

Newton vs. Goethe: Farben aus Sicht der Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte

Dr. Timm Lampert

Einleitung

Goethes Kritik an Newtons Farbenlehre hat unterschiedliche, aber stets heftige Reaktionen hervorgerufen. Goethe sprach seiner Farbenlehre mehr Bedeutung zu als seiner gesamten Dichtung und beanspruchte, „unter Millionen der einzige“ gewesen zu sein, der den „entscheidenden Irrtum Newtons“ erkannt habe (Eckermann, 1949, 30. Dezember 1823). Hierfür wurde er gleichermassen als Vorreiter einer antimechanistischen Naturauffassung gefeiert wie als unwissenschaftlicher Dilettant verurteilt. Ein massgeblicher Grund für die erhitzten Gemüter in der Kontroverse um Newton und Goethe besteht darin, dass Streitpunkt nicht nur unterschiedliche Erklärungen der Farbentstehung war, sondern auch unterschiedliche Methodologien der Erklärung von Naturphänomenen.

Aus der Sicht der Wissenschaftsgeschichte muss sich die Polemik der Lager anhand der Originalquellen messen lassen und aus Sicht der Wissenschaftstheorie ist der weltanschauliche Disput anhand einer Analyse der Argumentationen der Opponenten zu beurteilen. Dies soll im Folgenden geschehen. Hierzu bietet sich insbesondere die Debatte um das so genannte „experimentum crucis“ von Newton an. Dieses Experiment steht im Mittelpunkt von Newtons „New Theory about Light and Colors“ (so der Titel seines berühmten Briefes an die Royal Society von 1672). Newton beanspruchte mit seinem experimentum crucis bewiesen zu haben, dass Sonnenlicht aus Strahlen unterschiedlicher Brechbarkeit besteht. Hierauf beruht seine Erklärung der Spektralfarben als gesättigte Farben, die durch Strahlen unterschiedlicher Brechbarkeit hervorgerufen werden. Sowohl seine Lehre von der Heterogenität des Sonnenlichtes als auch der Anspruch, auf dem Gebiet der Optik und Farbenlehre experimentelle Beweise führen zu können, stiessen schon bei Newtons Zeitgenossen – allen voran dem bekannten Naturforscher und angesehenen Sekretär der Royal Society Robert Hooke – auf heftigen Widerstand. Die gängige Farbtheorie war bis dahin die so genannte Modifikationstheorie, nach der Sonnenlicht einfach ist und die Farben durch Modifikation des Sonnenlichtes entstehen. Auch Goethes Farbtheorie stellt eine Form der Modifikationstheorie dar. Aber noch viel mehr erfuhr Newtons Anspruch, nicht bloss eine Hypothese zu vertreten, sondern mittels eines und nur eines Experimentes einen Beweis führen zu können, allgemeine Ablehnung. Dieser Anspruch brachte Newton schon bei seinen Zeitgenossen aber ebenso bei Goethe sowie den vorherrschenden modernen wissenschaftshistorischen Studien den Vorwurf ein, ein Dogmatiker zu sein, der überzogene und unhaltbare methodische Ansprüche vertritt.

Anhand der genaueren Analyse von Newtons experimentum crucis und der Argumentation, die er auf dieses Experiment stützt, sowie Goethes Kritik hieran sollen im Folgenden zwei verbreitete Vorurteile revidiert werden:

1. Newton ist kein Dogmatiker, der methodische Ansprüche vertritt, die er nicht einlösen kann, sondern gründet seinen Anspruch, experimentelle Beweise führen zu können, auf einer vorbildlichen Methodologie kausaler Erklärungen, was seine Kritiker allerdings übersehen.
2. Goethe ist kein Antiwissenschaftler, der einen einzigartigen Kontrapunkt zur vorherrschenden wissenschaftlichen Tradition bildet, sondern steht inmitten traditioneller Auffassungen zur Farbenlehre, deren experimentelle und

methodologische Grundlagen bezüglich eines Erklärungsanspruches denen Newtons unterlegen sind.

Newton's experimentum crucis

Ausgangspunkt einer neuartigen Theorie ist oft eine Frage, die mit herkömmlichen Mitteln nicht beantwortet werden kann, und die zu stellen und auf einer Beantwortung zu beharren den ersten massgeblichen Schritt zu einem grundlegenden Wandel in der Art der Erklärung eines Phänomenbereiches bedeutet. Dies trifft auf Newtons „New Theory about Light and Colors“ zu. Anders als für seine Zeitgenossen waren es nicht in erster Linie die Entstehung von Spektralfarben beim Regenbogen, bei Experimenten mit sehr dünnen Schichten oder dem Prisma, die er erklären wollte, sondern die Geometrie des Spektrums. Wenn man ein Spektrum erzeugt, indem man Sonnenlicht – also nahezu paralleles Licht – durch ein kreisförmiges Loch im Fensterladen auf ein Prisma fallen lässt (vgl. Abb. 1, aus Steinle, 2001, S. 25, der die Abbildung Lohne, 1965 entnimmt), so dass der mittlere Einfallswinkel und Ausfallswinkel der Strahlen gleich gross ist, dann sollte gemäss des Gesetzes von Snellius – das Verhältnis des Sinus des Einfallswinkels i zum Sinus des Ausfallswinkels r ist konstant ($\sin i : \sin r = k$) – das Spektrum kreisförmig sein, tatsächlich ist es aber deutlich länger als breit. Warum ist das so? Dies war Newtons Ausgangsfrage, und um sie zu beantworten, ersann er sein experimentum crucis.

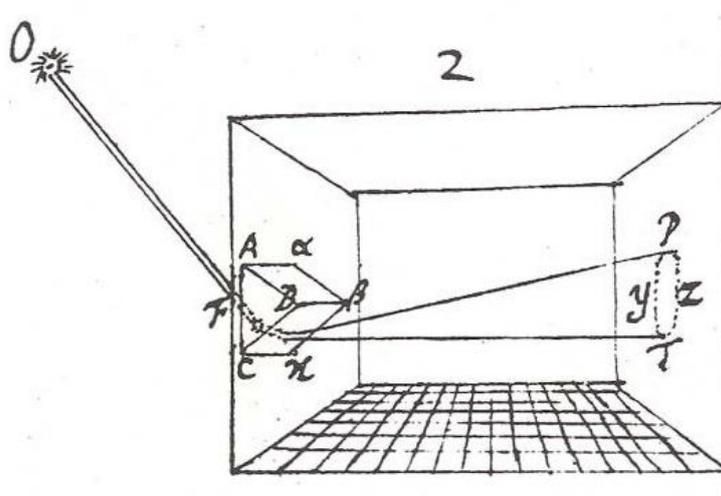


Abb. 1 Experiment zur Erzeugung eines Spektrums

In Schulbüchern und selbst in der Fachliteratur (vgl. z.B. Steinle, 2001, S. 2f.) wird Newtons experimentum crucis oftmals verwechselt mit dem geschilderten Experiment zur Erzeugung eines Spektrums (vgl. Abb. 1). Dies ist ein grobes Missverständnis, das es unmöglich macht, Newtons Methode nachzuvollziehen, aus Experimenten Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Erzeugung eines Spektrums durch ein Prisma wirft die Frage nach der Ursache der Form des Spektrums auf, aber keineswegs reichen die experimentellen Umstände dieses einfachen Experimentes hin, um diese Frage zu beantworten. Es ist falsch zu behaupten, dass Newton seine neue These der Heterogenität des Sonnenlichtes mit dem „geometrischen Umstand der Aufweitung des Lichtbündels bei der Brechung“ erklärt (Steinle, 2001, S. 3). Dieser „geometrische Umstand“ ist vielmehr das zu erklärende Phänomen und seine blosser Erzeugung reicht nicht hin, um hieraus zu schliessen, dass das Sonnenlicht aus Strahlen unterschiedlicher Brechbarkeit besteht. Solange keine weiteren Evidenzen vorliegen, ist dies

bestenfalls eine mögliche Erklärungshypothese, aber für Newton alles andere als ein bewiesener Satz.

Nachdem Newton seine Ausgangsfrage nach der Form des Spektrums gestellt und einige Erklärungsversuche durch experimentelle Variationen abgewehrt hat, kommt er in seinem Brief an die Royal Society von 1672, wo er erstmals seine „New Theory“ Fachleuten gegenüber publik machte, zu seinem berühmten experimentum crucis (vgl. Abb. 2).

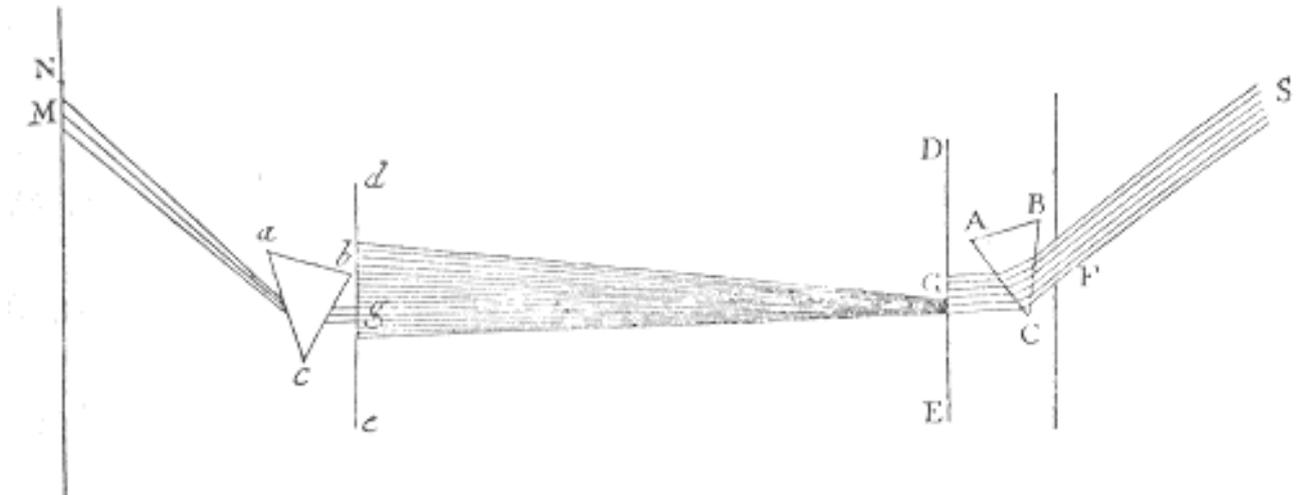


Abb. 2 Newtons experimentum crucis

In diesem Experiment wird nicht nur ein Prisma, sondern es werden zwei Prismen verwendet. Das erste Prisma ist wiederum direkt hinter dem Fensterladen angebracht. Zwischen den beiden Prismen befinden sich zwei Schirme mit je einem Loch. Auf dem zweiten Schirm erscheint ein Spektrum. Indem das erste Prisma gedreht wird, fällt jeweils ein Teil des Spektrums, z.B. das rote oder das violette Licht, durch das Loch im zweiten Schirm auf das zweite Prisma und wird durch dieses erneut gebrochen. Die beiden Schirme mit den Löchern stellen sicher, dass der Einfallswinkel der jeweiligen Lichtstrahlen, die auf das zweite Prisma treffen, stets gleich ist. Gleichwohl werden die Strahlen unterschiedlicher Teile des Spektrums unterschiedlich gebrochen: Lässt man z.B. rotes Licht des unteren Teiles des Spektrums auf das zweite Prisma fallen, erscheint ein roter runder Fleck weiter unten auf der Wand als eine violetter Fleck, den man sieht, wenn man violettes Licht des oberen Teiles des Spektrums auf das zweite Prisma fallen lässt.

In seinem Brief an die Royal Society schildert Newton sein experimentum crucis äusserst knapp, um dann ebenso lapidar aus der experimentellen Beobachtung, dass die Strahlen aus unterschiedlichen Teilen des Spektrums vom zweiten Prisma unterschiedlich gebrochen werden, seine einschlägige Schlussfolgerung zu ziehen (Newton, 1672, S. 3078f., abgedruckt in Lampert, 2000):

And so the true cause of the length of that Image was detected to be no other, then that *Light consists of Rays differently refrangible*, [...]

Hiermit beantwortet er seine Ausgangsfrage: Die Ursache für die Länge des Spektrums besteht darin, – so Newton – dass Sonnenlicht („Light“) aus Strahlen unterschiedlicher Brechbarkeit besteht. Dies besagt, dass die Strahlen des Sonnenlichtes unterschiedliche Eigenschaften haben, die ihre unterschiedliche Brechung verursachen. Die entscheidende, neuartige Sichtweise Newtons besteht darin, nicht externe, sondern interne Ursachen –

unterschiedliche Eigenschaften der Lichtstrahlen selbst – als kausal relevante Faktoren für die unterschiedlichen Brechungen zu identifizieren. Diese Schlussfolgerung ist u.a. deshalb so anstössig, da es sich hiermit um „verborgene Ursachen“ handelt, d.i. Ursachen, die den Sinnen nicht direkt zugänglich sind. In diesem Fall widerspricht der Schluss sogar dem Urteil der unmittelbaren Anschauung, da weisses Sonnenlicht nicht als zusammengesetzt erscheint. Typischerweise werden verborgene Ursachen als hypothetische Entitäten verstanden, deren Existenz man nicht zwingend beweisen kann, sondern nur zum Zwecke einer plausiblen Erklärung postuliert. Genau dem widerspricht Newton jedoch.

Das experimentum crucis erlaubt gemäss Newton anders als das Ausgangsexperiment zur Erzeugung eines Spektrums einen Schluss auf eine Erklärung der Geometrie des Spektrums. Hierbei erhob er den Anspruch, dass seine Erklärung nicht *den Status einer Hypothese* hat, die dadurch gerechtfertigt ist, dass man bekannte alternative Erklärungen ausschliessen kann und keine bekannten Phänomene in Widerspruch zu ihr stehen, sondern vielmehr den *Status eines experimentell bewiesenen Satzes* hat, dessen Gültigkeit durch alternative Erklärungsmöglichkeiten nicht in Frage gestellt werden kann (Newton, 1959, S. 96f.):

[...] what I shall tell [...] is not an Hypothesis but most rigid consequence, not conjectured by barely inferring 'tis thus because not otherwise or because it satisfies all phaenomena [...] but evinced by ye mediation of experiments concluding directly & without any suspicion of doubt.

Nicht nur die Identifikation des zu erklärenden Phänomens – die Länge des Spektrums – sondern auch Newtons Erklärung und vor allem sein Anspruch, mit einem und nur einem Experiment, eine zwingende Erklärung geben zu können, stehen im Widerspruch zur Tradition vor Newton und bildeten für seine Zeitgenossen ebenso wie für spätere Zeiten bis hin zur modernen Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte einen Stein des Anstosses.

Gemäss der traditionellen Lehre vor Newton ist Sonnenlicht homogenes Licht; Farben entstehen durch unterschiedliche Modifikation dieses Lichtes und nicht durch unterschiedliche Arten und Überlagerungen von Strahlen, die alle im Sonnenlicht enthalten sind. Uneinigkeit bestand darin, wie und wodurch das Sonnenlicht modifiziert wird, nicht darüber, dass es modifiziert wird. Ein Streitpunkt war insbesondere die Frage, ob Sonnenlicht durch bestimmte Medien oder durch seine Interaktion an Grenzflächen modifiziert wird (vgl. Zemplén, 2005, S. 203–216 zur Gegenüberstellung von „medium-“ und „boundary-modificationism“). Welche Art von Modifikation man auch annahm, stets wurde sie als Hypothese postuliert und für sie argumentiert, indem man ihre Vereinbarkeit mit den zu erklärenden Phänomenen darlegte und versuchte zu zeigen, dass dies für alternative Hypothesen nicht gelte. Hooke z.B. nahm an, dass der Impuls des Sonnenlichtes, das schräg auf ein brechendes Medium fällt, an seinen unterschiedlichen Seiten unterschiedlich gestört wird und wollte die Entstehung der Farben durch die unterschiedlich veränderten Impulse des Lichtes erklären. (vgl. Abb.3, entnommen aus Zemplén, 2005, S. 230 und Hooke, 1665, S. 47-67, abgedruckt in Zemplén, 2005). Descartes alternative Erklärung, die unterschiedliche Farben auf unterschiedliche Wirbel der von ihm postulierten kleinsten Partikel – den so genannten „Globuli“ – zurückführt, wollte er auf Grund von Experimenten an dünnen Schichten ad absurdum führen (vgl. Hooke, 1665, S. 54).

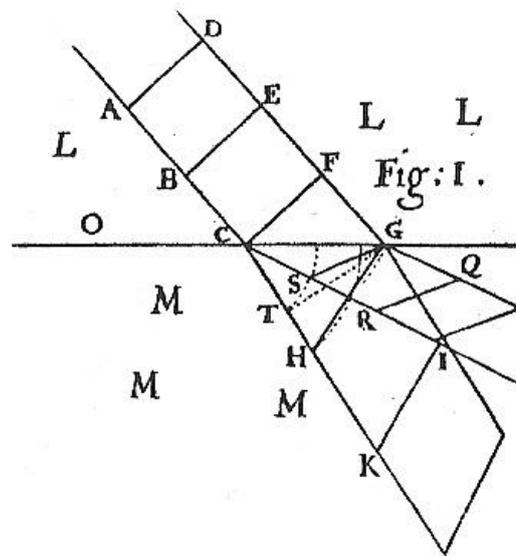


Abb. 3 Strahlenverlauf nach Hooke bei der Brechung an unterschiedlich dichten Medien: Die Strecke CH bzw. CS wird jeweils in derselben Zeit zurückgelegt wie die Strecke FG, ist aber in Abhängigkeit zur Dichte des Mediums M länger bzw. kürzer. Das Licht besitzt an den jeweiligen Seiten unterschiedliche Impulse

In der Wissenschaftstheorie nennt man eine derartige Argumentationsweise einen „Schluss auf die beste Erklärung“. Schlüsse auf die beste Erklärung sind in der Wissenschaft weit verbreitet. Zur Zeit Newtons erklärte Descartes diese Schlussform durch seine „Methode der Hypothesenbildung“ zu dem Standardmodell wissenschaftlicher Erklärung. Es ist eben diese Art des Schliessens, die Newton ablehnt. Der Schluss auf die beste Erklärung ist weder zwingend noch direkt aus Experimenten gefolgert. Er hat die Form:

Prämisse 1: Ein zu erklärendes Phänomen P ist gegeben.

Prämisse 2: Wenn H_1 oder ... oder H_n wahr ist, dann ist P gegeben.

Prämisse 3: Aus allen Hypothesen H_1 bis H_n ausser aus H_i folgt etwas Falsches.

Konklusion: Also nehmen wir an, dass H_i wahr ist.

Dies ist keine zwingende Schlussform, denn es kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Phänomen P der Fall ist, aber nicht H_i , sondern z.B. eine bislang nicht berücksichtigte Hypothese H_x , die P erklären kann. Im Falle der Farbenlehre blieb z.B. bis Newton unberücksichtigt, dass Farben durch Strahlen unterschiedlicher Brechbarkeit entstehen könnten. Der Schluss auf die beste Erklärung ist logisch gesehen ein Fehlschluss, da seine Prämissen wahr sein können, während die Konklusion falsch sein kann. Und da man beim Schluss auf die beste Erklärung eine Hypothese ersinnt, deren Geltung daran bemessen wird, ob sie mit den bekannten Tatsachen vereinbar ist, wird die Erklärung beim Schluss auf die beste Erklärung auch nicht direkt aus den experimentellen Tatsachen abgeleitet. Schlüsse auf die beste Erklärung erlauben nur das Aufstellen von Hypothesen. Newton hingegen will keine Hypothesen ersinnen: „hypotheses non fingo“ lautet sein berühmtes Motto.

Umso dringlicher stellt sich die Frage, wie er tatsächlich argumentiert: Was rechtfertigt seinen Schluss auf die Heterogenität des Sonnenlichtes aus dem experimentum crucis? Was sind die Besonderheiten dieses Experimentes und welche Schlussregeln begründen seinen Schluss?

Auf diese Fragen gibt es in der bestehenden Literatur keine befriedigende Antwort. Kurioserweise wird vielmehr in der Regel Newtons Schlussweise in Form eines Schlusses auf die beste Erklärung rekonstruiert. Dies trifft schon auf Newtons Zeitgenossen zu (vgl. Hookes Reaktion auf Newtons *experimentum crucis* in Newton, 1959, S. 111 und 113). In der modernen Wissenschaftsgeschichte ist Sabras Rekonstruktion der Argumentation Newtons einschlägig (vgl. Sabra, 1967, S. 249f., ihm folgt Thompson, 1994, S. 8f.), die, etwas vereinfacht, wie folgt lautet:

Prämisse 1: Das zu erklärende Phänomen sind die Spektralfarben.

Prämisse 2: Diese werden entweder durch modifiziertes, homogenes Sonnenlicht hervorgerufen oder durch die unterschiedlichen Strahlen des heterogenen Sonnenlichtes.

Prämisse 3: Das *experimentum crucis* zeigt, dass die einzelnen Strahlen des farbigen Lichtes beim zweiten Prisma nicht modifiziert werden.

Konklusion: Auch das Sonnenlicht wird nicht modifiziert und ist nicht homogen, sondern heterogen.

Auf diese Rekonstruktion gründet Sabra seinen Vorwurf, Newton argumentiere dogmatisch, denn seine Argumentation sei unschlüssig, da daraus, dass farbiges Licht beim zweiten Prisma nicht modifiziert werde, nicht folge, dass auch das Sonnenlicht am ersten Prisma nicht modifiziert wird. Abgesehen davon, dass Sabra schon das zu erklärende Phänomen falsch identifiziert – nicht die Entstehung der Spektralfarben, sondern die Länge des Spektrums will Newton erklären – und seine Rekonstruktion jeglicher textlicher Basis entbehrt, spottet diese Argumentation Newtons Insistieren darauf, keine Hypothesen aufzustellen. Bevor man Newton des Dogmatismus bezichtigt, sollte man zumindest verständlich machen können, warum er – wenn auch gegebenenfalls irrtümlich – meint, nicht für eine *Hypothese* zu argumentieren, sondern für einen *experimentell beweisbaren Satz*. Eine alternative Argumentrekonstruktion, die aber ebenfalls Newtons Argumentation in Form eines indirekten Schlusses auf eine Hypothese durch Widerlegung alternativer Hypothesen deutet, gibt Laymon (1978), S. 62f.

Dass Newtons Argumentation sowohl von Zeitgenossen als auch in der modernen Literatur so entgegen seiner eigenen Intention missverstanden werden konnte, liegt neben der mangelnden Explikation seiner Schlussfolgerung vor allem an seinem Gebrauch des Ausdruckes „*experimentum crucis*“. Wörtlich übersetzt heisst dieser Terminus „Experiment am Scheideweg“. Die erste bekannte Verwendung dieses Terminus findet sich in Hookes *Micrographia* von 1665, die Newton kannte. Hooke wiederum spielt auf Bacons Terminus „*instantiae crucis*“ an (vgl. Bacon, 1990, S. 438-463, Aphorismus 36, vgl. zur Geschichte des Begriffes Lohne, 1968). Hooke wie Bacon meinen hierbei Experimente bzw. Tatsachen, auf Grund derer eine von zwei alternativen Hypothesen ausgeschlossen werden kann, so dass auf die Wahrheit der anderen geschlossen wird. Eben diese Argumentationsweise wird auch in der modernen wissenschaftstheoretischen Literatur durchweg mit dem Terminus „*experimentum crucis*“ verbunden. Darüber hinaus besteht seit Duhems Kritik, die sich gegen die Voraussetzung einer nicht notwendigerweise vollständigen Hypothesenmenge sowie gegen die Möglichkeit, eine der Hypothesen auf Grund nur eines Experimentes widerlegen zu können, richtet, weitgehend Einigkeit darüber, dass es ein Irrglaube ist, man könne aus einzelnen „kruzialen Experimenten“ eindeutige Schlussfolgerungen ziehen. Diese weitläufig bekannte Standardkritik wird auf Newtons Schlussfolgerung übertragen, und der mangelnde Zwang einer so verstandenen Argumentation ist der Grund für die beharrliche Ablehnung des Anspruches Newtons, keine Hypothese zu ersinnen. Tatsächlich aber darf man Newtons Verwendung des Ausdruckes „*experimentum crucis*“ nicht mit seiner Standardverwendung vermengen. Man muss bedenken, dass vor Newton nur Hooke diesen Terminus an einer

einzigsten Stelle gebraucht. Man kann also noch nicht von einem festen und allgemeinen Gebrauch ausgehen, sondern sollte vielmehr den unmittelbaren Kontext berücksichtigen. Hier steht Newtons *experimentum crucis* seinem Ausgangsexperiment gegenüber: Im Unterschied zu diesem, das nur die Frage nach der Ursache der Form des Spektrums *aufwirft*, kann das *experimentum crucis* diese Frage *beantworten*. Newton nennt das Experiment „kruzial“ insofern es die Frage nach der wahren Ursache („*causa vera*“) eines Phänomens entscheiden kann: Dies ist gut vereinbar mit Hookes Explikation eines *experimentum crucis* als eines Experimentes „*serving as a Guide or Land-mark, by which to direct our course in the search after the true cause*“ (Hooke, 1665, S. 54). Im Kontext von Newtons Gebrauch des Terminus erfährt diese Erläuterung freilich eine andere Interpretation als bei Hooke: Das *experimentum crucis* lenkt nicht indirekt durch Ausschluss alternativer Hypothesen, sondern direkt durch Aufweis der wahren Ursache die Untersuchung auf diese.

Ein Zeitgenosse Newtons, der Jesuit Anthony Lucas, nahm Newtons Anspruch, ein zwingendes Argument anzugeben, ernst. Für ihn als Jesuiten konnte dies nur bedeuten, dass Newtons Schluss die Form eines gültigen Syllogismus im Sinne von Aristoteles Syllogismenlehre hat. Diese Lehre bildete damals das Standardmodell deduktiv gültiger Schlüsse. Lucas rekonstruiert Newtons Schluss als Syllogismus Barbara (vgl. Newton, 1960, S. 247):

Prämisse Maior: Alle unterschiedlich farbigen Strahlen werden bei gleichem Einfallswinkel im zweiten Prisma unterschiedlich gebrochen.

Prämisse Minor: Alle unterschiedlich gebrochenen Strahlen bei gleichem Einfallswinkel sind unterschiedlich brechbar.

Conclusio: Alle unterschiedlich farbigen Strahlen sind Strahlen unterschiedlicher Brechbarkeit.

Lucas kritisiert Newton, indem er die *Prämisse Minor* in Frage stellt: Die Ursache der unterschiedlichen Brechung der Strahlen müsse selbst bei gleichem Winkel nicht in einer Eigenschaft der Strahlen liegen, sondern könne irgendeine andere, allenfalls unbekannte externe Ursache haben.

Gegen Lucas Rekonstruktion seines Argumentes wendete Newton ein, dass sie weder die *Conclusio* noch die *Prämissen* richtig identifiziert (vgl. Newton, 1960, S. 257): Die Konklusion des Argumentes Newtons ist die Heterogenität des Sonnenlichtes und nicht die unterschiedliche Brechbarkeit unterschiedlich farbiger Strahlen. Auf die Farbigkeit von Strahlen nimmt Newton in seinem ganzen Argument nicht Bezug, sondern allein auf die geometrischen Eigenschaften der Brechung. Schliesslich betrifft Lucas Argumentation, so Newton, allein die Brechungen am zweiten Prisma, während es ihm, Newton, gerade auf den Vergleich der Brechungen in beiden Prismen ankomme.

Newton selbst hebt jedoch hervor, dass die genannten Kritikpunkte an Lucas Rekonstruktion noch nicht den Kern der Missverständnisse von Lucas betreffen. Dieser besteht vielmehr darin, dass die von Lucas bezweifelte These, die Ursache der unterschiedlichen Brechung am zweiten Prisma sei eine interne, keine unbegründete *Prämisse* in Newtons Argument darstellt, sondern selbst eine experimentelle Schlussfolgerung bildet. Dies macht Newton gegenüber Lucas deutlich, indem er expliziert, wie er dafür argumentiert, dass die unterschiedlichen Brechungen im zweiten Prisma in der unterschiedlichen Natur der Strahlen, die auf das zweite Prisma treffen, liegen (Newton, 1960, S. 256f.):

If you would have distinguished different refrangibility into internal & external you should have called yt External wch arises, (not from external causes) but from a difference of external causes. But this would not have served your turn for in ye External causes you name there was no difference. The incidence of ye rays ye specific nature of ye Glass ye Primal figure, & c were ye same in both cases, & therefore could not cause ye difference: [it being absurd to attribute the variation of an effect to unvaried causes.] All things remained ye same in both cases but ye rays, & therefore there was nothing but ye difference of their Nature to caus ye difference of their refraction.

Diese, in der Literatur bislang nicht berücksichtigte Passage aus Newtons Antwortbrief an Lucas wirft ein deutliches Licht auf Newtons Argumentationsweise. Gemäss Newton hat seine Argumentation weder die Form eines hypothetischen Schlusses auf die beste Erklärung noch die Form eines Aristotelischen Syllogismus, sondern die Form eines *Kausalschlusses*:

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

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

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

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

Newton verwendet hier die Urform eines Schlusses auf einen gesetzesmässigen Kausalzusammenhang, der auf einem so genannten Differenzentest beruht: Eine Differenz im Wirkfaktor wird unter Voraussetzung des Kausalprinzips durch eine andere Differenz kausal erklärt, die auf Grund der Homogenität aller weiteren potentiellen Kausalfaktoren allein mit dem Wirkfaktor variiert. Dieser Kausalschluss hat nicht die Form eines Schlusses auf die beste Erklärung: Er enthält nicht die Annahme alternativen Kausalhypothesen in der Prämissenmenge, die dann indirekt alle bis auf eine widerlegt werden. Er setzt vielmehr zwei experimentelle Tatsachen voraus: Erstens das Erzeugen eines zu erklärenden Wirkfaktors, zweitens die Einhaltung der Homogenitätsbedingung. Darüber hinaus setzt er das Kausalprinzip voraus. Erst in der Konklusion wird auf einen bestimmten Kausalzusammenhang geschlossen. Dies steht im Widerspruch zu der Auffassung, dass auf Kausalzusammenhänge nur hypothetisch, d.i. nur indirekt durch Ausschluss alternativer Hypothesen geschlossen werden kann. Auf diesem Hintergrund wird verständlich, warum Newton insistierte, „positiv“ und „direkt“ zu argumentieren (Newton, 1959, S. 209.):

You know the proper Method for inquiring after the properties of things is to deduce them from Experiments. And I told you that the Theory wch I propounded was evinced to me, *not by inferring tis thus because not otherwise*, that is not by deducing it only from a confutation of contrary suppositions, but *by deriving it from Experiments concluding positively & directly*.

Newton stellt in seiner Antwort an Lucas nur den Teil seiner Argumentation richtig, der die Brechung der Strahlen im zweiten Prisma betrifft. Tatsächlich kommt es ihm aber auf den Vergleich der Brechungen im zweiten und ersten Prisma an, wie er Lucas gegenüber betont (vgl. Newton, 1960, S. 257). Leider führt er diesen Argumentationsschritt nicht mehr explizit aus. In Frage steht, wie er von der bewiesenen kausalen Relevanz der Unterschiedlichkeit der auf das zweite Prisma treffenden Strahlen für die Unterschiedlichkeit der Brechung auf die Unterschiedlichkeit der Strahlen im Sonnenlicht, das auf das erste Prisma trifft, schliessen kann. Anders als am zweiten Prisma lässt die Ausgangsfrage, warum Sonnenstrahlen durch

ein Prisma unterschiedlich gebrochen werden, keinen Differenzentest zu, da für unterschiedlich gebrochenen Strahlen im ersten Prisma die Homogenitätsbedingung nicht unterstellt werden kann: Gemäss der Modifikationstheorie könnten externe Unterschiede wie z.B. die unterschiedlichen Modifikationen des Impulses der Sonnenstrahlen am unteren und oberen Rand des Prismas herangezogen werden, um die unterschiedlichen Brechungen zu erklären. Ausserdem ist es unmöglich, einmal heterogenes und einmal homogenes Sonnenlicht auf das erste Prisma fallen lassen, um zu überprüfen, ob dieser Unterschied kausal wirksam ist. Vielmehr steht in Frage, ob Sonnenlicht als heterogenes oder homogenes Licht zu kennzeichnen ist. In Frage steht nicht, ob eine bestimmte veränderbare Eigenschaft des Sonnenlichtes bei der Brechung der Lichtstrahlen kausal wirksam ist, sondern ob Sonnenlicht eine bestimmte, unbeobachtbare und charakteristische Eigenschaft hat. Dies ist nicht unabhängig von der Frage nach der Ursache der Brechung der Sonnenstrahlen zu beantworten. Newton beantwortet diese Frage, indem er die Ergebnisse des Differenzentestes beim zweiten Prisma auf die kausale Erklärung der Brechung beim ersten Prisma überträgt. Hierbei setzt er die zweite seiner vier berühmten „Regeln der Naturforschung“ voraus (vgl. Newton, 1999, S.380f.):

„Man muss, *soweit wie es möglich ist*, den in der Natur vorkommenden Wirkungen von der gleichen Art, gleiche Ursachen zuschreiben.“

Beim zweiten und beim ersten Prisma liegen gleichartige Wirkungen vor: Jeweils werden Strahlen unterschiedlich gebrochen und in Frage steht, was die Ursache hierfür ist. Diese Frage ist in Bezug auf die Strahlen beim zweiten Prisma beantwortet: Hier ist es die unterschiedliche Natur der Strahlen, die ihre unterschiedliche Brechung verursacht. Kann diese Erklärung auf die Brechung der Sonnenstrahlen im ersten Prisma übertragen werden? Newton geht nicht einfachhin von dem Prinzip „gleiche Wirkungen, gleiche Ursachen“ aus: Dies wäre ein inakzeptables Prinzip, das Alternativursachen ausschliesse. Vielmehr schränkt Newton dieses Prinzip ein: Nur „soweit möglich“ sind gleiche Wirkungen auf gleiche Ursachen zurückzuführen. Dies ist möglich, insofern homogene, d.i. in kausal relevanter Hinsicht gleichartige Situationen vorliegen. Eben dies ist bei der Brechung der Strahlen beim ersten und beim zweiten Prisma der Fall: Newton beschreibt genau, wie er sorgsam darauf geachtet hat, dass die Prismen von gleicher Art sind, d.i. gleiche Winkel, gleiche Dichte und gleiche Unebenheiten besitzen: Um dies zu erweisen, hat er z.B. ein weiteres Experiment durchgeführt, in dem er die beiden Prismen so platzierte, dass das Licht, das durch das eine Prisma gebrochen wird, durch das andere Prisma auf konträrem Weg gebrochen wird, so dass das Licht wieder in seine ursprüngliche Bahn abgelenkt wird. Newton unterstellt für seine Argumentation folglich nicht die Homogenität der kausal relevanten Faktoren für die einzelnen Strahlen im Sonnenlicht, sondern die Homogenität der für die Brechung von Lichtstrahlen relevanten externen Faktoren im ersten und im zweiten Prisma. Unter dieser Bedingung kann er unter Voraussetzung seiner Argumentation für die unterschiedliche Brechbarkeit der Strahlen, die auf das zweite Prisma treffen, in einem zweiten Argumentationsschritt auf die von ihm aus dem *experimentum crucis* gezogene Schlussfolgerung der Heterogenität des Sonnenlichtes als der Ursache für die Geometrie des Spektrums schliessen:

Prämisse 1: Die Ursache der unterschiedlichen Brechung der Strahlen, die auf das zweite Prisma treffen, ist keine externe, sondern die unterschiedliche Brechbarkeit der Strahlen, die auf das zweite Prisma treffen (= bewiesener Kausalzusammenhang).

Prämisse 2: Auch die Sonnenstrahlen im ersten Prisma werden unterschiedlich gebrochen und unterliegen gleichartigen Bedingungen wie die Strahlen im zweiten Prisma (= Homogenität der Situationen am 1. und 2. Prisma).

Prämisse 3: Gleiche Wirkungen haben unter gleichartigen Bedingungen gleiche Ursachen (= 2. Regel der Naturforschung).

Konklusion: Auch die Ursache für die unterschiedlichen Brechungen der Sonnenstrahlen im ersten Prisma besteht in der unterschiedliche Brechbarkeit der Strahlen.

Fasst man Newtons Argumentation zusammen, dann handelt es sich beim *experimentum crucis* um eine Reduktion einer kausalen Fragestellung – Was ist die Ursache des verlängerten Spektrums hinter dem ersten Prisma? – auf den Differenztest im zweiten Prisma unter der Voraussetzung homogener Situationen. Diese Art der experimentellen Beweisführung ist vorbildlich und stellt sowohl Newtons methodologisches als auch sein experimentelles Geschick unter Beweis, denn es ermöglicht ihm allein unter Voraussetzung experimentell erzeugter Phänomene – im Falle des *experimentum crucis* der Brechungen von Lichtstrahlen – sowie experimentell kontrollierbarer Homogenitätsbedingungen unter Anwendung von Kausalprinzipien auf Kausalzusammenhänge zu schliessen, ohne Kausalhypothesen aufzustellen und rein negativ zu beurteilen. Für derartige Schlüsse auf Kausalzusammenhänge bestehen nicht die Bedenken, denen die Schlüsse auf die beste Erklärung unterliegen. Sie erlauben Schlüsse auf Ursachen, auch wenn diese – wie die Natur des Sonnenlichtes – verborgen und unveränderlich sind, ohne diese hypothetisch postulieren zu müssen.

Es ist zu beachten, dass Newton in seiner experimentellen Beweisführung nur dafür argumentiert, dass unterschiedliche Eigenschaften der Lichtstrahlen für ihre unterschiedlichen Brechungen kausal relevant sind. Annahmen über die Arten dieser Eigenschaften sind weder in seinen Prämissen noch in seiner Konklusion enthalten. Newton hat nie für sich in Anspruch genommen, experimentell beweisen zu können, welche Eigenschaften Licht besitzt. Dass Lichtstrahlen Wellen sind, ist für Newton ebenso eine Hypothese wie die von ihm in anderen Zusammenhängen vertretene Annahme, dass Licht aus Teilchen besteht. Derartige mechanische Erklärungen sind nach Newton Hypothesen, die zu ersinnen und zu verteidigen nicht verwerflich und oftmals mangels experimenteller Grundlage in der Naturforschung unumgänglich ist, aber nichtsdestotrotz besitzen sie einen ganz anderen epistemischen Status als die mittels Experimenten bewiesenen Sätze (Propositionen). Es ist folglich auch ein grobes, aber oft vorliegendes Missverständnis (vgl. z.B. Hooke in Newton, 1960, S. 113 und Newtons Antwort S. 173 sowie Sabra, 1968, S. 288f.), Newtons Methodologie der experimentellen Beweisführungen mit mechanistischen Erklärungsmodellen in Zusammenhang zu bringen.

Freilich kann auch Newton für seine Argumentation nicht in Anspruch nehmen, dass sie unfehlbar ist: Eine Argumentation für eine Konklusion kann nie stärker sein als ihre Prämissen. Newtons experimentellen Beweisführungen enthalten wesentlich Kausalprinzipien, die sich nicht rein logisch rechtfertigen lassen. Newton hat dies durchaus erkannt (Newton, 1959, S. 187):

[...] the absolute certainty of a Science cannot exceed the certainty of its Principles. Now the evidence by wch I asserted the Propositions of colours is in the next word expressed to be from *Experiments* & so but *Physicall*: Whence the Propositions themselves can be esteemed no more then *Physicall Principles* of Science.

Newton hat seine methodischen Prinzipien des experimentellen Schliessens in seinen vier „Regeln der Naturforschung“ zusammengefasst und begründet diese durch die Einfachheit der Natur und die Bedingung der Möglichkeit, überhaupt aus experimentellen Tatsachen Kausalschlüsse ziehen zu können. In der heutigen Tradition der analytischen Wissenschaftstheorie wird weithin die Ansicht vertreten, dass es zwar keinen Zwang gibt, die Welt kausal zu erklären, aber dass, wenn man etwas eine „kausale Erklärung“ und nicht bloss

eine mögliche „Kausalhypothese“ nennt, Prinzipien des kausalen Schliessens vorausgesetzt werden müssen (vgl. Grasshoff & Baumgartner, 2004, S. 68).

Neben Prinzipien des kausalen Schliessens beruht Newtons experimentelle Beweisführung auf experimentellen Tatsachen und Homogenitätsbedingungen. Selbstverständlich sind auch diese anfechtbar. Auch dies leugnet Newton nicht. Im Gegenteil: Er weist seine Opponenten darauf hin, dass sie die experimentellen Voraussetzungen, auf denen sein Beweis beruht, prüfen sollten, anstatt an seiner Beweisführung zu zweifeln (Newton, 1960, S. 80):

And this [the different refrangibility of Light] I demonstrated by the *Experiment Crucis*. Now if this demonstration be good, there needs no further examination of the thing; if not good, the fault of it is to be shown: for the only way to examine a demonstrated proposition is, to examine the demonstration. Let that expt therefore be examined in ye first place, [...]

Dieser Aufforderung kamen Newtons Kritiker nicht nach.

Wenn Newton beansprucht, die Heterogenität des Sonnenlichtes experimentell bewiesen zu haben und nicht bloss eine Hypothese zu vertreten, dann bedeutet dies folglich nicht, dass sein Beweis unfehlbar und alternative Annahmen undenkbar sind, sondern es bedeutet, dass seine Schlussfolgerung nicht auf einem Schluss auf die beste Erklärung beruht, sondern auf experimentellen Tatsachen, Homogenitätsbedingungen und Prinzipien des kausalen Schliessens. Nicht die Denkbarekeit alternativer Hypothesen, sondern nur die Wahrheit bzw. Falschheit der Prämissen kann die Gültigkeit der Schlussfolgerung eines derartigen Schlusses beeinträchtigen.

Auf dem Hintergrund der Rekonstruktion der experimentellen Beweise Newtons im Sinne von Schlussfolgerungen, die auf Prinzipien des kausalen Schliessens beruhen, macht seine beharrliche Zurückweisung der Kritik, keinen experimentellen Beweis zu liefern, sondern bloss eine Hypothese zu postulieren, guten Sinn. Nicht ihn trifft der Vorwurf, dogmatisch zu argumentieren, sondern seine Kritiker trifft der Vorwurf, Newtons Argumentation nicht anders als durch die Brille von Argumentationsformen betrachten zu können, die Newtons Beweisführung nicht gerecht werden. Das beharrliche Missverständnis der Beweisführung Newtons über die unterschiedlichsten Epochen hinweg ist ein Beispiel für den kaum zu hintergehenden Zwang, den gängige, unreflektierte Argumentationsformen in der Wissenschaft ausüben können.

Goethes Kritik

Goethes grundsätzliche Ablehnung von Newtons Optik lässt sich nur verstehen, wenn man berücksichtigt, dass er bei seinen Erklärungen eine ganz andere Methodologie zu Grunde legt als Newton. Goethes Farbexperimente sind von derselben Methodologie bestimmt wie seine morphologischen Studien in der Botanik und Anatomie. Sein Ziel ist hier jeweils die systematische Aneinanderreihung von Phänomenen, die sich alle als Variationen eines Urphänomens begreifen lassen. In der Botanik versuchte er auf diese Weise, alle Pflanzenorgane auf die Variation von Blattformen zurückzuführen. In der Anatomie sind Goethes Ausführungen zu dem so genannten Zwischenknochen berühmt. Dieser Knochen erlaubt eine selbstständige Bewegung von Teilen des Oberkiefers. Er bildete damals ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der Menschen zu anderen Säugetieren. Goethe wollte durch systematische Anordnung kleinstufiger Abwandlungen nachweisen, dass auch der Menschenschädel als Abwandlung eines Urschädels aufzufassen ist, der einen Zwischenknochen besass. Entsprechend geht Goethe auch in seinen optischen Experimenten vor: Nicht einzelne Experimente, sondern die Bildung von Experimentreihen, in denen auf

systematische Weise Elemente variiert werden, waren für ihn signifikant (vgl. Abb. 4 aus Goethe, 1951, Anhang S. XVII). Diese Methode schliesst die Konstruktion eines *experimentum crucis*, das erlaubt, aus nur einem Experiment Schlussfolgerungen zu ziehen, aus (Goethe, 1949, S. 849 und S. 852):

Ich wage nämlich zu behaupten: dass ein Versuch, ja mehrere Versuche in Verbindung nichts beweisen, ja dass nichts gefährlicher sei, als irgendeinen Satz unmittelbar durch Versuche bestätigen zu wollen, und dass die größten Irrtümer eben dadurch entstanden sind, dass man die Gefahr und die Unzulänglichkeit dieser Methode nicht eingesehen. [...] Die Vermannigfaltigung eines jeden einzelnen Versuches ist also die eigentliche Pflicht des Naturforschers.

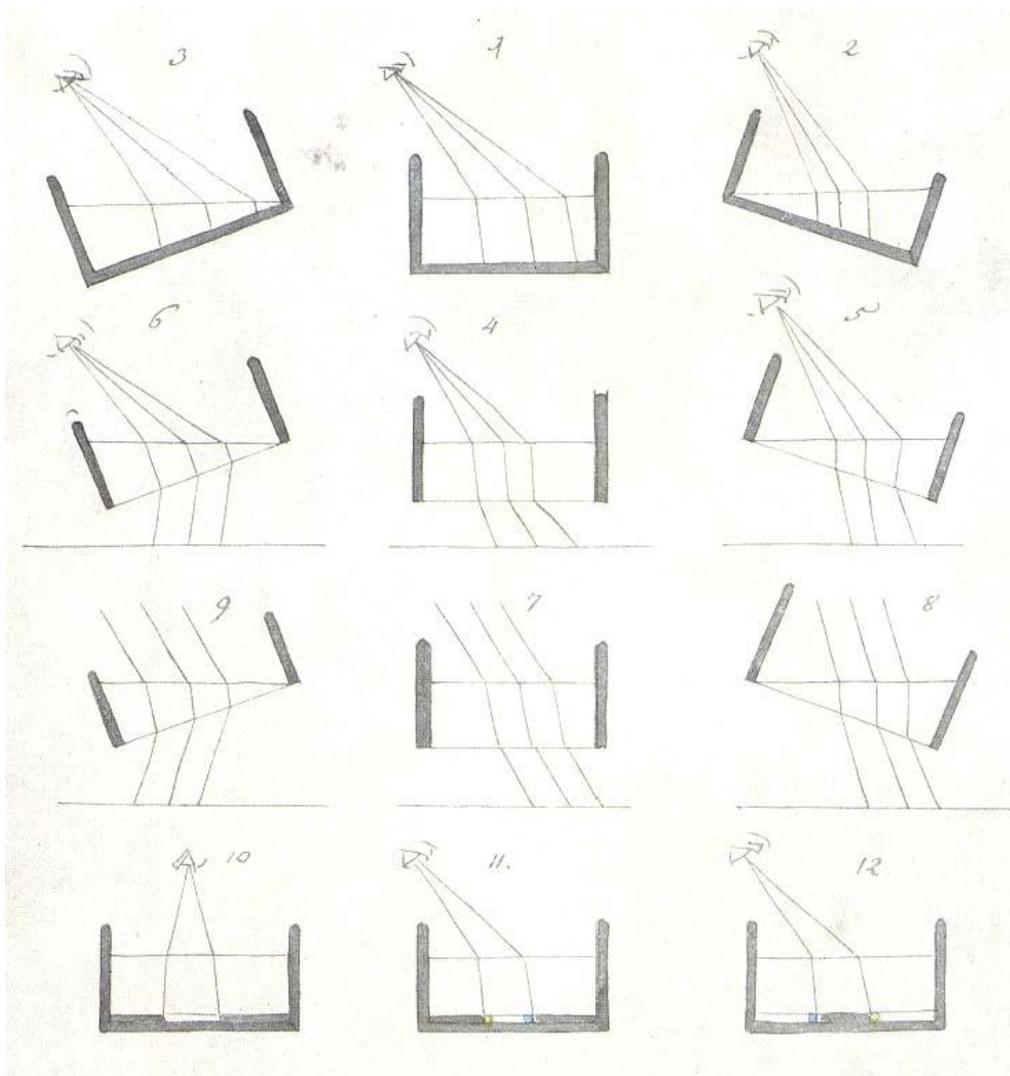


Abb. 4 Experimentreihe nach Goethe

Goethe hatte keinen Sinn für Newtons ausgeklügelten Experimente, in denen signifikante Testsituationen erzeugt werden, da für ihn die Erklärung eines Phänomens nicht in der Anwendung kausaler Schlussregeln besteht, sondern in der Einordnung des Phänomens in ein System, in dem sich sämtliche Variationen auf ein Urphänomen zurückführen lassen. Im Folgenden soll erstens anhand von Goethes Rekonstruktion der Argumentation Newtons im *experimentum crucis* gezeigt werden, dass Goethes Kritik ein weiteres Beispiel des Unverständnisses von Newtons experimenteller Beweisführung darstellt, und zweitens anhand von Goethes modifikationstheoretischer Erklärung der Spektralfarben vor Augen geführt werden, dass Goethes Methodologie zur Konsequenz hat, Hypothesen postulieren zu müssen,

für die es keinen direkten empirischen Nachweis gibt. Hierdurch soll das verbreitete Bild korrigiert werden, Goethes Vorgehen sei rein phänomenologisch und beschreibend, während Newtons Vorgehen stark von theoretischen Hypothesen abhänge. Tatsächlich hat Goethe wie Newton beansprucht, Farberscheinungen erklären zu können, nur leiten ihn dabei andere methodologische Vorstellungen, die ihn und nicht etwa Newton – der geteilten Abneigung gegenüber hypothetisch ersonnenen Entitäten zum Trotz – dazu verleiten, eben solche zu postulieren.

In seiner Schrift mit dem aus Newtons Sicht provokanten Titel „Über Newtons Hypothese der diversen Refrangibilität“ legt Goethe Newton folgende Argumentation in den Mund (Goethe, 1951, S. 157):

Das Bild ist, wenn der Strahl die Refraktion erlitten, länger, als es nach den Gesetzen der Refraktion sein sollte. Nun habe ich alles versucht und mich dadurch überzeugt, dass keine äussere Ursache an dieser Verlängerung Schuld sei. Also ist es eine innere Ursache, und diese finden wir in der Teilbarkeit des Lichtes. Denn da es einen grösseren Raum einnimmt als vorher, muss es geteilt, muss es auseinander geworfen werden, und da wir das auseinander geworfene Licht farbig sehen, so müssen die verschiedenen Teile desselben farbig sein.

Der Vergleich der Brechungen der Lichtstrahlen in den beiden Prismen, auf den Newton nach eigener Aussage sein Argument gründet (Newton, 1960, S. 257), bleibt in dieser Argumentation unberücksichtigt. Goethes Rekonstruktion der Argumentation Newtons könnte genauso gut auf das einfache Experiment mit nur einem Prisma übertragen werden. Die Voraussetzung von Homogenitätsbedingungen und ihre Gewährleistung durch den Versuchsaufbau übergeht Goethe. Er wendet etwa kurz darauf gegen das von ihm rekonstruierte Argument ein, die experimentellen Befunde seien auch mit der alternativen Erklärung vereinbar, dass das Prisma und nicht Eigenschaften des Lichtes die Verzerrung des Spektrums hervorbringe, indem es „durch eine uns unbekannt Ursache Doppelbilder hervorbringen könne“ (Goethe, 1951, S. 158). Offensichtlich lässt er dabei ausser Acht, dass dies dann auch beim zweiten Prisma der Fall sein müsste, aber zugleich dasselbe Prisma bei denselben externen Umständen unterschiedliche Brechungen hervorzubringen im Stande sein muss, was dem Kausalprinzip widerspricht. In dem Polemischen Teil seiner Farbenlehre bemerkt Goethe gar zur Verwendung der zwei Bretter im *experimentum crucis*, die „angegebene genaue Vorrichtung“ sei „nicht einmal nötig“ (vgl. Goethe, 1958, S. 46): Sie ist nötig, um homogene Bedingungen bei der Brechung der Strahlen im zweiten Prisma zu garantieren. Schliesslich stimmt Goethe in den allgemeinen Tenor ein, dass es ihm nur darum ginge, „zu zeigen, wie wenig diverse Refrangibilität als Faktum gelten könne“ (ebenda), während es sich doch um eine blosser Hypothese handele. Zumindest plausibel zu machen, warum sich Newton – sei es zu Recht oder zu Unrecht – stets gegen diese Unterstellung wehrte, hält Goethe nicht für nötig. Es ist sein Urteil, nicht das Newtons, das vorab feststeht. Goethes heftige Polemik reiht sich ein in die vielen Kritiken, die mangels Verständnis der Methodologie Newtons der Grundlage einer adäquaten Rekonstruktion von Newtons Argumentation entbehren.

Goethes optischen Experimente sowie seine Erklärungen der Farberscheinungen werden von ihm selbst sowie seinen Anhängern dadurch gerühmt, dass sie die Natur im Unterschied zu den Experimenten und Erklärungen Newtons nicht „auf die Folter spannten“, „um sie zu dem Bekenntnis dessen zu nötigen“, was schon vorher festgesetzt ist (vgl. Goethe, 1958, S. 45). Goethe selbst nimmt für sich in Anspruch, seiner „Freundin“ – der Natur – einen „Ritterdienst“ zu leisten, indem er sich ihrer „gekränkten Unschuld“ annimmt (ebenda). Dieser Anspruch soll im Folgenden anhand seiner Erklärung der Spektralfarben geprüft werden.

Goethe geht in seiner Farbenlehre von folgendem Urphänomen aus: Ein trübes, beleuchtetes Medium auf hellem Grund erscheint gelb (und an der Grenze zum dunklen Hintergrund rot), ein trübes beleuchtetes Medium auf dunklem Grund erscheint violett (und an der Grenze zum hellen Hintergrund blau). Dieses Urphänomen stützt er vor allem durch Beobachtungen in der Natur, z.B. dem Abendrot und dem Himmelsblau, wo jeweils die Atmosphäre das trübe Medium bildet. Die Aufgabe der Erklärung der durch Brechung entstehenden Spektralfarben besteht darin, auch diese Farberscheinungen auf das Urphänomen zurückzuführen. Nur hierdurch kann es ihm gelingen, seinem methodischen Anspruch zu genügen, sämtliche Farberscheinungen als Variationen ein und desselben Urphänomens zu begreifen.

Das Problem bei den durch Brechung hervorgerufenen Farberscheinungen besteht darin, dass es hier allem Anschein nach kein trübes Medium gibt und ebenso unklar ist, was hier als heller bzw. dunkler Hintergrund fungieren kann. Diesen Umstand „löst“ Goethe durch seine Unterscheidung von Haupt- und Nebenbildern. Goethe verdeutlicht dies an einem einfachsten Fall: Einem hellen Rund auf dunklem Grunde, das durch eine konvexe bzw. konkave Linse betrachtet wird (Goethe, 1955, S. 77). Unter einem „Bild“ versteht Goethe eine begrenzte Fläche: Ein helles Rund auf dunklem Grund ist folglich ein Bild. Durch die konvexe Linse wird das helle Rund auf dunklem Grund vergrößert: Goethe sagt, es finde eine „Verrückung nach aussen“ statt. In diesem Fall sieht man, wenn man durch die konvexe Linse schaut, das helle Rund mit einem blauen Rand (vgl. Abb. 5 aus Goethe, 1951, Anhang S. XVIII). Sieht man durch eine konkave Linse, wird das Bild verkleinert – es findet in Goethes Worten eine „Verrückung nach innen“ statt und man sieht das helle Rund mit einem gelben Rand (vgl. Abb. 5). Die jeweiligen Farberscheinungen an den Rändern erklärt Goethe nun dadurch, dass er zwei Arten von Bildern unterscheidet: Das „unverrückte“ Hauptbild, das man sieht, wenn man nicht durch eine Linse schaut, und das jeweils durch eine Linse „verrückte“ – vergrößerte bzw. verkleinerte – Nebenbild. Die Farberscheinungen an den jeweiligen Rändern des verrückten Bildes erklärt er durch Überlagerungen der hellen bzw. dunklen Ränder der jeweiligen unterschiedlichen Flächen: Am Rand des vergrößerten hellen Runds des Nebenbildes überlagert dieses die dunkle Fläche des Hauptbildes, am Rand des verkleinerten hellen Runds des Nebenbildes überlagert die dunkle Fläche des Nebenbildes das helle Rund des Hauptbildes. Um nun die Farberscheinungen bei Brechungen auch auf sein Urphänomen zurückzuführen, muss Goethe noch annehmen, dass Nebenbilder trübe Bilder sind: Auf dem dunklen Hintergrund des Hauptbildes erscheinen die Ränder des Nebenbildes dann blau und auf dem hellen Hintergrund des Hauptbildes gelb.

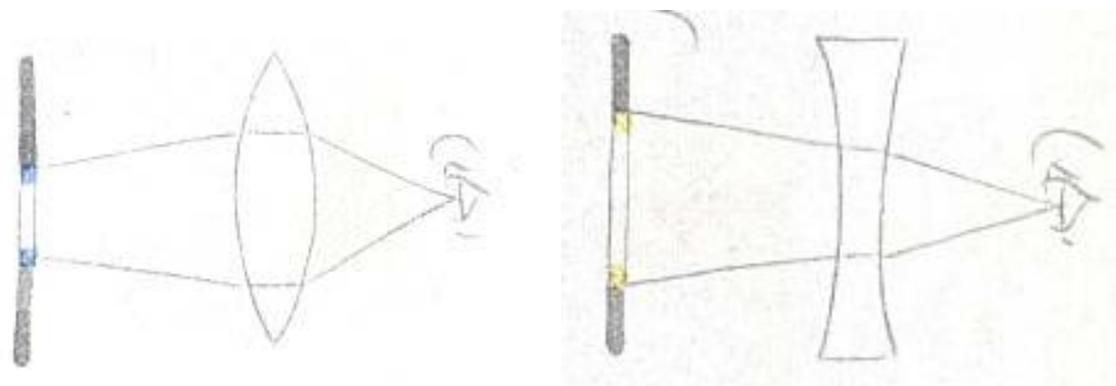


Abb. 5 Farberscheinung beim Blick durch eine konvexe und konkave Linse

Diese Art der Erklärung überträgt Goethe auch auf die prismatischen Farberscheinungen, wobei er Rot und Blau als die Säume an den Grenzen zum dunklen bzw. hellen Hintergrund erklärt und Grün als Mischung von Gelb und Blau auffasst (vgl. Goethe, 1955, S. 83-89).

Für die Gegenüberstellung dieser Art der Erklärung optischer Phänomene mit der Newtons kann hier auf weitere Details verzichtet werden, denn anhand von Goethes Erklärung der Farberscheinungen bei der Refraktion wird deutlich, dass er zum Zwecke der Rückführung dieser Phänomene auf sein Urphänomen nicht umhin kann, Hypothesen zu postulieren, die sich dem von ihm immer wieder als oberste Instanz beschworenen unmittelbaren Sinneseindruck des Auges entziehen: Weder für die Annahme, dass sich Haupt- und Nebenbilder überlagern noch für die Annahme, dass Nebenbilder trüb sind, gibt es einen empirischen Anhaltspunkt. Dem Auge zeigt sich nur jeweils unabhängig voneinander das unverrückte Hauptbild oder das durch Linsen vergrößerte bzw. verkleinerte Bild mit farbigen Rändern – alle weiteren Annahmen sind von Goethe allein zu dem Zwecke erfunden, den Bezug zu seinem Urphänomen herzustellen.

Goethes Erklärungsversuch der durch Brechung hervorgerufenen Farberscheinungen stellt eine vereinfachte Form des Schlusses auf die beste Erklärung dar, bei dem auf das Ausscheiden alternativer Hypothesen verzichtet wird: Aus der Prämisse, dass das zu erklärende Phänomen P (Farberscheinungen an brechenden Medien) gegeben ist, und der weiteren Prämisse, dass, wenn die Hypothese H (Hypothese trüber Nebenbilder) wahr ist, dann P gegeben ist, wird geschlossen, dass die Hypothese H wahr ist. Hierbei handelt es sich um den klassischen Fehlschluss der Abduktion. Einen empirischen Grund für die Annahme seiner Hypothesen kann Goethe nicht angeben; vielmehr beruht die Bildung seiner Hypothese der trüben Nebenbilder auf dem Verlangen, die durch Brechung hervorgerufenen Farberscheinungen in Analogie zu empirisch nachweisbaren Farberscheinungen bei trüben Medien zu verstehen. Dies gibt Goethe selbst unumwunden zu (Goethe, 1957, S. 167):

Sodann wenn sie bemerken, dass der prismatische Fall, [...], nicht ganz befriedigend aus jenen Anfängen abgeleitet sey, so gebe ich es gerne zu und eröffne nur soviel im allgemeinsten: wie ein reines Anschauen uns vollkommen überzeugt und beruhigt, so bedienen wir uns der Analogie, um uns selbst und andere einstweilen zu überreden und zu beschwichtigen.

Der Hinweis auf einen Analogieschluss kann nur einen unkritischen Geist beschwichtigen: Es wird kein empirischer Grund angegeben, vielmehr soll die Hypothese dadurch gerechtfertigt werden, das zu erklärende Phänomen in Analogie zu anderen Phänomenen zu erklären. Dies steht jedoch angesichts der Tatsache, dass keine trüben Nebenbilder auf einem hellen bzw. dunklen Hintergrund wahrgenommen werden können, in Frage. Geleitet durch seine Methodologie der Erklärung von Naturphänomenen, ist es Goethe und nicht Newton, der der Natur bei der Erklärung der Farberscheinungen an brechenden Medien Gewalt antut.

Auch wenn Goethe nicht von Lichtstrahlen, sondern Bildern redet, und jegliche physikalische Erklärung optischer Phänomene ablehnt, die auf Eigenschaften von Lichtstrahlen rekurriert, sollte dies nicht darüber hinwegtäuschen, dass er sich inhaltlich und methodisch in bekannten wissenschaftlichen Traditionen bewegt: Sein Insistieren auf der Einfachheit von Sonnenlicht, durch dessen Modifikation erst Farben entstehen, steht ganz im Zeichen der Modifikationstheorie. Indem er auf „Bilder“ im Sinne begrenzter Flächen zurückgreift und Farbphänomene durch „Verbindungen von Rand und Fläche“ (Goethe, 1955, S. 77) erklärt, übernimmt er traditionelle Elemente des „boundary modificationism“. Indem er zusätzlich trübe Medien bei der Farbentstehung für unabdingbar hält und dem Medium selbst kausale Relevanz zuschreibt, reiht er sich auch in die Tradition des „medium modificationism“ ein. Indem er schliesslich hypothetische Elemente postuliert, um seine Form einer

Modifikationstheorie aufrecht zu erhalten, geht er auch methodologisch nicht wesentlich neue Wege. Nicht Goethe verlässt traditionelle wissenschaftliche Bahnen, sondern Newton. Hierdurch bahnte dieser der Naturforschung einen Weg, auf dem nicht Hypothesen erdacht, sondern experimentelle Erklärungen gegeben werden. Dieses Vorgehen als dogmatisch zu bezeichnen, ist eine Verkehrung der Tatsachen.

Literatur

- Bacon, F. (1990), *Novum Organon. Band 2*. Meiner: Hamburg.
- Eckermann, J.P. (1949), *Gespräche mit Goethe in den letzten Jahren seines Lebens*. H.H. Houben (Hrsg.). Wiesbaden: Brockhaus.
- Goethe, J.W. (1951), Über Newtons Hypothese der diversen Refrangibilität. In *Beiträge zur Optik und Anfänge der Farbenlehre: 1790-1808, Die Schriften zur Naturwissenschaft 3.1*, S. 152-159. Weimar: Hermann Böhlau Nachfolger.
- Goethe, J.W. (1955), *Zur Farbenlehre, didaktischer Teil. Die Schriften zur Naturwissenschaft 4.1*. Weimar: Hermann Böhlau Nachfolger.
- Goethe, J.W. (1958), *Zur Farbenlehre, polemischer Teil. Die Schriften zur Naturwissenschaft 5.1*. Weimar: Hermann Böhlau Nachfolger.
- Goethe, J.W. (1957), *Zur Farbenlehre, historischer Teil. Die Schriften zur Naturwissenschaft 6.1*. Weimar: Hermann Böhlau Nachfolger.
- Grasshoff, G. & Baumgartner, M. (2004). *Kausalität und kausales Schliessen. Eine Einführung mit interaktiven Übungen*. Bern: Bern Studies in the History and Philosophy of Science.
- Lampert, T. (2000). *Zur Wissenschaftstheorie der Farbenlehre. Aufgaben, Texte, Lösungen*. Bern: Bern Studies in the History and Philosophy of Science.
- Hooke, R. (1665), *Micrographia*. London.
- Laymon (1978), Newton's Experimentum Crucis and the Logic of Idealization and Theory Refutation. *Studies in History and Philosophy of Science*, 9.1., 51-77.
- Lohne, J.A. (1965). Isaac Newton: The Rise of a Scientist 1661-1671. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 20, 125-139.
- Lohne, J.A. (1968). Experimentum Crucis. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 23, 169-199.
- Newton, I. (1959), *The Correspondence of Isaac Newton*, Vol.1. H.W. Turnbull (Hrsg.), Cambridge: Cambridge University Press.
- Newton, I. (1960), *The Correspondence of Isaac Newton*, Vol.2. H.W. Turnbull (Hrsg.), Cambridge: Cambridge University Press.
- Newton, I. (1999), *Die mathematischen Prinzipien der Physik*. V. Schüller (Hrsg.), Berlin: de Gruyter.
- Sabra, A.I. (1967), *Theories of Light from Descartes to Newton*, London: Routledge.
- Steinle, F. (2001). „Das Nächste ans Nächste reihen“: Goethe, Newton und das Experiment. Berlin: *Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte Preprint 169*.
- Thompson, E. (1994), *Color Vision. A Study in Cognitive Science and the Philosophy of Perception*. London: Routledge.
- Zemplén, G. (2005). *The History of Vision, Colour, & Light Theories. Introductions, Texts, Problems*. Bern: Bern Studies in the History and Philosophy of Science.

Zusammenfassung

Anhand der genaueren Analyse von Newtons experimentum crucis und der Argumentation, die er auf dieses Experiment stützt, sowie Goethes Kritik hieran und seiner Erklärung der Spektralfarben wird für die beiden folgenden Thesen argumentiert:

1. Newton ist kein Dogmatiker, der methodische Ansprüche vertritt, die er nicht einlösen kann, sondern gründet seinen Anspruch, experimentelle Beweise führen zu können, auf einer vorbildlichen Methodologie kausaler Erklärungen, was seine Kritiker allerdings übersehen.
2. Goethe ist kein Antiwissenschaftler, der einen einzigartigen Kontrapunkt zur vorherrschenden wissenschaftlichen Tradition bildet, sondern steht inmitten traditioneller Auffassungen zur Farbenlehre, deren experimentelle und methodologische Grundlagen bezüglich eines Erklärungsanspruches denen Newtons unterlegen sind.

AutorInnenverzeichnis

Dr. phil. Lampert, Timm, Philosophisches Institut der Universität Bern, Länggassstr.49a, 3012 Bern, zur Zeit SNF-Forschungsstipendiat an den Universitäten in Torun (Polen), Regensburg und Pittsburgh (USA).