand der Kriterien wissenschaftlicher Rationalität kaum erklären. Denn der Kern von Newtons *Optik*, die Korpuskeltheorie, wurde schon 1801 widerlegt, jedenfalls im Rahmen der damals geltenden Newtonschen Wissenschaftstheorie. Auch die Lichtbrechung am Prisma, die Newton als Beweis seiner Theorie heranzog, wird seitdem genauer anhand der Wellen- oder Undulationstheorie erklärt. Wohl aber läßt sich die Verteidigung von Newtons *Optik* durch die heutige Physik ver-

Lichtes 1811 in den Annalen der Physik, NF 9, 157-205.

³⁷ Vgl. Lichtenberg, *Physik-Vorlesung* (Anm. 31), S. 355 sowie die Einleitung von Krafft, XXXVI. Weiter noch als Lichtenberg geht F.A.C. Gren, *Grundriß der Naturlehre*, 3. Aufl. Halle 1797, *Zweyter Theil*, §§ 487 f., 639, 1230 und 1420, wenn er auf die Existenz des Wärme- und Lichtstoffs sowie elektrischer und magnetischer Materie *schließt*. In diese Reihe gehört auch das bekanntere Phlogiston.

³⁸ Nach Wolfgang Buchheim, „Die Komplementarität nach Niels Bohr. Physikgeschichtliche Episode oder universelles Wahrnehmungsprinzip?“ *Mitteilungen der deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina* 31 (1985), 181-194, hier 185, ist das Heisenbergsche Unschärfepinzip „erst mit der Berücksichtigung der Materiewellen und der fundamentalen Beziehungen von Planck und de Broglie physikalisch einigermaßen [!] verständlich geworden [...], obwohl es mathematisch-formal schon aus der Matrixmechanik folgt.“

³⁹ Zit. n. Buchheim (Anm. 38), 185.

stehen, wenn sie nicht als Beweis von Tatsachen, sondern als Beginn eines *Forschungsprogramms* im Sinne von Lakatos aufgefaßt wird. Denn dieses Forschungsprogramm läuft, obwohl es in der Zwischenzeit mehrfach auf den Kopf gestellt wurde, in weiten Teilen der naturwissenschaftlichen, v.a. aber der technischen Forschung, noch heute.

3. Das *experimentum crucis*

Nach der Wellentheorie, die etwa von Robert Hooke, Christiaan Huygens, Leonhard Euler und Thomas Young vertreten wurde, führt der Übergang des Lichtes in ein Medium anderer Dichte, z.B. von Luft in Glas, zu Modifikationen am Licht, die wir dann als Farben empfinden. Hooke hatte 1665 gezeigt, daß die Differenz der Zeitpunkte, zu denen die Strahlen eines Lichtbündels in Glas eintreten, zu einem Gangunterschied der Wellen und damit zu Interferenzen führt (Abb. 1). Licht ist danach homogen und breitet sich als Welle im Medium des weltraumerfüllenden

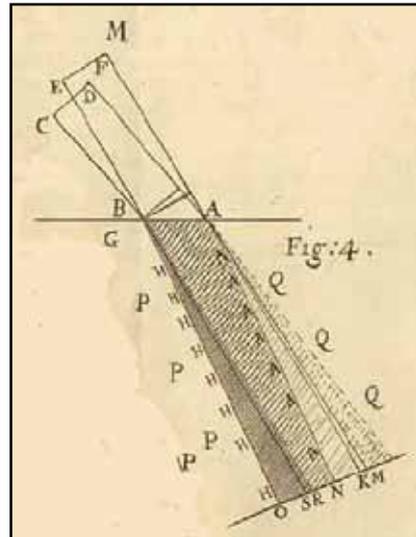


Abb. 1: Robert Hooke, *Micrographia*. London 1665. Schem. VI, nach S. 60, Fig. 4.

Äthers aus. Die Farben sind nicht ‚im Licht‘, sondern sie erscheinen unter gewissen Bedingungen ‚am Licht‘. Newton wollte dagegen zeigen, daß Licht aus

materiellen Teilchen oder Korpuskeln mit unterschiedlichen Eigenschaften besteht, die sich in Form von Strahlen hintereinander fortbewegen und die wir als Farben empfinden, wenn sie aufs Auge treffen. Im Sonnenlicht addieren sie sich zu weißem Licht, im Prisma wird das Licht in die unterschiedlichen Gattungen von Teilchen bzw. Farben zerlegt. Der physikalisch-mathematische Gehalt der ‚Zerlegung‘ des Lichtes ist seine diverse Refrangibilität, die unterschiedliche Brechbarkeit der Teilchen. Jede Korpuskel gehört demnach einer Gattung von Teilchen an. Das *experimentum crucis* sollte dies beweisen. Im folgenden wird nur dieses Experiment analysiert, da Newton selbst seine Kritiker immer wieder darauf zurückverwies⁴⁰ – ein Verfahren, das mit Regel IV übereinstimmt.

⁴⁰ So in „Mr Newton’s Answer to the precedent Letter“ (von Antonius Lucas), *Philosophical Transactions of the Royal Society* 11 (1676), 702 f.: „Concerning Mr. Lucas’s other Experiements, I am much obliged to him that he would take these things so far into consideration, and be at so much pains for examining them; and I thank him so much the more, because he is the first that has sent me an experimental examination of them. By this I may presume he really desires to know what truth there is in these matters. But yet it will

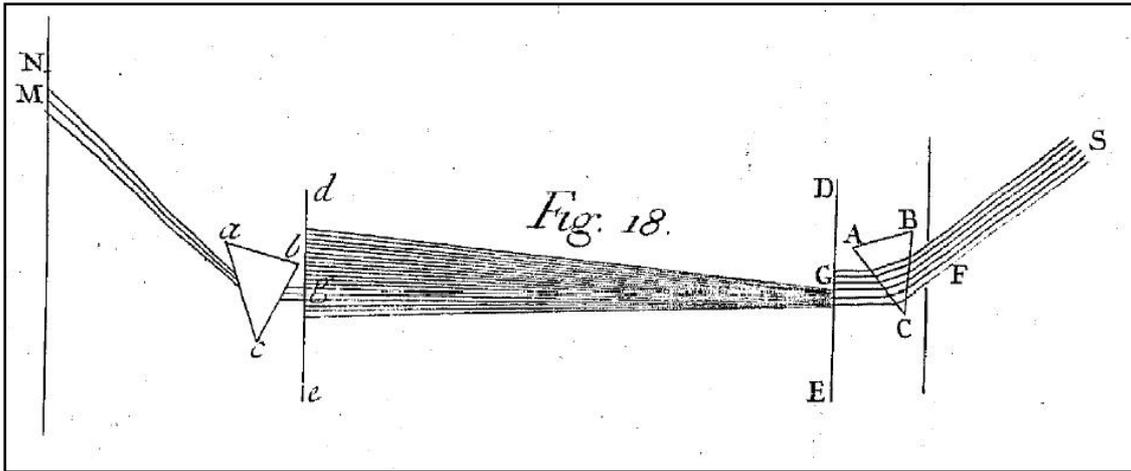


Abb. 2: Isaac Newton, *Opticks*. 3. Aufl. London 1721, Tab. IV, Fig. 18.

Newton läßt Licht von der Sonne *S* (Abb. 2) durch die relativ große Öffnung *F* im Fensterladen und durch das erste Prisma *ABC* fallen. Hinter dem Prisma befindet sich ein Brett *DE* mit einer kleinen Öffnung *G*, durch die ein Teil des Lichtes fällt und auf das zweite Brett *de* ein „längliches Farbenspectrum der Sonne“⁴¹ wirft. Dort befindet sich ein zweites kleines Loch *g*, durch das nur ein kleiner Teil des Farbenspektrums hindurchgeht. Das dahinter befestigte zweite Prisma *abc* bricht das verbleibende Licht noch einmal und wirft es anschließend auf die gegenüberliegende Wand nach *M* und *N*. Newton bewegt nun das erste Prisma *ABC* um seine Achse, so daß das auf Brett *DE* fallende Licht auf- und abwärts bewegt wird. Dadurch fällt Licht unterschiedlicher Farbe vom Loch *g* her auf das zweite Prisma und bewegt sich je nach Brechungswinkel bzw. Farbe an der Wand zwischen *M* und *N* auf- und abwärts. Diejenigen farbigen Strahlen, die am ersten Prisma *ABC* am stärksten gebrochen werden (nämlich blaue), werden auch am zweiten *abc* am stärksten gebrochen. Daraus zieht Newton den Schluß: „weil sie also constant mehr gebrochen werden, als andere, sind sie mit vollem Rechte **stärker brechbar** genannt worden.“⁴²

3.1 Newtons Schluß

Newton beweist aus dem Umkehrschluß gegen die Wellentheorie: Wenn weißes Licht nicht aus diskreten Strahlen bzw. Teilchen verschiedener Brechbarkeit bestünde, also

conduce to his more speedy and full satisfaction if he a little change the method which he has propounded, and instead of a multitude of things try only the *Experimentum Crucis*. For it is not number of Experiments, but weight to be regarded; and where one will do, what need many?“ Goethes Kommentar: FA I, 23/1, S. 822. Vgl. auch den Brief Newtons an Oldenburg vom 8.7.1672, zit. v. Lakatos, *Newtons Wirkung* (Anm. 24), 220.

⁴¹ Newton, *Optik* (Anm. 25), 32.

homogen wäre, dann müßte dasjenige Licht, das beim ersten Durchgang durch das Prisma beispielsweise zu Blau modifiziert wurde, beim Durchgang durch das zweite Prisma wieder weiß oder andersfarbig erscheinen können, bzw. der Strahl, der beim ersten Durchgang stark gebrochen wurde, könnte beim zweiten Durchgang schwach gebrochen werden. Das Licht könnte sozusagen ‚zurückmodifiziert‘ werden. Nun erscheint aber der Strahl nach dem Durchgang durch das zweite Prisma immer mit demselben Brechungswinkel und derselben Farbe wie nach dem Durchgang durch das erste Prisma. Also sind Farben und Brechung keine Modifikationen des Lichts, sondern das Licht besteht aus Teilchen, die unterschiedlich stark brechbar sind und uns als unterschiedliche Farben erscheinen.

Formal ist der Schluß durchaus korrekt. Er erfolgt im sog. *modus tollens* in folgenden Schritten:

$$\frac{A \rightarrow B, \neg B}{\neg A}$$

In Worten: Wenn bekannt ist, daß die Aussage *A* die Aussage *B* impliziert, und daß *B* falsch ist, dann ist auch *A* falsch. Newtons Schluß lautet dementsprechend:

Wenn weißes Licht homogen ist, kann man es ‚zurückmodifizieren‘.
Man kann Licht nicht ‚zurückmodifizieren‘.

Also ist weißes Licht nicht homogen.
(= Also besteht weißes Licht aus Teilchen unterschiedlicher Brechbarkeit.)

Im *modus tollens* wird von der Falschheit einer Alternative auf die Wahrheit der anderen geschlossen.⁴³ Als Verfahren der Entscheidung zwischen zwei Alternativen hatte Francis Bacon das *experimentum crucis* eingeführt.⁴⁴ Wellen- und Teilchenhypothese stehen allerdings nicht im Verhältnis zweier Alternativen, da es andere Erklärungsweisen für das Verhalten von Licht gibt, z.B. Descartes Hypothese rotierender Globuli oder Maxwells Theorie der Elektrodynamik. Um eine Hypothese als ‚wahr‘ auszumitteln, müßte nicht nur zwischen den zwei vorliegenden, sondern zwischen allen möglichen

⁴² Newton, *Optik* (Anm. 25), 33.

⁴³ Vgl. zum *modus tollens* etwa Friedrich Fischer, *Lehrbuch der Logik für academische Vorlesungen und Gymnasialvorträge*, Stuttgart 1838, 135-138, §§ 96-103 sowie Immanuel Kant, *Logik*, hrsg. G.B. Jäsche, in: *Kant's gesammelte Schriften*, hrsg. Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften, Berlin 1900 ff., IX, 129 f., §§ 75-77.

⁴⁴ Vgl. Francis Bacon, *Neues Organon*, lat.-dt. hrsg. v. Wolfgang Krohn. Hamburg 1990, Bd. 2, S. 438-463

Hypothesen der Reihe nach entschieden werden. Dies ist unmöglich, weil zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht alle möglichen Hypothesen bekannt sein können. So kannte Newton weder die elektrodynamische noch die bisher noch nicht ausgearbeitete Hypothese, nach der sich das Licht wie eine Staffel von 100-Meter-Läufern verhält. Er kannte allerdings den Versuch seines hartnäckigsten Gegners Hooke, mittels eines *experimentum crucis* die relative Überlegenheit (nicht die Wahrheit) der Wellen- über Descartes Globulihypothese zu zeigen.⁴⁵ Newtons *experimentum crucis* kann selbst unter der Annahme, daß Hookes Experiment die Hypothese Descartes erfolgreich ausgeschaltet hatte, rein formal nicht mehr leisten, als die Überlegenheit der Teilchenhypothese innerhalb des historisch gegebenen Ensembles von Globuli-, Wellen- und Teilchenhypothese zu erweisen. Von ‚Tatsachen‘ kann schon nicht mehr die Rede sein, bevor Newtons Experiment überhaupt auf seinen empirischen Gehalt geprüft wurde. Dazu Goethe:

Die künftigen Revisoren werden also ersucht darauf zu sehen, daß niemand, er sei wer er wolle, sich unterfange, eine Erklärung, Theorie oder Hypothese für eine Tatsache auszugeben. Daß der Stein fällt, ist Faktum, daß es durch Attraktion geschehe, ist Theorie, von der man sich innigst überzeugen, die man aber nie erfahren, nie sehen, nie wissen kann. (FA I, 23/2, S. 134; *Über Newtons Hypothese der diversen Refrangibilität*)

Nun hat Pierre Duhem 1906 gezeigt,⁴⁶ daß der *modus tollens* zwar in der Mathematik und Geometrie als indirekter Beweis seinen berechtigten Platz hat, nicht aber in der Physik, denn zwei Theorien lassen sich *prinzipiell* nicht in ein reines Gegensatzverhältnis bringen, weil sie sich nicht auf einzelne Hypothesen reduzieren lassen. Damit kann auch nicht per *modus tollens* zwischen ihnen entschieden werden. Physikalische Theorien bestehen aus ganzen Bündeln von Hypothesen, ja Bündeln von vorausliegenden Theorien, die schon in die experimentelle Apparatur eingegangen sind, ohne daß sich der Experimentator darüber vollständige Rechenschaft ablegen könnte. Das faktische Vorgehen eines Physikers, der seine eigene Theorie ‚beweisen‘ will, besteht darin, aus der Gegentheorie eine Konsequenz ‚abzuleiten‘ und diese dann im Experiment fallieren zu lassen. Die ‚abgeleitete‘, oder genauer: unterstellte Konsequenz wird die Gegner

(II, XXXVI/36).

⁴⁵ Robert Hooke, *Micrographia*, London 1665, 59: “Upon the calculation of the refraction and reflection from a Ball of Water or Glass, we have much the same *Phaenomena*, namely, an *obliquity* of the undulation in the same manner as we have found it here. Which, because it is very much to our present purpose, and affords such an *Instancia crucis* [= *experimentum crucis*], as no one that I know has hitherto taken notice of, I shall further examine. For it does very plainly and positively distinguish, and shew, which of the two *Hypotheses*, either the *Cartesian* or this is to be followed [...].”

⁴⁶ Pierre Duhem, *Ziel und Struktur der physikalischen Theorien*, hrsg. Lothar Schäfer, Hamburg 1978 (Nachdr. der Ausg. Leipzig 1908), 243-253. Die französische Originalausgabe erschien 1906.

durchaus überraschen, denn sie gehört nicht zum experimentell geprüften Kernbestand der Theorie. In diesem Fall befanden sich auch Hooke und die Wellentheoretiker. Newtons Obersatz, nach dem man das Licht der Wellentheorie zufolge müsse ‚zurückmodifizieren‘ können, war (soweit mir bekannt) von niemandem behauptet worden. Doch selbst wenn dieser Satz zu ihrem Gerüst gehörte, würde seine Widerlegung durch das *experimentum crucis* lediglich zeigen, daß *irgendwo* in der Wellen- oder in der Korpuskeltheorie, oder *irgendwo* in den Theorien, die in die Apparate der Wellentheoretiker oder in diejenigen Newtons eingegangen sind, der Grund dafür zu suchen ist, daß man Licht unerwarteterweise im vorliegenden Experiment nicht ‚zurückmodifizieren‘ kann. Wo der Grund liegt, kann aus der Widerlegung nicht geschlossen werden. Anders formuliert: Es kann aus prinzipiellen Gründen nicht gelingen, ein Experiment durch Ausschluß von Randbedingungen derart einzugrenzen, daß die Bedingungen für das Auftreten des untersuchten Phänomens sich auf eine endliche Menge von Hypothesen zurückführen lassen, deren Geltung überprüft werden könnte, soweit sie nicht schon anderweitig bewiesen sind. Denn jede Eingrenzung bringt weitere Theorien mit ins Spiel, die dann ihrerseits wieder geprüft werden müssen und so fort. Und wieder anders formuliert: Die ‚Widerlegung‘ einer Theorie wird genau dann akzeptiert, wenn die Mehrheit bzw. die einflußreichere Gruppe der am Disput beteiligten Wissenschaftler die ungeprüften Voraussetzungen der ‚Widerlegung‘ aufgrund gemeinsamer Vorurteile als ‚wahr‘ akzeptiert. Die Geschichte der Wissenschaften wäre daher wohl eher aus historisch-soziologischem Gesichtspunkt im Sinne des historischen Teils von Goethes *Farbenlehre* oder von Kuhns Paradigmenwechseln⁴⁷ denn als Fortschritt im Sinne einer Anhäufung bewiesener Wahrheiten zu schreiben.

Bevor wir auf Goethes Gegenargumente eingehen, soll kurz ein verbreitetes neueres Argument gegen die fundamentale Wissenschaftskritik Duhems und anderer Wissenschaftstheoretiker berücksichtigt werden. Es lautet: Wenn die gängigen physikalischen Theorien nicht wahr wären, würden die Maschinen als Resultate der Theorien nicht funktionieren. Das Gewicht der gesamten modernen Technik wird dergestalt als Argument gegen ‚bloß rationale Überlegungen‘ aufgeführt. Dagegen wäre einzuwenden, daß der Zusammenhang zwischen physikalischer Theorie und Technik nicht so eng ist, wie das Argument voraussetzt. Wäre es wahr, so müßten römische Brücken zusammenstürzen und mittelalterliche Windmühlen hätten keine Energie liefern können, weil die hinter ihnen stehende aristotelische Physik ‚falsch‘ war. Duhem legt am Beispiel der Messung der elektromotorischen Kraft einer Akkumulatorenbatterie dar, daß ein Experiment

⁴⁷ Thomas S. Kuhn, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, 2. Aufl. Frankfurt a.M. 1976.

„nicht den Zweck [hat] festzustellen, ob die als zulässig erkannten Theorien richtig sind oder nicht; es soll einfach aus diesen Theorien Nutzen ziehen.“⁴⁸ Nicht die Theorien werden im physikalischen Experiment getestet, sondern die Funktionsfähigkeit des experimentellen Aufbaus, in den die Theorien auf eine dem Experimentator undurchsichtige Weise eingegangen sind. Experimente sind bloß Maschinentests. Peter Janich hat daraus die Konsequenz gezogen, die Physik nicht mehr als Natur-, sondern als Technikwissenschaft zu verstehen.⁴⁹ Physikalische Gesetze sind demnach „nichts anderes als mathematisch formulierte Konstruktionsprinzipien von Maschinen und fixieren dergestalt ein historisch angesammeltes Wissen der Störungsbeseitigung.“⁵⁰

3.2 Goethes Gegenargumente

Goethe hat, trotz detaillierten Eingehens auf den Argumentationsgang von Newtons *Optik* im polemischen Teil der *Farbenlehre*, nicht den Versuch gemacht, ihn in aller Form zu widerlegen, denn eine solche Widerlegung ist ebenso unmöglich wie der positive Beweis für eine Theorie. Jede Theorie kann sich gegen Widerlegungen durch die Bildung eines Schutzgürtels von Hilfhypothesen erfolgreich verteidigen.⁵¹ Von daher wäre wohl der oft aphoristische Gang von Goethes Polemik zu erklären. Es kommt ihm eben nicht auf eine schulgerechte Widerlegung an, die wiederum ebenso schulgerecht von der gegnerischen Seite widerlegt werden könnte, sondern Newtons Gebäude soll durch ein anderes ersetzt werden, das auch formal die Konsequenz aus der Einsicht ausweist, daß es nichts zu beweisen gibt. Wahrscheinlich hat der im Sinne der überlieferten Form naturwissenschaftlicher ‚Beweise‘ unpräzise Bau des polemischen Teils der *Farbenlehre* mehr zu ihrer Ablehnung beigetragen als der Mangel an Argumenten. Gegen Ende der Auseinandersetzung mit dem *experimentum crucis* geht Goethe darauf ein:

Da nun aber dieser Versuch gar nichts [...] beweist [...]: so könnte man uns den Einwurf machen und die Frage erregen, warum wir denn nicht direkt auf diesen eingebildeten Haupt- und Grundversuch zugegangen, das Unstatthafte der daraus gezogenen Argumente [durch ‚Beweise‘ – Vf.] nachgewiesen, anstatt mit so vielen Umständen der Newtonischen Deduktion Schritt vor Schritt zu folgen und den Verfasser durch seine Irrwege zu begleiten. Hierauf antworten wir, daß, wenn davon die Rede ist, ein eingewurzelt Vorurteil zu zerstören, man keinesweges seinen Zweck erreicht, indem man bloß das Hauptaperçu [den ‚harten Kern‘ der Theorie – Vf.] überliefert. Es ist nicht genug, daß man zeigt, das Haus sei baufällig

⁴⁸ Duhem (Anm. 46), 244.

⁴⁹ Peter Janich, *Zweck und Methode der Physik aus philosophischer Sicht*. Konstanz 1973, 17.

⁵⁰ Janich (Anm. 49), 23.

⁵¹ Vgl. Lakatos, *Falsifikation* (Anm. 15), 47-52.

und unbewohnbar: denn es könnte doch immer noch [durch Hypothesen – Vf.] gestützt und notdürftig eingerichtet werden; ja es ist nicht genug, daß man es einreißt und zerstört, man muß auch den Schutt wegschaffen, den Platz abräumen und ebnen. Dann möchten sich allenfalls wohl Liebhaber finden, einen neuen kunstgemäßen [nicht mittels Deduktionen durch Irrwege leitenden, sondern eben kunstgemäßen – Vf.] Bau aufzuführen. (FA I, 23/1, S. 352 f.)

Eine strenge Widerlegung ist nach Goethe ebenso wie nach Duhem oder Lakatos unmöglich. Er zieht es daher vor, Alternativen zu Newtons Argumentation aufzuzeigen. Dies geschieht zum einen auf grundsätzliche Weise, indem er die Ungültigkeit naturwissenschaftlicher ‚Beweise‘ und ‚Widerlegungen‘ überhaupt darlegt, und zum anderen auf den besonderen Fall von Newtons *experimentum crucis* gemünzt, indem er mögliche andere Erklärungsweisen für das Phänomen aufzeigt. Damit wird die vorgebliche Notwendigkeit von Newtons Argumentation ausgehebelt, sein ‚Beweis‘ auf den Status einer bloßen Hypothese zurückgestuft: „denn für weiteres kann ich seine Meinung künftig nicht gelten lassen [...]“. (FA I, 23/2, S. 135) Im folgenden werden zwei grundsätzliche und zwei spezifische Argumente ausführlicher dargestellt.

Schon in *Über Newtons Hypothese der diversen Refrangibilität* (1793/94) brachte Goethe die grundsätzlichen Argumente vor. Newton hatte, weil er den Abstand zwischen Prisma und Projektionsschirm gegenüber früheren Versuchen erheblich vergrößert hatte, erstmals ein stark verlängertes Sonnenbild und seine Auffächerung in das volle Spektrum beobachtet; zuvor hatte man nur eine schwache Verlängerung und farbige Ränder gesehen.⁵² Newton interpretierte das Phänomen daher als Anomalie und zog die Folgerung, die bisher vertretenen Gesetze der Lichtbrechung seien falsch. Dies ist jedoch nicht notwendig:

Das Bild ist [nach Newtons richtiger Beobachtung], wenn der Strahl die Refraktion erlitten, länger, als es nach den [älteren] Gesetzen der Refraktion sein sollte. [...] So dürfen wir also an der Allgemeinheit dieses [älteren] Naturgesetzes zweifeln und fragen: sollt' es nicht möglich sein, dieses Gesetz allgemeiner auszusprechen, und zwar so, daß die hier angeführte Ausnahme mit darunter begriffen wäre? (FA I, 23/2, S. 133)

Wird ein Phänomen beobachtet, das nicht unter die bisher bekannten Hypothesen bzw. Gesetze fällt, so gibt es drei Möglichkeiten, Phänomene und Gesetze wieder in Übereinstimmung zu bringen: Man kann 1) ein Gesetz suchen, das das Phänomen erklärt und

⁵² Vgl. Thomas S. Kuhn, „Newton's Optical Papers“, in: J.B. Cohen and R.E. Schofield (Hrsg.), *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy*, Cambridge 1958, 27-46, hier 30.

den älteren Gesetzen widerspricht, d.h. man gründet eine neue physikalische Schule. Oder man konstruiert 2) Hilfhypothesen, die die Anomalie mit den bisherigen Hypothesen wieder in Übereinstimmung bringen. Goethe übergeht diese Möglichkeit, weil Hilfhypothesen dem allgemeinen Charakter von Gesetzen widersprechen. Oder man sucht 3) ein höheres Gesetz, das das ältere Gesetz umfaßt und *zugleich* das neue Phänomen erklärt. Goethe plädiert für diesen Weg, weil es wissenschaftshistorisch gesehen unwahrscheinlich ist, daß ältere, zumeist auch einfachere und vielfach geprüfte Gesetze bzw. Hypothesen beiseitegeschoben werden können, ohne daß die neuen, noch weitgehend ungeprüften Hypothesen neue Anomalien produzieren, sobald sie an einer breiteren phänomenalen Basis getestet werden. Ausnahmen wie die Ersetzung des geo- durch das heliozentrische Weltbild sind nicht ausgeschlossen, haben aber unabsehbare Folgen inner- wie außerhalb der Wissenschaft.⁵³ Vorsicht ist also aus wissenschaftsinternen wie -externen Gründen geboten. Der normale Gang der Wissenschaft sollte darauf abzielen, durch Erweiterung der phänomenalen Basis zu höheren Gesetzen aufzusteigen. Newton geht dagegen den ersten Weg. Er gründet gegen die Vertreter der Wellenhypothese eine neue Schule der Erklärung des Lichtes und verbietet anschließend, wie oben zu sehen war,⁵⁴ jede weitere Schulgründung. Möglich sind alle drei Wege; welcher zu gehen ist, wird nicht nach Kriterien der Logik entschieden, sondern nach solchen der Plausibilität. Newton aber beansprucht, im Gegensatz zu Goethe, für sein Vorgehen die Sicherheit mathematischer Sätze.

Das zweite grundsätzliche Argument richtet sich in Übereinstimmung mit Duhem gegen die Beweiskraft des *modus tollens*, der die Vollständigkeit der Alternative zweier Hypothesen voraussetzt:

Nun habe ich [Newton] alles versucht und mich dadurch überzeugt, daß keine äußere Ursache an dieser Verlängerung [des Spektrums] Schuld sei.

⁵³ „Doch unter allen Entdeckungen und Überzeugungen möchte nichts eine größere Wirkung auf den menschlichen Geist hervorgebracht haben, als die Lehre des Kopernikus. Kaum war die Welt als rund anerkannt und in sich selbst abgeschlossen, so sollte sie auf das ungeheure Vorrecht Verzicht tun, der Mittelpunkt des Weltalls zu sein. Vielleicht ist noch nie eine größere Forderung an die Menschheit geschehen: denn was ging nicht alles durch diese Anerkennung in Dunst und Rauch auf: ein zweites Paradies, eine Welt der Unschuld, Dichtkunst und Frömmigkeit, das Zeugnis der Sinne, die Überzeugung eines poetisch-religiösen Glaubens; kein Wunder, daß man dies alles nicht wollte fahren lassen, daß man sich auf alle Weise einer solchen Lehre entgegensetzte, die denjenigen, der sie annahm, zu einer bisher unbekanntem, ja ungeahneten Denkfreiheit und Großheit der Gesinnungen berechtigte und aufforderte.“ FA I, 23/1, 667.

⁵⁴ Vgl. oben, S. 9.

Also ist es eine innere Ursache, und diese finden wir in der Teilbarkeit des Lichtes. [...]

Was gegen die Überzeugung aus einer vollständigen Erfahrung einzuwenden sei, fällt in die Augen. Hier fragt sich, ist denn auch alles beobachtet worden, was beobachtet werden mußte? Wer kann beweisen, daß eine Erfahrung vollständig sei? Und gilt nicht gegen ihn jede Darlegung neuer Erfahrungen, die in diesen Kreis gehören? (FA I, 23/2, S. 133).

Die Alternative zwischen äußeren und inneren Ursachen ist identisch mit der zwischen Wellen- und Teilchenhypothese, weil erstere die Modifikation des Lichtes durch äußere Ursachen, letztere dagegen innere, konstante Eigenschaften der Korpuskeln annimmt. Goethes Kritik geht, wie diejenige Duhems, gegen den *modus tollens*: Erst wenn alle möglichen äußeren Ursachen ausgeschlossen sind, greift der Schluß auf innere Ursachen.⁵⁵ Ein vollständiger Ausschluß äußerer Ursachen aber ist grundsätzlich nicht möglich, denn der Ausschluß erfolgt durch Einschub weiterer Bedingungen in den experimentellen Apparat, die äußere Ursachen erneut mit sich bringen.

Newton hatte äußere Ursachen ausschließen wollen, indem er das Licht zweimal unter denselben Bedingungen durch Löcher schickte.⁵⁶ Um die Vollständigkeit des Ausschlusses äußerer Ursachen darzulegen, müßte er folglich alle Erfahrungen berücksichtigen, die mit Licht an Löchern auftreten. Wollte er eine vollständige Untersuchung dieser Phänomene durchführen, so wäre wohl ein weiteres *experimentum crucis* notwendig. Um darin Eindeutigkeit zu erreichen, müßte er weitere Bedingungen zwischen Licht und Löcher einschieben usw. Tatsächlich müßte er die *gesamte* Erfahrung durchgehen, um seinen Beweis zu führen; aber selbst dies würde nach Goethe nicht genügen, denn irgendwann in der Zukunft könnte eine neue Erfahrung gemacht werden, die den Schluß wieder aufhebt: „Und gilt nicht gegen ihn jede Darlegung neuer Erfahrungen, die in diesen Kreis gehören?“

Soweit die grundsätzlichen Argumente. Aus Goethes konkreter Kritik am *experimentum crucis* wird eine *alternative Hypothese* herangezogen, die Newtons Anspruch

⁵⁵ Goethe zählt FA I, 23/1, 800 ff. die äußeren Ursachen auf, die Newton glaubt ausgeschlossen zu haben, und faßt 805 zusammen: „Da nunmehr Newton diese sechs Bedingungen völlig removiert zu haben glaubt, so schreitet er unmittelbar zu dem Schlusse: es sei die Farbe im Lichte nicht nur eingeboren, sondern die Farben in ihren spezifischen Zuständen seien in dem Lichte als ursprüngliche Lichter enthalten, welche nur durch die Refraktion und andre äußere Bedingungen manifestiert, aus dem Lichte hervorgebracht und in ihrer Uranfänglichkeit und Unveränderlichkeit nunmehr dargestellt würden.“

⁵⁶ „Die unveränderte Lage der Löcher in den Brettern bedingte in allen Fällen genau gleichen Eintritt der Strahlen in das zweite Prisma; *und doch* wurden trotz gleichen Einfalls gewisse Strahlen stärker gebrochen,

anfechtet, ausschließlich innere Eigenschaften könnten die Phänomene erklären, und der *Nachweis*, daß nicht die Prismen, sondern diejenigen Löcher, die Newton in den Versuch bringt, um ‚äußere Ursachen‘ zu eliminieren, die Farben produzieren. Die Argumente sind jedoch nicht – dies muß vorweggeschickt werden – gegen eine reduzierte Fassung von Newtons Beweisen gerichtet, wie sie heute in ihn hineininterpretiert werden mag oder wie er sie selbst stellenweise vertritt,⁵⁷ sondern gegen Newtons Argumente für die Substantialität des Lichtes, wie sie auch von den Newtonianern um 1800 vertreten wurden. Man könnte dies als den ‚harten Kern‘ der Newtonschen Theorie im Sinne von Lakatos bezeichnen. Auch bestreitet Goethe nicht das Phänomen der unterschiedlichen Brechung farbigen Lichtes, das er als Newtons Neuentdeckung, als sein legitimes ‚Aperçu‘ anerkennt; er deutet das Auftreten von Farben aber nicht als Folge der Brechung, sondern als Folge der Verrückung von Bildern.⁵⁸ Angefochten wird die *Folgerung*, Licht bestehe aus Korpuskeln mit unterschiedlichen ‚inneren Eigenschaften‘: „Daß die Farbenerscheinung bei der Refraktion nicht zufällig, sondern gesetzmäßig sei, dieses

andere weniger [...].“ Newton, *Optik* (Anm. 24), 33 (Hervorh. v. Vf.).

⁵⁷ Newton entwickelte 1675 eine (auch von ihm so bezeichnete) Hypothese, um seinen Gegnern, insbesondere Hooke, entgegenzukommen. Danach pflanzen sich die Lichtstrahlen in einem Äther fort ähnlich dem, den die Wellentheoretiker annehmen. Sie ging später mit einigen Modifikationen in das zweite Buch der *Optik* ein. Das Licht ist danach, der Zusammenfassung Horst Zehes folgend, „weder identisch mit dem Äther, noch besteht es in dessen Vibrationen, sondern ist ein Etwas, das von den leuchtenden Körpern ausgesandt wird; es kann aus Korpuskeln bestehen, eine Bewegung oder auch nur der Impetus zu einer solchen Bewegung sein, wesentlich ist nur, daß das Licht aus Strahlen besteht.“ Goethe. *Die Schriften zur Naturwissenschaft*, hrsg. D. Kuhn und W.v. Engelhardt (Leopoldina-Ausgabe, i. f.: LA), II., 5 A, Weimar 1992, 167 f. – Wenn es nach dieser Auffassung gleichgültig ist, ob Licht Korpuskel (Newtons Theorie), Bewegung (Hookes u.a. Wellenhypothese) oder auch nur der Anstoß zu einer Bewegung (Descartes Globulihypothese) ist, dann besteht die reduzierte Fassung von Newtons Theorie lediglich darin, daß Licht sich in Form von Strahlen, d.h. geradlinig fortbewegt, solange es nicht auf Hindernisse trifft (das wußte man schon in der Antike), und daß die Regeln der Lichtbrechung mathematisierbar sind. Der Gehalt von Regel IV reduziert sich dann darauf, daß Messungen verbessert und Rechnungen korrigiert werden können. Man weiß dann allerdings nicht mehr (wie bei Heisenbergs Komplementaritätsprinzip), worüber man überhaupt redet, weil man die Messungen nicht eindeutig dem Gegenstand ‚Licht‘ zuordnen kann, der ja nicht phänomenal, sondern nur mathematisch bestimmt wird. Verbindet Newton diese mathematische Lesart mit dem Exklusivitätsanspruch nach Regel IV, so verbietet er alle Untersuchungen von Licht und Farbe, die über ihre mathematische Seite hinausgehen – eine schwer zu legitimierende Einschränkung der Naturforschung. Es fragt sich dann zudem, warum er in der *Optik* nicht bloß auf die mathematische Seite des Lichts, sondern auf den Nachweis seiner Substantialität zielt. Goethe charakterisiert das Verfahren: „Es ist ein fortdauerndes Setzen und Aufheben, ein unbedingtes Aussprechen und augenblickliches Limitieren, so daß zugleich alles und nichts wahr ist. / Diese Art, welche eigentlich bloß dialektisch ist und einem Sophisten ziemte, der die Leute zum besten haben wollte, findet sich, so viel mir bekannt geworden, seit der scholastischen Zeit wieder zuerst bei Newton.“ FA I, 23/1, S. 806. Vgl. auch Kuhn, *Newton's Optical Papers* (Anm.52), 39 f.

⁵⁸ FA I, 23/1, 450, § 469: „Denn da er [Newton] den Grund der Farbenerscheinung in die Refraktion legte, da er die Brechbarkeit, die verschiedene Brechbarkeit ausgesprochen und festgesetzt hatte; so war nichts natürlicher als daß er die Wirkung der Ursache gleich setzte, daß er glaubte und behauptete, ein Mittel das mehr breche, müsse auch die Farben stärker hervorbringen, und indem es die Brechung eines andern aufhebe, auch zugleich die Farbenerscheinung wegnehmen.“

hat Newton ganz richtig eingesehen und behauptet. Die Geschichte wird uns zeigen, wie dieses wahre Aperçu seinem Falschen zur Base gedient [...].“ (FA I, 23/1, S. 387, § 221) Newtons unterschiedliche Brechbarkeit wird nicht deshalb zum „Gespenst der diversen Refrangibilität“ (FA I, 23/2, S. 135), weil sie nicht stattfindet, sondern weil es die *Entität* (die Korpuskeln) nicht gibt, der er sie zuschreibt. Erscheinungen aber, die ohne materielle Grundlage erscheinen, werden üblicherweise als Gespenster bezeichnet. Lichtenberg und andere Newtonianer um 1800 vermehrten die Zahl der Gespenster beträchtlich um magnetische, elektrische und weitere Entitäten.⁵⁹

Goethes alternative Hypothese geht gegen die Annahme Newtons, bei dem Licht, das er in seinen Versuchen durch den Fensterladen leitet, handele es sich um einen neutralen Lichtstrahl bzw. um ein Bündel von Lichtstrahlen, die die innere Natur des Lichtes in sich trügen. Teilt man das Lichtbündel, so erhält man nach Newton Teile ‚des Lichtes‘, die sich entweder, wenn die Löcher relativ groß gewählt wurden, noch zu Weiß vereinigen, oder eben, bei hinreichend kleinen Löchern und Durchleitung durch Prismen, die ursprünglichen Bestandteile des Lichtes zeigen. Goethe betrachtet das Licht in Newtons Experimenten dagegen nicht als Instanz der Entität ‚Licht‘, sondern als *Bild der Sonne*.⁶⁰ Diese Ansicht entspricht den Erfahrungen mit der *camera obscura* und jedem Diaprojektor. Auf dem Projektionsschirm ist keineswegs Licht im allgemeinen, sondern ein umgekehrtes Bild des Dias bzw. derjenigen Dinge zu sehen, die sich außerhalb der *camera obscura* befinden. Richtet man sie auf die Sonne oder andere helle Objekte bzw. nimmt das Dia aus dem Projektor heraus, so erscheint ebenfalls nicht ‚Licht‘, sondern ein je nach Größe des Loches mehr oder weniger scharfes Bild der Sonne bzw. der Projektorlampe. Im *experimentum crucis* hat die Vergrößerung des Loches in Newtons Fensterladen zwar zur Folge, daß die Konturen des Sonnenbildes verwischt werden, es ist aber auf dem Projektionsschirm weiterhin als begrenztes Bild erkennbar.⁶¹ Kein Wellen-, kein Teilchentheoretiker würde diese Erscheinung leugnen. Es besteht kein hinreichender

⁵⁹ Vgl. oben, 13 und Anm. 37.

⁶⁰ „Das Leuchtende, welches hier wirkt, ist ein Begrenztes, und die Sonne wirkt hier, indem sie scheint und strahlt, als ein Bild. Man mache die Öffnung in dem Laden der Camera obscura so klein als man kann, immer wird das ganze Bild der Sonne hereindringen.“ FA I, 23/1, 120 (§ 309), vgl. 337 (§ 99) – Auch Newton spricht *Optik* (Anm. 25), 19 u.ö. vom „Bild der Sonne“, allerdings erst auf dem Projektionsschirm, während Goethe das Bild von seinem Entstehungsort (dem Loch) aus bis zum Schirm vorwärtsgehen läßt.

⁶¹ „Vor allen Dingen erinnern wir uns, daß wir im Reiche der Bilder wandeln. Beim Sehen überhaupt ist das begrenzt Gesehene immer das, worauf wir vorzüglich merken; und in dem gegenwärtigen Falle, da wir von Farbenerscheinung bei Gelegenheit der Refraktion sprechen, kommt nur das begrenzt Gesehene, kommt nur das Bild in Betrachtung.“ FA I, 23/1, 94.

Grund, die Erscheinung im *experimentum crucis* nicht als Bild, sondern als ‚bloßes Licht‘ anzusprechen.

Nun lassen sich die Bilder eines Diaprojektors mittels verschiedener Instrumente wie Linsen oder Prismen weiterbehandeln, bevor sie auf den Schirm treffen, und dasselbe gilt auch für Teile der Bilder. Man kann beispielsweise Teilbilder aussondern, indem man eine durchlöchernte Tafel zwischen Linse und Schirm hält, und die Teilbilder anschließend durch Linsen unterschiedlicher Brennweite schicken, so daß sie in unterschiedlicher Vergrößerung auf den Schirm geworfen werden. Ebenso ist es möglich, Teile des Bildes mittels Prismen oder Spiegeln umzulenken, so daß etwa der linke Teil des Bildes rechts und der rechte Teil links erscheint.

Wenn Newton Tageslicht durch das relativ große Loch des Fensterladens einläßt, so erscheint auf dem Schirm eine unscharf begrenzte weiße Fläche mit kaum sichtbaren farbigen Rändern. Hält er dicht vor das Loch ein Prisma, so wird das Bild umgelenkt und in die Länge gezogen. Die farbigen Ränder sind nun deutlich zu erkennen. Wird zwischen Prisma und Schirm ein Brett mit einem engen Loch gebracht, so zeigt der Schirm ein langgezogenes Bild in den Farben des Spektrums. Ein weiteres Brett mit engem Loch wird aus dem Spektrum einen Teil, etwa den blauen, hindurchlassen und den Rest auffangen. Ein weiteres Prisma wird das blaue Teilbild noch einmal umlenken und weiter in die Länge ziehen, jedenfalls aber nur dieses Teilbild zeigen. Damit wurde Newtons *experimentum crucis* vollständig nachgebaut. Niemand, der sich mit den Wirkungen der *camera obscura*, des Diaprojektors, der Löcher und Prismen nur wenig vertraut gemacht hat und vorurteilslos den Versuchsaufbau nachvollzieht, wird erwarten, daß der Schirm hinter dem zweiten Prisma einen anderen Teil des Sonnenbildes, hier also des Spektrums, zeigt als eben denjenigen, der durch das zweite Loch gegangen ist. Diese Erwartung gleiche derjenigen, daß man unterhalb eines Rostes, auf den Kartoffeln geschüttet werden, Erbsen auffangen könnte. Newton aber unterstellt der Wellentheorie die Konsequenz, das Licht müsse sich ‚zurückmodifizieren‘ lassen, also beispielsweise der blaue Teil des Spektrums beim Durchgang durch das zweite Prisma rot erscheinen können, und meint, er habe sie widerlegt, weil das *experimentum crucis* zeigt, was jedermann erwartet. Und umgekehrt zieht er aus der wenig überraschenden Tatsache, daß Teilbilder auch dann Teilbilder bleiben, wenn sie durch Prismen umgelenkt und verlängert werden, die Folgerung, ‚das Licht‘ bestehe aus unterschiedlich stark brechbaren materiellen Teilchen.

Thomas S. Kuhn hat darauf hingewiesen, daß die Deutung der ausgesonderten farbigen ‚Lichtstrahlen‘ als Teilbildern zulässig ist. Sie wurde von Grimaldi schon vor Newton vorgebracht, und Pardies wiederholte sie in der Diskussion um Newtons Experiment.

Sie konnte sich allerdings nicht durchsetzen, weil die Wellentheoretiker nicht über Newtons damals neue mathematische Kenntnisse verfügten. So konnte er seine ‚Widerlegung‘ ihrer Voraussagen über die Länge des Spektrums mathematisch bestätigen, ohne daß ihm eine ebenbürtige mathematische Darlegung der Wellentheorie hätte entgegengesetzt werden können.⁶² Es traf nicht etwa eine ‚richtige‘ mathematische Interpretation des Phänomens auf eine ‚falsche‘, sondern eine mathematische auf eine (noch) nicht-mathematische. Das Argument der Newton-Gegner wurde dadurch natürlich nicht entkräftet, sondern lediglich seine Akzeptanz behindert. Von daher trifft Goethes Einwurf, die Mathematik werde in der Physik überschätzt, zumindest den historischen Gang der Optik.

Goethe schlägt also vor, das *experimentum crucis* aus der Alltagserfahrung mit optischen Instrumenten ohne Heranziehung einer komplexen Theorie zu deuten:

Was von dem ganzen Bilde [dem Spektrum] gilt, das gilt auch von seinen Teilen. Man fange das durchs erste Prisma hervorgebrachte farbige Bild mit einer durchlöcherten Tafel auf, und lasse dann die aus verschiedenen farbigen isolierten Bildern bestehende Erscheinung auf die weiße Tafel fallen; so werden diese einzelnen Bilder, welche ja nur ein unterbrochenes ganzes Spektrum sind, den Platz einnehmen, den sie vorher in der Folge des Ganzen behauptet hatten. [...] Nun fange man dieses unterbrochene Bild gleich hinter der durchlöcherten Tafel mit einem Prisma auf, und refrangiere es zum zweitenmal; so werden die einzelnen Bilder, indem sie weiter in die Höhe steigen, ihre Distanzen verändern [...]. Es ist aber weiter nichts, als daß das ganze Bild gesetzmäßig verlängert worden, von welchem im letztern Fall nur die Teile gesehen werden. [...] Bei der Newtonischen Vorrichtung ist dieses nicht so deutlich; doch bleiben Ursache und Resultat immer dieselbigen, er mag die Bilder einzeln, indem er das erste Prisma bewegt, durchs zweite hindurchführen; es sind immer Teile des ganzen farbigen Bildes, die ihrer Natur getreu bleiben. [...] Hier ist also keine diverse Refrangibilität [Brechbarkeit als dem Licht inhärente Eigenschaft – Vf.], es ist nur eine wiederholte Refraktion, eine wiederholte Verrückung, eine vermehrte Verlängerung [Brechung usw. als Ereignisse am Licht – Vf.], nichts mehr und nichts weniger. (FA I, 23/1, S. 351, §§ 128-131)

⁶² Kuhn, *Newton's Optical Papers* (Anm.), 31-33. Ebenso Goethe, FA I, 23/2, 136: „[...] aber wer will es mit dem größten Geometer aufnehmen, dem die Hilfsmittel der höheren Rechenkunst alle zu Gebote standen, und dessen Fehlschlüsse, wenn er ihrer begangen haben sollte, nur durch seinesgleichen entdeckt werden können.“

Goethes Deutung trifft aus zwei Gründen ins Zentrum der Newtonschen Theorie.⁶³ Zum einen stellt er eine alternative Hypothese auf, wie das Phänomen zu deuten ist, und bestreitet dadurch Newtons Anspruch, die einzig mögliche Theorie zu liefern; und zum andern zeigt er, daß es gar keiner Theorie⁶⁴ bedarf, um das Phänomen zu deuten, daß die Farben beim Durchgang durch zwei Prismen unverändert bleiben, sondern lediglich einiger Kenntnis der Erfahrungen, die sich im Umgang mit Licht und optischen Instrumenten ergeben haben. Daß das Verhältnis zwischen Farben und Brechungswinkel konstant bleibt, gibt er ohne weiteres zu; daraus folgt jedoch keineswegs, daß die Farben bzw. Brechungswinkel ‚inhärente Eigenschaften‘ von Korpuskeln sind.

Goethe zeigt zweitens, daß die Farben nicht am Prisma, sondern an den Löchern entstehen. Das grundsätzliche Argument, daß der Ausschluß von Randbedingungen neue Phänomene produziert, wird derart ganz konkret am Experiment vorgeführt:

Er [Newton] behauptet, daß die Ränder [der Löcher, durch die das Licht geht] keinen Einfluß auf die Farbenerscheinung bei der Refraktion haben; und was tut er in seinem Experiment? Er bringt dreimal Grenzen hervor, damit er beweise, die Grenze sei ohne Bedeutung! (FA I, 23/1, S. 424, § 355)



Abb. 3: J. W. Goethe, Beiträge zur Optik, Tafel 17 (FA I, 23/2, Tafel 19); Ausschnitt.

Newtons Darstellung des *experimentum crucis* setzt die Theorie voraus, die erst zu beweisen wäre. Nach Newton wird das weiße Licht vom ersten Prisma zerlegt, geht als schon farbiges Licht durch das erste Loch und fällt dann auf das zweite Brett. Das ist jedoch nicht der Fall.

Wenn Newton ein relativ großes Lichtbündel durch den Fensterladen *F* und das erste Prisma leitet, ergibt sich auf dem ersten Brett *DE* keineswegs eine bloß farbiges Fläche, sondern eine weiße Fläche mit farbigen Rändern, ungefähr so, wie sie auf Goethes Tafel (Abb.

3) zu sehen ist. Davon erwähnt Newton im Zusammenhang des *experimentum crucis* nichts. Im vorangegangenen Versuch hatte er diese ‚weiße Mitte‘ dagegen nur ‚durch die

⁶³ Charakteristisch für die germanistische Rezeption von Goethes Newton-Kritik ist der Kommentar in FA I, 23/1, 1205: „Newton hatte mit diesem Experiment bewiesen [!], daß bei Zerlegung des Lichtstrahls in seine monochromatischen farbigen Komponenten diese nicht erneut spektral zerlegt werden können. Goethe hingegen sieht im wiederholten Durchgang durch ein Prisma lediglich eine Kette von Bildverrückungen; er erkennt mithin die Beweiskraft von Newtons Versuch überhaupt nicht an.“

⁶⁴ Im Sinne der induktiven Wissenschaften, die die Theorie im Experiment ‚verifizieren‘.

Hintertür“ (FA I, 23/1, S. 344, § 113), nämlich ohne sie zu erklären, eingeführt. Erst im zweiten Teil der *Optik* wird die Erklärung des Weiß nach der zuvor entwickelten Theorie nachgetragen.⁶⁵ Newton kann das Weiß zwar als Mischung farbiger Lichtstrahlen erklären, aber die nachgetragene Erklärung setzt den *Beweis* voraus, der vollständig nur wäre, wenn ihm eine von der Theorie unabhängige Erklärung der weißen Mitte *vorherginge*. In der vorliegenden Form handelt es sich um eine *petitio principii*, eine Beweiserschleichung: Die Erklärung der weißen Mitte rekurriert auf den im *experimentum crucis* geführten ‚Beweis‘, und das *experimentum crucis* setzt die Erklärung der weißen Mitte voraus:⁶⁶

Wie kommt nun auf einmal das Weiße durch die Hintertür herein? wie ist es *abgeleitet*? ja, wie ist es, *nach dem bisher Vorgetragenen*, nur möglich? Dies ist einer von den sehr schlimmen Advokatenstreichen, wodurch sich die Newtonische Optik so sehr auszeichnet. (FA I, 23/1, S. 3244, § 113, Hervorh. v. Vf.)⁶⁷

Nachdem das Sonnenlicht durch das erste Prisma *ABC* gegangen ist (Abb. 2), fällt auf das erste Brett *DE* weißes Licht mit farbigen Rändern. Auf das erste Loch *G* fällt also ebenfalls weißes Licht, aber auf das zweite Brett *de* fällt, falls das Loch *G* klein genug gewählt wurde, dennoch *farbiges* Licht. Wie ist das zu erklären? Newton unterschlägt das Problem, Goethe gibt daher die Antwort selbst:

Darauf müßte man denn doch antworten: es geschähe durch die Beschränkung, welche nach der Refraktion das Lichtbild in der kleinen Öffnung *G* erleidet. Dadurch wäre aber auch zugleich schon eingestanden, daß eine Beschränkung, eine Begrenzung zur prismatischen Farbenerscheinung notwendig sei; welches doch in dem zweiten Teile dieses [ersten] Buches [der *Optik*] hartnäckig geleugnet werden soll. Diese Verhältnisse, diese notwendigen und unerläßlichen Bedingungen muß Newton verschweigen, er muß den Leser, den Schüler im Dunkeln erhalten, damit ihr Glaube nicht wankend werde. (FA I, 23/1, S. 347 f., § 120)

⁶⁵ Newton, *Optik* (Anm. 25), 104-109.

⁶⁶ Beim Streit um die ‚weiße Mitte‘ glaubte die Physik nach Erscheinen der *Farbenlehre* leichtes Spiel zu haben, indem sie erklärte, sie werde aus den divergierenden Strahlen so lange rekonstruiert, als sich die Strahlen der Primärfarben in der gehörigen Proportion noch überlappten. So z.B. der von Goethe so genannte ‚Kieler Pfaff‘: Christoph Heinrich Pfaff, *Über Newtons Farbentheorie, Herrn von Goethes Farbenlehre und den chemischen Gegensatz der Farben. Ein Versuch in der experimentalen Optik*, Leipzig 1813, 109 f. Vgl. auch die (Pfaff zustimmenden) Erläuterungen in LA (Anm. 57) II, 5 A, 230-233 sowie den (Newton zustimmenden) Kommentar FA I, 23/1, 1205. – Da sich die Newtonsche Physik bereits durchgesetzt hat, sieht die Physik um 1800 (wie auch die heutige Germanistik) nicht, daß keine Erklärung, sondern ein *Beweis* gefordert ist.

⁶⁷ Goethe nimmt damit einen weiteren Kritikpunkt Duhems vorweg: Der Physiker wird „oft bei der Beschreibung der Experimente, die die bereits entwickelten Theorien verifizieren, auf Theorien, zu denen er erst gelangen wird, vorgreifen müssen.“ Duhem (Anm. 46), 272.

Zwischen Loch *G* und Brett *de* befindet sich offensichtlich nichts, was den Gang des Lichtes in relevanter Weise beeinflussen würde. Wenn weißes Licht auf das Loch, aber farbiges Licht auf das nächstfolgende Brett fällt, so bleibt als Erklärung für die Modifikation des Lichtes nur das Loch selbst. Die Farben entstehen Goethe zufolge nicht beim Durchgang durch das Prisma, sondern an den *Löchern*. Das Prisma verschiebt das Bild nur und zieht es auseinander. Newton aber schickt das Licht durch Löcher, um *störende Randbedingungen* als *Fehlerquellen* auszuschließen. Damit legt er die Grundlage zum naturwissenschaftlichen Experiment, das ‚Randbedingungen‘ ausschließt, um das ‚Objekt‘ isoliert als solches beobachten zu können.⁶⁸ Nach Goethe aber sind diejenigen Bedingungen, die nach Newton unerwünschte Störfaktoren ausschließen, genau diejenigen Bedingungen, die es als Objekt konstituieren!⁶⁹ Nicht zerlegt das Prisma das Licht in Farben, die schon zuvor in ihm waren, sondern erst die Löcher, durch die Newton das Licht schickt, um es ‚objektiv‘ zu beobachten, erzeugen die Farben. Der Ausschluß von Randbedingungen isoliert nicht ein zuvor schon vorhandenes ‚Objekt‘, sondern er produziert es allererst.

Goethe stellt die Beziehung zwischen dem Phänomen ‚physische Farbe‘ und seinen sämtlichen Umgebungsbedingungen ins Zentrum der Aufmerksamkeit, Newton die Beziehung zwischen dem beobachtenden ‚Subjekt‘, das das Experiment arrangiert, und dem beobachteten ‚Objekt‘ ‚Lichtkorpuskel‘. Die Bedingungen der Erscheinung des Phänomens unterteilt er, ohne sich darüber Rechenschaft abzulegen, in solche, die das Ergebnis auf für sein Argumentationsziel relevante Weise beeinflussen, und solche, die Störfaktoren ausschließen. Zur ersten Gruppe gehören die Prismen, zur zweiten die Löcher. Diese werden zwar nicht aus dem Versuch selbst, wohl aber aus der Reflexion über das Versuchsergebnis ausgeblendet. Werden sie jedoch gedanklich oder ‚theoretisch‘ ausgeklammert – würden sie wirklich weggenommen, wäre auch das Phänomen weg –, so folgt, daß das resultierende gedankliche Konstrukt ‚Objekt‘ (Newtons ‚Korpuskeln‘), im Unterschied zum im Experiment erscheinenden Phänomen, *nicht* unter diesen Bedingungen *er*-scheint. Die Vorsilbe *-er* fällt weg, aus dem Phänomen wird im Übergang zum

⁶⁸ Dazu Popper, *Logik der Forschung* (Anm. 35), 72: „Der Experimentator wird durch den Theoretiker vor ganz bestimmte Fragen gestellt und sucht durch seine Experimente für diese Fragen und nur für sie eine Entscheidung zu erzwingen [Beispiel: Newtons *experimentum crucis* – Vf.]; alle anderen Fragen bemüht er sich dabei auszuschalten. [...] So bemüht sich der Experimentator, den Versuch so einzurichten, daß er gegenüber *einer* Frage ‚... möglichst empfindlich, gegenüber allen anderen in Betracht kommenden aber möglichst unempfindlich ist ...: hierin besteht u.a. die Arbeit der Abschirmung aller möglichen *Fehlerquellen*.“ Eingeschlossenes Zitat aus Hermann Weyl, *Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft*, München 1927, 113.

⁶⁹ Etwas zurückhaltender, nämlich vom Standpunkt der gegenwärtigen Physik aus, stellt Carrier (Anm. 10), 218 f. die Auswirkung von Randbedingungen auf Versuche dar.

gedanklichen Konstrukt bloßer *Schein*, weil die Bedingungen der Erscheinung des Phänomens darin nicht mehr vollzählig vorhanden sind.

Jedes Phänomen erscheint unter gewissen Bedingungen, und zwar *genau* unter diesen Bedingungen. Wird das Phänomen zum Zweck der Untersuchung eingegrenzt, so werden die Bedingungen seines Erscheinens verändert. Es ist also zuallererst zu beachten, wie sich die Eingrenzung auf das Phänomen auswirkt:

Die Lehre dagegen, von der wir überzeugt sind [...], beschäftigt sich auch mit dem weißen Lichte. Sie bedient sich auch äußerer Bedingungen, um farbige Erscheinungen hervorzubringen. Sie gesteht aber diesen Bedingungen Wert und Würde zu, sie bildet sich nicht ein, Farben aus dem Lichte zu entwickeln, sie sucht uns vielmehr zu überzeugen, daß die Farbe zugleich von dem Lichte und von dem, was sich ihm entgegenstellt [im *experimentum crucis* also an den Löchern – Vf.], hervorgebracht werde. (FA I, 23/1, S. 303, § 20).

Es *gibt* Goethe zufolge keine Objekte, noch Subjekte, außer man zieht Grenzen um sie.⁷⁰ Wenn wir uns über diese Grenzziehungen nicht täuschen, haben wir keine Entitäten mit konstant inhärierenden Eigenschaften, sondern Phänomene vor uns, die mit wechselnden Umgebungsbedingungen entstehen, sich verändern, und wieder verschwinden.

In der lebendigen Natur geschieht nichts, was nicht in einer Verbindung mit dem Ganzen stehe, und wenn uns die Erfahrungen nur isoliert *erscheinen*, wenn wir die Versuche nur als isolierte Fakta anzusehen haben, so wird dadurch nicht gesagt, daß sie isoliert *seien*, es ist nur die Frage: wie finden wir die Verbindung dieser Phänomene, dieser Begebenheiten? (FA I/25, S. 33, *Der Versuch als Vermittler zwischen Objekt und Subjekt*, 1793)

Im Sinne der Wellenoptik handelt es sich bei den Farbenercheinungen an Newtons Löchern einfach um Beugungsphänomene, die immer dann auftreten, wenn Licht begrenzt wird, etwa an einer Kante oder beim Durchgang durch Spalten und Löcher. Nach der neueren Physik wird dadurch der Wellencharakter des Lichtes ‚bewiesen‘, allerdings wohl noch immer nach denselben fragwürdigen Regeln induktiver Beweisführung, die Newton in Regel IV vertritt. Goethe zog daraus die skeptische Konsequenz, sich des Urteils über die Natur oder das ‚Wesen‘ des Lichtes zu enthalten. Die Möglichkeit, dasselbe Phänomen auf verschiedene Weise zu erklären, etwa anhand der Globuli-, der

⁷⁰ Die Entgegenstellung von Objekt und Subjekt entsteht durch die Grenzziehung *des Subjekts*: “In der ganzen sinnlichen Welt kommt alles überhaupt auf das Verhältnis der Gegenstände untereinander an, vorzüglich aber auf das Verhältnis des bedeutendsten irdischen Gegenstandes, des Menschen, zu den übrigen. Hierdurch trennt sich die Welt in zwei Teile, und der Mensch stellt sich [!] als ein Subjekt dem Objekt entgegen. Hier ist es, wo sich der Praktiker in der Erfahrung, der Denker in der Spekulation abmüdet und einen Kampf zu bestehen aufgefordert ist, der durch keinen Frieden und durch keine Entscheidung geschlossen werden kann.“ FA I/23, 1, 83, § 181.

Wellen- oder Teilchentheorie, resultiert aus der Überbewertung der Theorie, des ‚subjektiven Faktors‘ im komplexen Zusammenspiel zwischen Mensch und Welt. Eine gültige Alternative zu Newton verlangt daher nach einer Methodologie, die die Fallstricke der Theorie weitmöglichst vermeidet.

4. Goethes Methodologie

Während Newton das Licht als *Substanz*⁷¹ mit bestimmten *Eigenschaften* bestimmt, leitet Goethe die Farben von den *Bedingungen* ab, denen es ausgesetzt wird. Man könnte mit Cassirer von Substanz- und Funktionsbegriff sprechen. Es ist nicht unmöglich, Licht in Gattungen von Teilchen verschiedener Brechbarkeit einzuteilen, aber die Behauptung von Gattungen ist zweckwidrig, weil sie den Blick auf die Wechselwirkungen zwischen dem Licht und den Bedingungen, unter denen es erscheint, verstellt und so die Forschung behindert. Newton aber spricht im Brief an die Royal Society von 1672 von sieben „originalen und einfachen“ Farben, also Gattungen von Teilchen. In der *Optik* reduzierte er ihre Zahl dann auf fünf.⁷² Dennoch wird man nicht einfach den Substanzbegriff für falsch und den Funktionsbegriff für richtig erklären oder umgekehrt. Vielmehr handelt es sich um verschiedene Arten, über die Phänomene zu sprechen. Das hat Goethe ebenso gesehen:

Wir bilden uns also keineswegs ein, zu beweisen, daß Newton unrecht habe [...].
(FA I, 23/1, S. 308, § 31).

Goethe hatte schon nach der Veröffentlichung der *Beiträge zur Optik* (1791/92) schlechte Erfahrungen mit der Fachwissenschaft, etwa mit Lichtenberg, gemacht, da sich eben damals die Newtonsche Korpuskeltheorie durchsetzte. Er erwartete daher keineswegs, daß die *Farbenlehre* von den Zeitgenossen akzeptiert würde.⁷³ Wollte er seinem

⁷¹ Vgl. den Brief Newtons an die Royal Society von 1672: “These things being so, it can no longer be disputed, whether there be colours in the dark, nor whether they be the qualities of the objects we see, nor perhaps, whether Light be a Body. For, since Colours are the qualities of Light, having its Rays for their intire and immediate subject, how can we think those Rays qualities also, unless one quality may be the subject of and sustain another; which in effect is to call it Substance. We should not know Bodies for substances, were it not for their sensible qualities, and the Principal of those being now found due to something else, we have as good reason to believe that to be a Substance also.” *Philosophical Transactions of the Royal Society* 80, 19 Feb. 1671/72, 3075-3087, hier 3085.

⁷² Newtons Brief an die Royal Society von 1672 (Anm. 71), 3082 sowie Newton, *Optik* (Anm. 25), 23.

⁷³ Vgl. auch Goethe: *Über Newtons Hypothese der diversen Refrangibilität* (1793/94), FA I, 23/2, 130: „[...] und so bleibt dem Beobachter, der auf dem freien Wege der Natur, die unendlichen Phänomene verfolgt, welche die Schule in ihren engen Kreis gebannt zu haben glaubt, nichts übrig, als entweder einsam und in sich verschlossen seinen Weg fortzugehen, oder bei einem öffentlichen Bekenntnis sich auf die heftigen Ausfälle einer ganzen Partei vorzubereiten. Und so ist mir recht wohl bekannt, was mich erwartet, indem ich gegenwärtig auftrete, um zu zeigen, daß ein großer und berühmter Beobachter als Mensch seinen

alternativen Forschungsprogramm zumindest langfristig dennoch eine Chance eröffnen, so mußte er *wissenschaftstheoretisch* argumentieren. Denn aus bloßen Fakten, Beobachtungen und Experimenten kann man eben *nicht* eine Theorie *ableiten*, wie Popper im 20. Jahrhundert noch einmal gezeigt hat.⁷⁴ Die Reihe von Beobachtungen im *Didaktischen Teil* der *Farbenlehre* hat keine Beweiskraft, sowenig wie die Experimente Newtons. Goethe konnte Newtons Hypothese nicht widerlegen, er mußte „ihr Fundament [...] untergraben“.⁷⁵ Eine Auswahl der wesentlichen Argumente wurde schon vorgebracht. Sie sollten den Platz freimachen für Goethes Vorschlag einer alternativen wissenschaftlichen Methode, aus der abschließend zwei wichtige Punkte herausgehoben werden.

4.1 Beobachtung und Hypothese

Newton will mit Experimenten und Rechnungen die Eigenschaften des Lichtes *beweisen*. In Lakatos' Terminologie handelt es sich um ‚klassisches Rechtfertigungsdenken‘ oder ‚Justifikationismus‘. Die induktive Wissenschaft sammelt danach einen wachsenden Schatz von positiven Wahrheiten an, indem sie im Wechselspiel von Hypothese und Experiment wahre Sätze produziert. Ob eine Hypothese wahr ist, zeigt sich im Experiment, das sie entweder bestätigt oder widerlegt.⁷⁶ Diese Vorstellung von wissenschaftlichem Fortschritt kann nun schon deswegen nicht zutreffen, weil Aussagen und Beobachtungen zwei unterschiedlichen Ebenen der Wirklichkeit angehören, zwischen denen sich nicht ohne weiteres ein kontinuierlicher Übergang aufzeigen läßt: der Ebene sinnlicher Erscheinungen und der Sprache. Nur Sätze können wahr oder falsch sein, beobachtbare Erscheinungen sind einfach *da*. Popper plädiert daher dafür, Theorien nicht zu *verifizieren*, sondern zu *falsifizieren*, d.h. im Experiment nicht positiv zu bestätigen, sondern lediglich negativ zu widerlegen. Später zeigten Wissenschaftstheoretiker wie Lakatos, Kuhn oder Feyerabend, daß Theorien auch nicht falsifiziert werden können; was akzeptiert wird, ergibt sich vielmehr aus dem hier und jetzt gültigen Sprachspiel im Sinne Wittgensteins. Theorien werden nicht akzeptiert, weil sie bewiesen werden, sondern weil

Tribut abtragen müsse, daß selbst das große Genie Newton sich bei Erfahrungen übereilte und mit Folgerungen zu frühzeitig vorschritt [...]“.

⁷⁴ Vgl. Popper, *Logik der Forschung* (Anm. 35), 60 ff.

⁷⁵ Goethe an Johann Friedrich Reichardt, 17.11.1791: „Sie werden in der Folge noch wunderbare Dinge zu sehen kriegen, und wenn ich mich nicht sehr irre so wird die Neutonische Hypothese von diverser Refrangibilität der Lichtstrahlen, von ihrer Spaltung in sieben, oder Gott weiß wie viel, bunte einfache Strahlen wie eine alte Mauer zusammen fallen, wenn ich nur erst ihr Fundament werde untergraben haben. Denn einer so wohlvertheidigten Vestung ist blos durch miniren anzukommen.“ FA II, 3, 593.

⁷⁶ Newtons „*hypotheses non fingo*“ (vgl. oben, S. 9) bezieht sich auf die wissenschaftliche Diskussion, die sich auf induktiv ‚bewiesene‘ Sätze stützen soll, nicht auf das heuristische Verfahren zur Gewinnung solcher Sätze.

sie inhaltlich oder methodisch dem herrschenden Sprachgebrauch folgen oder ihn in ihrem Sinne modifizieren können. Und nun Goethe dazu:

Wir möchten nicht gern [...] unsre Leser durch irgend eine Paradoxie scheu machen, wir können uns aber doch nicht enthalten, zu behaupten, daß sich durch Erfahrungen und Versuche eigentlich nichts beweisen läßt. Die Phänomene lassen sich sehr genau beobachten, die Versuche lassen sich reinlich anstellen, man kann Erfahrungen und Versuche in einer gewissen Ordnung aufführen, man kann eine Erscheinung aus der andern ableiten, man kann einen gewissen Kreis des Wissens darstellen, man kann seine Anschauungen zur Gewißheit und Vollständigkeit erheben, und das, dünkte ich, wäre schon genug. Folgerungen hingegen zieht jeder für sich daraus; beweisen läßt sich nichts dadurch, besonders keine Ibilitäten und Keiten [also Wesenheiten wie Refrangibilität bzw. Brechbarkeit – Vf.]. Alles, was Meinungen über die Dinge sind, gehört dem Individuum an [...]. (FA I, 23/1, S. 308, § 30).

„Folgerungen ziehen“, „etwas beweisen“ und „Meinungen über die Dinge haben“ sind sprachliche Akte, die in keiner logisch aufweisbaren Beziehung zu den Phänomenen stehen, denn die logischen Beziehungen sind selbst sprachlicher Natur. Goethe gibt zwar graduelle Übergänge von der sinnlichen Erfahrung zur Meinung an, weil *alle* Beobachtung (anders als bloßes Sehen) schon mit Theorie gesättigt ist, und umgekehrt Sprache immer auch auf sinnliche Erfahrungen referieren – sollte; eben deswegen *beweist* aber auch der graduelle Übergang vom Phänomen zur individuellen Meinung nichts; er kann nur die Plausibilität erhöhen. Die Sätze der *Farbenlehre* zeigen daher im Sinne Wittgensteins auf die Phänomene.⁷⁷ So ist Goethes ständig wiederholte Aufforderung zu verstehen, die Versuche selbst anzustellen. Der didaktische Teil der *Farbenlehre* ist lediglich eine Anweisung, sich die Sachverhalte geordnet vor Augen zu führen, eine Anleitung zur Beobachtung. Newtons Forderung, *keine* Hypothesen aufzustellen, wird hier erfüllt.

4.2 Ordnung der Phänomene

Die Wissenschaften nutzen Theorie und Methode, um Phänomene auszuwählen, in eine Ordnung zu bringen und zurechtzustutzen. Sie organisieren sie, soweit es sich machen läßt, zu einem *System*; unpassende Phänomene werden erst gar nicht nicht entdeckt

⁷⁷ Ludwig Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus. Logisch-philosophische Abhandlung*, Frankfurt a.M. 1979, Satz „4.2 Der Sinn des Satzes ist seine Übereinstimmung, und Nichtübereinstimmung mit den Möglichkeiten des Bestehens und Nichtbestehens der Sachverhalte.“ Aussagesätze machen also Anspruch auf Übereinstimmung mit den Sachverhalten, die sie meinen. Sie können diesen Sinn aber nicht sagen, geschweige denn beweisen, sondern nur *zeigen*: „4.022 Der Satz *zeigt* seinen Sinn. Der Satz *zeigt*, wie es sich verhält, *wenn* er wahr ist. Und er *sagt*, daß es sich so verhält.“ Der Satz verweist im ‚Zeigen‘ auf die Phänomene selbst.

oder ausgeschieden. Die Freiheit des Forschers, eine Hypothese zu erfinden, wird bezahlt mit dem Verschwinden der Phänomene. Goethe schreibt, „daß die Menschen lieber durch eine allgemeine theoretische Ansicht, durch irgend eine Erklärungsart die Phänomene bei Seite bringen, anstatt sich die Mühe zu geben, das Einzelne kennen zu lernen und ein Ganzes zu erbauen.“ (FA I, 23/1, S. 23) Nun hat aber alle Wissenschaft systematischen Charakter. Goethe will selbst „ein Ganzes [...] erbauen.“ Wie bekommt die *Farbenlehre* aber ohne Hypothesen systematischen Charakter? Zwei Verfahren lassen sich unterscheiden: ein heuristisches, relativ unkontrolliertes Verfahren der Entdeckung, und ein kontrolliertes, das den Zusammenhang der Phänomene nicht beweist, sondern unmittelbar aufzeigt. Das heuristische Verfahren besteht in der Suche nach Ähnlichkeiten zwischen den Phänomenen:

Bei einer jeden Erscheinung der Natur, besonders aber bei einer bedeutenden, auffallenden, muß man nicht stehen bleiben, man muß sich nicht an sie heften, nicht an ihr kleben, sie nicht isoliert betrachten; sondern in der ganzen Natur umhersehen, wo sich etwas Ähnliches, etwas Verwandtes zeigt: denn nur durch Zusammenstellen des Verwandten entsteht nach und nach eine Totalität, die sich selbst ausspricht und keiner weiteren Erklärung bedarf. (FA I, 23/1, S. 96, § 228)

Goethe unterscheidet zwischen *Ähnlichkeit* und *Verwandtschaft*. Das heuristische Verfahren gründet sich auf die Vermutung, daß sich unter den aufgefundenen Ähnlichkeiten auch solche finden werden, die auf eine Verwandtschaft zurückgehen. Diese gilt es dann aus der Menge ähnlicher Phänomene auszufinden und nach Kriterien der Genealogie zusammenzustellen. Nicht aus dem bloß Ähnlichen, sondern aus dem Verwandten „entsteht nach und nach eine Totalität, die sich selbst ausspricht und keiner weiteren Erklärung bedarf.“ Die Totalität der Phänomene, auf die Goethe hinarbeitet, ist diejenige der Natur selbst. Denn *alle* Phänomene entspringen aus mindestens zwei anderen Phänomenen, die ihnen vorangehen oder benachbart sind. Im Falle der physiologischen Farben sind dies Licht und Dunkelheit, an deren Grenze, oder anders gesagt: an deren Berührungspunkt sie entspringen. Die gesamte Natur produziert nach dem Gesetz der Genealogie. Eine umfassende Naturwissenschaft würde den Stammbaum der Natur nachzeichnen, insofern sie auf uns wirkt. Die *Farbenlehre* stellt insofern ein Teilgebiet der Naturwissenschaft in seinen Grundzügen *vollständig* vor, als sie die „gesetzmäßige Natur in Bezug auf den Sinn des Auges“ (FA I, 23/1, S. 25) herleitet.

Das zweite, kontrollierte Verfahren hat daher den Stammbaum der Phänomene nachzuzeichnen. Goethe leitet weder deduktiv Tatsachen aus Hypothesen, noch induktiv Hypothesen aus Tatsachen ab, sondern Phänomene aus Phänomenen. Phänomene stehen allerdings nicht in logischer Beziehung zueinander. ‚Ableitung‘ bedeutet nicht: *logische*,

sondern *genealogische*, oder genauer: *genetische* Ableitung, nicht Ableitung aus dem *Wort*, aus der nur „eine unendliche Verwirrung, ein Wortkram“ (FA I, 23/1, S. 233, § 718) entsteht, sondern Ableitung aus dem *Ursprung*:

Hier werden nicht willkürliche Zeichen, Buchstaben und was man sonst beliebigen möchte, statt der Erscheinungen hingestellt; hier werden nicht Redensarten überliefert, die man hundertmal wiederholen kann, ohne etwas dabei zu denken, noch jemanden etwas dadurch denken zu machen; sondern es ist von Erscheinungen die Rede, die man vor den Augen des Leibes und des Geistes gegenwärtig haben muß, um ihre *Abkunft*, ihre *Herleitung* sich und ändern mit Klarheit entwickeln zu können. (FA I, 23/1, S. 100, § 242; Hervorh. v. Vf.).

Der Ursprung eines Phänomens liegt in den räumlich und zeitlich benachbarten Phänomenen, unter denen es erscheint und die es im wörtlichen Sinne *bedingen*.⁷⁸ Seine „Abkunft“ läßt sich im Experiment „vor den Augen des Leibes“ vollziehen, seine „Herleitung“ „vor den Augen [...] des Geistes“ sprachlich *nachvollziehen*. Derart wird das Phänomen aus seinen Umgebungsbedingungen in doppelter Weise, sinnlich und gedanklich bzw. sprachlich, entwickelt.

Dazu ein simples Beispiel (Abb. 4). Goethe färbt ein Blatt Papier bis auf einen weißen Kreis *A* schwarz. Durch eine konvexe Linse betrachtet erscheint er vergrößert mit einem blauen Rand *B*,⁷⁹ durch eine konkave Linse verkleinert mit einem gelben Rand *C*. Legt

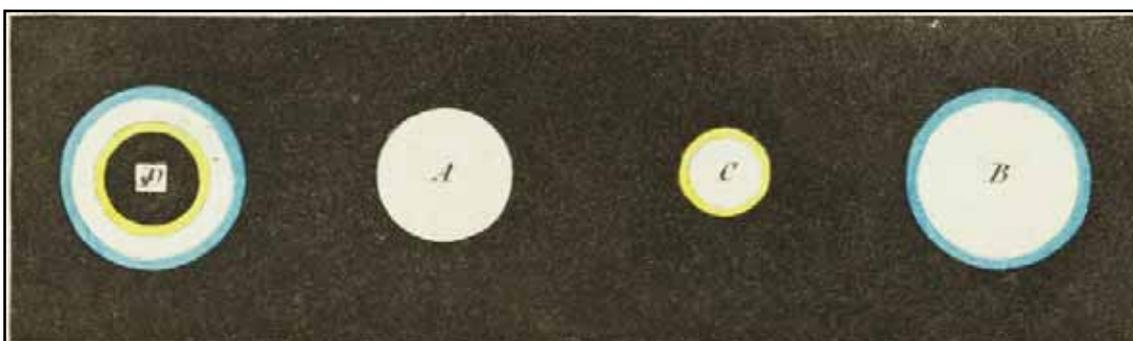


Abb. 4: J. W. Goethe, Zur Farbenlehre, Tafel II (FA I, 23/1, Abb. 2); Ausschnitt.

⁷⁸ Vgl. auch Schelling über das Wort ‚bedingen‘: „So ist unser bisher unabsichtlich gebrauchtes deutsches Wort *Bedingen* nebst den abgeleiteten in der That ein vortreffliches Wort, von dem man sagen kann, daß es beinahe den ganzen Schatz philosophischer Wahrheit enthalte. *Bedingen* heißt die Handlung, wodurch etwas zum Ding wird, *bedingt*, das was zum Ding *gemacht* ist, woraus zugleich erhellt, daß nichts *durch sich selbst als Ding* gesetzt seyn kann, d.h. daß ein unbedingtes Ding ein Widerspruch ist. *Unbedingt* nämlich ist das, was gar nicht zum Ding gemacht ist, gar nicht zum Ding werden kann.“ Fr.W.J.v. Schelling, *Vom Ich als Princip der Philosophie oder über das Unbedingte im menschlichen Wissen*, Friedrich Wilhelm Joseph von Schellings sämtliche Werke, hrsg. Karl Friedrich August Schelling, Stuttgart 1856-1861, I, 166.

⁷⁹ Das gilt, wie die folgenden Fälle auch, für *virtuelle* Bilder, d.h. für den Fall, daß der Abstand zwischen Glas und Papier kleiner als die Brennweite des Glases ist. Darauf hat zuerst hingewiesen Friedrich Theodor Poselger, „Der farbige Rand eines durch ein biconvexes Glas entstehenden Bildes, untersucht, mit Bezug auf Herrn von Göthe's Werk: Zur Farbenlehre“, *Annalen der Physik* 37 (1811), 135-154.

man eine schwarze Scheibe hinein und betrachtet ihn durch ein konvexes Glas, so erscheint nach innen ein gelber und nach außen ein blauer Kreis *D.* „Und hiermit“, heißt es abschließend, „sind die Grundphänomene aller Farbenerscheinung bei Gelegenheit der Refraktion ausgesprochen [...].“ (FA I, 23/1, S. 88, § 202)

Der Versuchsaufbau besteht aus schwarzen und weißen Flächen sowie Glaslinsen. *Alle* am Versuch beteiligten Elemente werden schrittweise aufeinander bezogen und das Phänomen dadurch modifiziert: hell auf dunkel, dunkel auf hell, dunkel auf hell auf dunkel, konvexe Linse, konkave Linse. Mehr läßt sich mit diesem Versuchsaufbau (fast⁸⁰) nicht anstellen. Mit der *schrittweisen* und *vollständigen* Modifikation anhand einer Kombinatorik der beteiligten Elemente erscheinen die Phänomene Weiß, Schwarz, Gelb, Blau. Unter welchen Bedingungen welche Phänomene erscheinen, läßt sich auf diese Weise eindeutig feststellen, während Newtons komplexes, aus einer möglichen vollständigen Versuchsreihe mit den beteiligten Elementen herausgelöstes *experimentum crucis* den Ursprung des Phänomens ‚Farbe‘ gerade verdunkelt. An die Stelle des experimentell übergangenen Ursprungs tritt dann die Theorie, und aus dem Phänomen wird ein ‚Objekt‘, das genau dadurch definiert ist, daß die Bedingungen seines Daseins nicht vollständig berücksichtigt werden. Goethe leitet die physischen Farben dagegen nicht aus Theorien, sondern unmittelbar aus dem Ursprung her. Die Versuchsreihe vergegenwärtigt insgesamt das ‚Grundphänomen‘ der Brechung. Mehrere Grundphänomene, etwa Brechung und Beugung, lassen sich wiederum zusammenführen und ergeben zuletzt ein ‚Urphänomen‘, in der *Farbenlehre* die Entstehung der Farben aus dem Gegensatz von Licht und Dunkel. Auch diese Urphänomene „[offenbaren sich] aber nicht durch Worte und Hypothesen dem Verstande, sondern gleichfalls durch Phänomene dem Anschauen“ (FA I, 23/1, S. 81, § 175), etwa im Himmelsblau, im Abendrot und auch – in Newtons *experimentum crucis*.

Der möglichst *vollständige* Durchgang durch *alle* Bedingungen einer gegebenen Konstellation schützt den Forscher zwar eher als das induktive Verfahren davor, die Phänomene der Theorie entsprechend auszuwählen und zurechtzustutzen. Die Ableitung aus den Phänomenen ist aber kein *Beweis*, denn sie verbindet nicht Sätze, sondern Phänomene miteinander. Die Herleitung der Phänomene bzw. die Darstellung der Versuchsreihen im wissenschaftlichen Werk ist ebenfalls kein Beweis, denn sie verbindet zwar Sätze miteinander, zeigt aber nicht unmittelbar die Phänomene. Wohl aber steigt

⁸⁰ Goethe erläßt dem Leser die Variante konkav auf dunkel auf hell auf dunkel, um ihn nicht zu ermüden. Von den sechs kombinatorischen Möglichkeiten werden so im Text nur fünf und auf der Tafel nur vier (hier fehlt dunkel auf hell auf dunkel ohne Linse) vorgeführt.

durch die geordnete Darstellung der Phänomene in geordneten Satzfolgen die Plausibilität des Vortrags, und sie erleichtert dem Leser den selbständigen Nachvollzug der Experimente. ‚Beweise‘ kommen in der *Farbenlehre* nur insofern vor, als sie den Leser im ursprünglichen Sinne des Wortes ‚be-weisen‘ auf die Phänomene verweist. Dem Forscher, der den umgekehrten Weg vom Phänomen zum Text gegangen ist, bleibt dagegen die Freiheit, sich selbst zur Geltung zu bringen, denn:

Jedes Ansehen geht über in ein Betrachten, jedes Betrachten in ein Sinnen, jedes Sinnen in ein Verknüpfen, und so kann man sagen, daß wir schon bei jedem aufmerksamen Blick in die Welt theoretisieren. Dieses aber mit Bewußtsein, mit Selbstkenntnis, mit Freiheit, und um uns eines gewagten Wortes zu bedienen, mit Ironie zu tun und vorzunehmen, eine solche Gewandtheit ist nötig, wenn die Abstraktion, vor der wir uns fürchten, unschädlich und das Erfahrungsergebnis, das wir hoffen, recht lebendig und nützlich werden soll. (FA I, 23/1, S. 14)

Der Sprung zwischen Theorie (im Sinne der griechischen *theoria*) und Phänomen bleibt nach Goethe unauflösbar. Ihn mit Bewußtsein, Freiheit und Ironie getan zu haben, dürfte aber ein Fortschritt gegenüber der dogmatischen physikalischen Theorie des 18. und 19. Jahrhunderts, ja gegenüber einem Großteil der Natur- und Technikwissenschaften bis heute sein; ein Fortschritt, der von der Wissenschaftstheorie erst zur Mitte des 20. Jahrhunderts, und auch nur im kritischen Teil, eingeholt worden ist.

Der wesentliche Unterschied zwischen der Methodologie Goethes und der Wissenschaftstheorie dürfte in dem Umstand liegen, daß sie, oder jedenfalls alle hier herangezogenen Wissenschaftstheoretiker bis hin zum radikalsten, Paul Feyerabend, die Theorie (im Sinne der neuzeitlichen Wissenschaft) für unverzichtbar halten. Feyerabend, dessen Wissenschaftskritik übrigens viel der *Farbenlehre* verdankt,⁸¹ beurteilt zwar Wissenschaft und Mythos als gleichrangig. Daraus ergibt sich aber für ihn die Maxime,

aus dem Kreis herauszutreten und entweder ein neues Begriffssystem zu erfinden, etwa eine neue Theorie, die im Gegensatz zu den bestfundierten Beobachtungsergebnissen steht und die einleuchtendsten theoretischen Grundsätze über den Haufen wirft, oder ein solches System aus einer anderen Wissenschaft, aus der Religion, aus der Mythologie, aus den Ideen Unzuständiger oder aus den Ergüssen Verrückter zu entnehmen.⁸²

Aller sinnlichen Anschauung vorgängig ist auch hier das „Begriffssystem“, die Theorie, das „aus dem Kreis“ heraustretende neuzeitliche Subjekt: *anything goes*. Der bisherige Endpunkt der neuzeitlichen Wissenschaft und Wissenschaftstheorie, an dem sie sich

⁸¹ Vgl. Paul K. Feyerabend, *Probleme des Empirismus. Teil I*, Stuttgart 2002, 30 f. und Anm. 55, 183-186.

⁸² Paul Feyerabend, *Wider den Methodenzwang. Skizze einer anarchistischen Erkenntnistheorie*, Frankfurt

– sowohl in der Grundlagenphysik wie in den Geistes- oder Kulturwissenschaften – in ein bloßes Spiel mit Theorien auflöst, kommt mit Goethe zwar in der kritischen, nicht aber in der positiven Intention überein. Zwar „kann man sagen, daß wir schon bei jedem aufmerksamen Blick in die Welt theoretisieren“, daß wir uns der Natur immer mehr oder weniger als Subjekte mit ihren vorgängigen Ideen und Begriffen gegenüberstellen, entscheidend ist aber, die sprachliche ‚Herleitung‘ mit der natürlichen ‚Abkunft‘ der Phänomene in größtmögliche Übereinstimmung zu bringen, Sätze und Phänomene in der wissenschaftlichen Darstellung und im physikalischen Versuch für jedermann nachvollziehbar engzuführen. Im Vergleich zu dieser „zarte[n] Empirie, die sich mit dem Gegenstand innigst identisch macht, und dadurch zur eigentlichen Theorie wird“ (FA I/13, S. 149), kann die von Lakatos und Fejerabend geforderte vermehrte Theorienproduktion nur Verwirrung stiften und „Wortkram“ produzieren. Das Subjekt sollte sich nicht in den Vordergrund spielen, sondern im Wissen um die unumgänglichen Verzerrungen, die mit jedem Blick auf und jedem Satz über die Dinge verbunden sind, ironisch von sich selbst zurücktreten.