

experimentum crucis/crucial experiments

HS, Dr. Olaf Müller

Wintersemester 2008-2009

Wahrheit und Dichtung

**Bemerkung zur experimentellen Praxis von Sir Isaac Newton in
dessen Arbeit zur Optik**

Matthias Herder

Pappelallee 4

10437 Berlin

herderma@cms.hu-berlin.de

030/31565953

Philosophie (MA)

Humboldt-Universität Berlin

Mtrkl.: 142108

17. April 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einer für alles	1
1.2	Alle für eines	1
1.3	Jetzt doppelt neu!	1
1.4	Mir doch egal?!	3
2	Vom dunklen Kämmerlein	4
2.1	Wie siehts aus?	4
2.2	An die Tafel.. Isaac!	6
2.3	Und nochmal langsam für alle.	7
2.4	„Wie groß ist Ihr Daumen, mein Herr?“ - „Wann genau, bitte?“	7
2.5	Soweit, so gut...	9
2.5	... so ungenau.	10
2.6	Immer diese Pedanten	11
2.7	Auf der krummen Bahn	12
2.8	Liebling, ich habe das Fensterladenloch geschrumpft!	13
2.9	Der ganze Aufwand, wofür?!	14
3	Zur Welt der Wissenschaft	16
3.1	„Ihr Vorbild, Jan Hendrik Schön?“ - „Isaac Newton, ganz klar!“	16
3.2	What’s wrong with Schaffer?	16
3.3	Shapiro, übernehmen Sie?	18
3.4	Einen Schritt zurück, einen Schritt nach vorn?!	18
4	Schluss und Schluss	22
4	Anhang	A
4.1	Literaturverzeichnis	A
4.2	Abbildungsverzeichnis	C

Einleitung

Einer für alle

Die überwältigende Mehrheit dessen, was wir heute in Physik und dem Alltagsverständnis in Bezug auf Farben und Licht als wahr erachten, lässt sich direkt auf die Arbeit eines einzigen Mannes zurückführen: Es war Sir Isaac Newton, der nach langjähriger Forschungstätigkeit, am 2. Februar 1671/72 mit der „A new proposal concerning the theory of colour of light“ betitelten Schrift im Fachorgan der Royal British Society vor die wissenschaftliche Öffentlichkeit trat; Mit jenem Aufsatz, der sich den Zusatz „new“ durchaus selbstbewusst tatsächlich jedoch nicht zu unrecht zusprach. Denn die Lage war folgende:

Alle für eins

Auch vor Newtons Artikel war bereits von vielen zum Thema Farben und Licht geforscht worden - genannt seien hier exemplarisch als Zeitgenossen Newtons Robert Hooke und Robert Boyle; doch nicht nur deren Forschung war durchgängig eines gemeinsam: Immer lag ihr die Überzeugung zugrunde, dass weißes (Sonnen-) Licht „einfach“, d.h. homogen, ist, und dass es z. B. beim Eintritt in ein optisch aktives Element (wie etwa einem Prisma) eine Veränderung erfährt, die sich dann z. B. als Farbe äußert.

Die sich durchaus auch in vielen Details deutlich unterscheidenden Ansätze zu jener einen übergreifenden Grundidee lassen sich üblicherweise unter dem Schlagwort „Modifikationstheorie(n) des Lichts“ gemeinsam fassen. Sie war nicht nur unter Newtons Zeitgenossen die etablierte wissenschaftliche Grundanschauung zum Thema Licht und Farbe - die Auseinandersetzung der genannten Forscher mit denen, die vor ihnen kamen, weist uns den Weg: So wie z. B. Hooke Bezug nimmt auf Descartes und dessen *Dioptrique*, findet sich auch bei diesem genau dieselbe eine Grundannahme, wie sie sich auch über das Mittelalter hinweg bis schließlich zurück zu Aristoteles verfolgen lässt - weißes Licht ist einheitlich und einfach, Farben entstehen durch dessen Modifikationen.

Jetzt doppelt neu!

Dieser jahrhundertelangen, wohl sich immer leicht wandelnden, dennoch aber die Grundidee unverändert fortführenden Tradition nun stellt sich Isaac Newton gezielt entgegen. Fast lapidar heißt es im *abstract*¹ des 1671/72er Textes:

„his New Theory about Light and Colors: Where Light is declared to be *not Similar or Homogeneous*, but consisting of difform rays “²

und:

„And Colors are affirm'd to be not Qualifications of Light, deriv'd from Refractions of natural Bodies, (*as 'tis generally believed*;)“³

Und auch im Text selber macht er ganz deutlich klar:

„I told you, that Light *is not similar, or homogeneous, but* consists of difform Rays“⁴

Doch so sehr auch diese inhaltlichen Neuerungen im Vordergrund stehen, spätestens in den Auseinandersetzungen um die Akzeptanz seiner Theorie und die damit verbundenen Versuche, sich seinen Experimenten zu nähern,⁵ wird noch eine zweite, so noch nicht dagewesene Eigenheit deutlich: Anders als alle seine Kollegen zeichnet Newton klar nur ein bestimmtes seiner Experimente aus und postuliert dieses als völlig ausreichend, um seine Theorie zu gewinnen und zu stützen.

Im Artikel der *Philosophical Transactions* kommen überhaupt nur 3, zählt man das angeführte hooksche hinzu, 4 Experimente vor; dem stehen z. B. hunderte in Robert Hooks *Microphagia* und auch bei Newton selbst vormalig etliche gegenüber, im „Trinity Notebook“ sind es z. B. 64.⁶ Sicher, alle diese Texte sind wesentlich

¹Von dem ich schätze, dass er nicht von Newton selbst, sondern möglicherweise von Oldenburg geschrieben wurde - an diesen hatte Newton seinen Text zur Veröffentlichung im entsprechenden Organ gesendet.

²Siehe [NewtonPhil], S.3075, meine Hervorhebung.

³Ebd., meine Hervorhebung.

⁴Siehe [NewtonPhil], S. 3081, meine Hervorhebung.

⁵Exemplarisch hierzu vergleiche den Briefwechsel Newton - Lukas in [NewtonTurn].

⁶Siehe [NewtonTrin], S. 466 ff.

länger und von anderem Format als der Brief an Oldenburg der *Philosophical Transactions*, unübersehbar bleibt jedoch trotzdem der veränderte Fokus - dem einzelnen Experiment wird eine drastisch erhöhte Beweislast aufgebürdet.

Mir doch egal?!

Dieser nicht einfach wegzudiskutierende Befund lässt sich natürlich ganz unterschiedlich bewerten. Allen Shapiro z. B. legt keinen besonderen Wert auf die Rolle, die Experimente in der Arbeit von Newton und in der anschließenden Auseinander- und Durchsetzung spielen.⁷ Dies mag in Bezug auf die Durchsetzung der newtonschen Theorie im Allgemeinen noch plausibel, im Besonderen (siehe z. B. den erwähnten Briefwechsel mit Father Lucas) mindestens nicht mehr völlig stimmig anmuten - im Blick auf die von Shapiro kritisierte und attackierte Schrift von Simon Schaffer⁸ wird jedoch deutlich, welchen Verlust an Erkenntnismöglichkeiten in Bezug auf wissenschaftlich-experimentelle Arbeitskultur und Newtons wissenschaftliche Vorgehensweise im Besonderen ein Verzicht auf eine genauere Betrachtung von Newtons Durchführung und Darstellung seiner Experimente mit sich bringt. Und in gleichem Maße wird z. B. bei Lampert deutlich, in welchem überwältigenden Maße Newtons *experimentum crucis* geradezu die Crux seiner Theorie und seines Beweisanspruches darstellt.⁹ In Anschluss an gerade den Fokus auf Newtons Vorgehensweise und wissenschaftliche Methode nun möchte ich mich auf einige Details des das *experimentum crucis* vorbereitenden „Ursprungsexperiments“ aus den *Philosophical Transactions* konzentrieren und versuchen, die hierbei gewonnenen Ergebnisse in den größeren Zusammenhang der von Shapiro und Schaffer gebotenen Erklärungsversuche dieser wissenschaftlichen Entwicklung einzuordnen bzw. sie ihnen gegenüberzustellen.

⁷„We shall see, that most of the experimental tests of Newton’s theory were private, casual, and, by later standards, rather lax in what they took to be either confirmation or refutation. Experiment was not the central issue in the acceptance of Newton’s theory.“ Siehe [ShapiroGra], S. 61.

⁸Siehe [SchafferG1].

⁹Siehe [LampertNew].

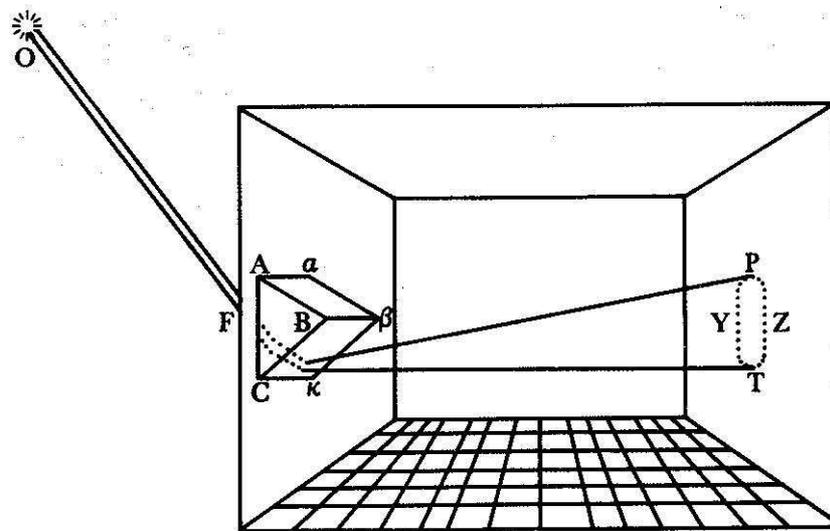


Abbildung 1: Newtons Illustration des „Grundexperiments“, aus seinen *Optical Lectures*.

Vom dunklen Kämmerlein

Wie siehts aus?

Das Experiment, um dessen genauere Untersuchung es mir geht, wird von Newton ohne große Umschweife gleich zu Beginn der *New theory about light & colors* eingeführt:

„[...] having darkened my chamber, and made a small hole in my window-shuts, to let in a convenient quantity of the Suns light, I placed my Prisme at his entrance, that it might be thereby refracted to the opposite wall. [...] I became surprised to see them [colours, MH] in an *oblong* form. [...] Comparing the length of this coloured *Spectrum* with its breadth, I found it about five times greater;“¹⁰

Darstellung 1 illustriert diesen Aufbau. Das Inventar also so weit: Die scheinen-

¹⁰Siehe [NewtonPhil], S. 3076 (48).

de Sonne, die verdunkelte Kammer, geschlossene Fensterläden, ein kleines Loch im Fensterladen, ein Prisma hinter diesem Loch, „Lichterscheinung“ auf der gegenüberliegenden Wand, die „Lichterscheinung“ ist etwa fünfmal so lang wie breit.

Doch entgegen der von Shapiro suggerierten eher informellen Natur von Newtons Experimenten begnügt sich dieser keineswegs mit dieser bloß illustrierenden Skizzenhaftigkeit, nein, Newton wird teils sehr präzise und geht mit beachtlichem Aufwand deutlich ins Detail - er lässt der anfänglichen bloß einführenden Vorstellung einen akribischen mathematischen Rekonstruktionsversuch folgen, in dem er die seinerzeit schon bekannten und ebenso anerkannten Snelliusschen Brechungsgesetze und Fakten über die Sonneneinstrahlung in Übereinstimmung mit den empirischen Daten zu bringen sucht:

„I then proceeded to examin more critically, what might be effected by the difference of the incidence of Rays coming from divers parts of the Sun; an to that end, measured the several lines and angles, belonging to the Image. Its distance from the hole or Prisme was 22 foot; its utmost length $13\frac{3}{4}$ inches; its breadth $2\frac{5}{8}$; the diameter of the hole $\frac{1}{4}$ of an inch; the angle, with the Rays, tending towards the middle of the image, made with those lines, in which they would have proceeded without refraction, was 44 deg. 56'. And the vertical Angle of the Prisme, 63 deg. 12'. Also the Refractions on both sides the Prisme, that is, of the Incident, and Emergent Rays, were as near, as I could make them, equal, and consequently about 54 deg. 4'. And the Rays fell perpendicularly upon the wall.“¹¹

Geordnet könnte man nun also dieses „Grundexperiment“ darstellen wie in Abbildung 2. Zu den oben genannten Eckpunkten kommt nun also hinzu:

- Abstand Bild – Fensterladenloch („oder Prisma“!) $d = 22''$
- Bildlänge $B_l = 13\frac{3}{4}''$
- Bildbreite $B_b = 2\frac{5}{8}''$
- Fensterladenlochdurchmesser $L = \frac{1}{4}''$
- Winkel ungebrochene/gebrochene Strahlen $\delta = 44^\circ 56'$

¹¹Siehe [NewtonPhil], S. 3077 (49).

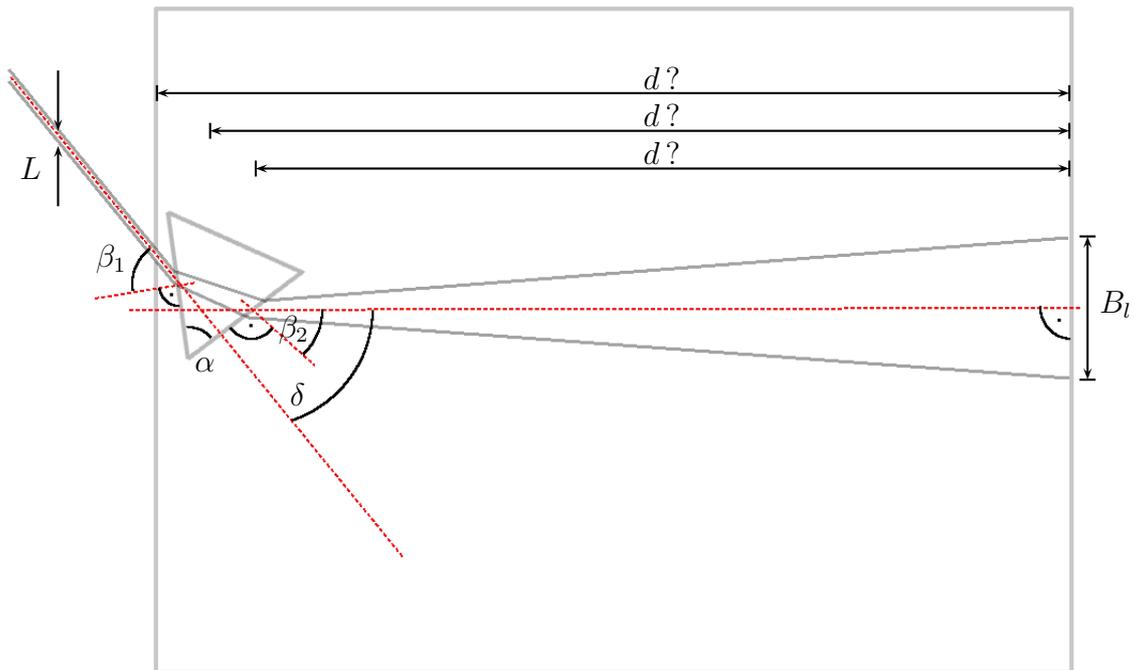


Abbildung 2: Newtons Grundexperiment inklusive Markierung der von ihm angegebenen Größen

- Winkel gebrochene Strahlen/hintere Zimmerwand: 90°
- Prismenwinkel $\alpha = 63^\circ 12'$
- einfallender/ausfallender Winkel der Lichtstrahlen beim Prisma $\beta_{1/2} = 54^\circ 4'$.

An die Tafel... Isaac!

Newton überprüft rechnerisch anhand dieser Daten nun drei Dinge: Er berechnet die Brechungsanzahl des Prismas, er berechnet damit die Winkel zwischen zwei Sonnenstrahlen größtmöglichst differierender Einfallswinkel jeweils beim Ein- und Austritt aus dem Prisma, als erstes jedoch überprüft er aus den geometrischen Gegebenheiten rechnerisch die Dimensionen - namentlich Länge und Breite - des Bildes auf der Wand; Und auf den letzten Punkt, besonders auf die vermeintlich „unproblematische“ (weil geglückte) Berechnung der Bildbreite möchte ich mich konzentrieren. Newton schreibt hierzu unverzüglich zur Sache kommend:

„Now subducting the diameter of the hole from the length and breadth of the Image, there remains 13 Inches the length, and $2\frac{3}{8}$ the breadth, compre-

hended by those Rays, which passed through the center of the said hole, and consequently the angle of the hole, which that breadth subtended, was about 31', answerable to the Suns Diameter;"¹²

Und nochmal langsam für alle.

Warum bestätigen nun diese 31 Zoll für Newton den Versuchsaufbau, und wie kommt er überhaupt auf diese?

Zuerst die Geometrie. Der „Lochwinkel“, um den es geht, ist derjenige Winkel am Fensterladenloch, der von zwei auf die sich gegenüberliegenden Seiten (in der Breite) des Bildes gehenden Sonnenstrahlen gebildet wird. Und dieser Winkel wird von zwei Strahlen gebildet, die durch das Zentrum des Loches gehen sollen. Und da sich durch eine quasi Verkleinerung des Loches natürlich auch die Größe des Bildes verändert,¹³ subtrahiert Newton den weggefallenen Teil des Loches auch vom Bild. Der große Vorteil ist eine nun stark vereinfachte Geometrie. Jetzt bildet der Mittelpunkt des Lochs mit dem halben Bild ein rechtwinkliges Dreieck mit zwei uns bekannten Seiten, und der Lochwinkel kann leicht über den Tangens berechnet werden – wenn man denn die Einheiten kennt.

„Wie groß ist Ihr Daumen, mein Herr?“ - „Wann genau, bitte?“

Newton gibt seine Größen hier in zweierlei Einheiten an - Fuß und Zoll. Das Problem dabei besteht darin, dass man je nachdem, zu welchem Zeitpunkt man sich wo befand, mit gutem Grund völlig verschiedener Ansicht sein kann, wieviel denn nun ein *foot* oder ein *inch* sei.¹⁴ Dies verwundert wenig, stimmt doch etymologisch das Wort für Zoll in vielen Sprachen mit dem Wort für Daumen überein;¹⁵ und die sind bekanntlich alles andere als uniform. Auch Füße haben einen natürlichen Hang dazu, sich Normierungstendenzen entgegenzustellen: Allein in Deutschland

¹²Ebd.

¹³Wobei dies im allgemeinen so „natürlich“ gar nicht ist und sehr vom Größen- und Entfernungsverhältnis von Loch und Lichtquelle abhängt; näheres dazu lässt sich unter den Stichworten *optische Faltung*, *point spread function (PSF)* und, als praktisches Beispiel der Linsenabbildung in der Photographie, *Bokeh* finden.

¹⁴Zur Illustration siehe Abbildung 3.

¹⁵Siehe [WpediaInch].

HAMBURG	1	2	3	4
AUSTRIAN	1	2	3	4
ITALIAN	1	2	3	4
BREMEN	1	2	3	4
SWEDISH	1	2	3	4
TURKISH	1	2	3	4
BAVARIAN	1	2	3	4
SPANISH	1	2	3	4
PORTUGUESE	1	2	3	4
MOSCOW	1	2	3	4
RUSSIAN	1	2	3	4
AMSTERDAM	1	2	3	4
RHYNLAND	1	2	3	4
FRENCH	1	2	3	4
PERMETRE	1	2	3	4
ENGLISH	1	2	3	4

Abbildung 3: „Inch converter“ - Hilfsmittel zum Umrechnen zwischen verschiedenen Zollmaßen, Mitte 19. Jahrhundert.

gab es z. B. vor der Einführung des metrischen Systems weit über 100 verschiedene Fußmaße mit einer Bandbreite zwischen 25 cm und 35 cm.¹⁶

Einen Anhaltspunkt könnte uns nun der Zeitpunkt und der Ort liefern, zu dem Newton arbeitete und sein Schreiben an die Royal Society verfasste. Und da es gerade in England ein überaus ausgeprägtes und explizites Einheitensystem gab und gibt und dieses auch genutzt wurde, würde ich es für zumindest etwas abwegig halten, zur Ermittlung der Länge des von Newton verwendeten *Inch* und *Foot* Recherchen zum z. B. in Frankreich oder Deutschland verwendeten *Fuß* den Vorzug zu geben; ich konzentriere mich auf England.

Der dort heute gebräuchliche *International Inch* wurde tatsächlich erst im Jahre 1958 von den Vereinigten Staaten von Amerika und den Ländern des British Commonwealth einheitlich definiert und übernommen;¹⁷ Vorher waren die sogenannten *Imperial Units* im britischen Commonwealth in Benutzung, die ihrerseits 1824 in der *Wheighths and Measures Act* genannten Reform aus den seit dem Mittelalter ge-

¹⁶[DeTeVauFus], S. 75.

¹⁷Siehe [WpediaInch].

bräuchlichen *English Units* hervorgegangen waren.¹⁸ Die *English Units* waren nach der Schlacht von Hastings als Folge der normannischen Invasion eine Mischung des vorher genutzten germanischen Systems und der mitgebrachten römischen Einheiten. Standardisiert wurden sie zum ersten Mal durch die *Magna Carta* 1215, überarbeitet im Jahre 1496, 1558 und - 1758.¹⁹ Jetzt kommen wir der Sache näher. Newtons Text wurde 1671/72 veröffentlicht, die Einheitenreform von 1758 sollte er also noch nicht mitbekommen haben. Zu unserem überaus großen Glück hat sich just im Jahre 1707 ein sehr fleißiger Mann der großen und mühsamen Aufgabe angenommen, die zu jenem Zeitpunkt in London sowie Frankreich und in weiteren europäischen Städten gebräuchlichen Maße zu sammeln und zu dokumentieren.²⁰ Und das *Inch* gibt er mit 2,54 cm (entsprechend dem heutigen!), den *Foot* als 12 *Inch* mit 30,48 cm an.

Um auf Nummer sicher zu gehen, kann man sich nun aber in unserem Falle für die Berechnung der Winkel auch schon mit deutlich weniger zufrieden geben und einem anderen Strang nachgehen, der sich aus dem zweiten etymologischen Ursprung des Wortes *Inch* ergibt: Das englische „inch“ nämlich entstammt dem lateinischen „uncia“, was „ein Zwölftel“ bedeutet; und betrachtet man nur die Verhältnisse zwischen Fuß und Zoll, so stößt man in allen bisher genannten Quellen tatsächlich nur auf derer zwei: Entweder ein Foot besteht aus zehn Inch, oder er besteht aus zwölf Inch. Und in England bestand ein *foot* unverändert seit der Thronbesteigung Elisabeths im Jahre 1558 bis zum Jahr 1824 aus 12 *inch*.²¹

Soweit, so gut. . .

Da die in Newtons Rechnung genutzte Winkelfunktion rein auf Verhältnissen beruht, genügt also schon diese Angabe zur problemlosen - weil einheitenfreien - Überprüfung seiner Rechnung.

1 ft. = 12 in. liefert:

(„korrigierte“) Bildbreite $b = 2\frac{3}{8}''$ und Entfernung Loch-Bild $a = 22 \cdot 12''$;

Also $\frac{\theta}{2} = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$;

¹⁸Siehe [WpediaImpe].

¹⁹Siehe [WpediaEngl].

²⁰Siehe [JusticeWei].

²¹Siehe [ZupkoBriti], S. 86, 92f.

Und schließlich Lochwinkel $\theta = 0,51544^\circ = 30'55,59$.

Diese nicht ganz 31 Bogenminuten stimmen nun also einigermaßen genau mit dem Winkel überein, den zwei maximal entfernte Punkte auf von uns beobachteten Sonne mit uns als irdischem Betrachter bilden;²² Genau dies ist also der Grund, warum Newton hier seine Versuchsbedingungen bestätigt sieht und die Breite des Bildes als nicht überraschend empfindet (und sich im Weiteren der diesen Berechnungen nicht folgenden Länge des Bildes zuwendet).

... so ungenau.

Aber stimmt denn Newtons Rechnung so überhaupt? Wie sieht es denn z. B. mit der korrigierten Breite (und Länge) des Bildes aus, die er - zumal nicht gerade extrem explizit - mit der Reduktion der Situation auf ein minimales Loch rechtfertigt?

Sie haben es geahnt - es stimmt nicht. Betrachten Sie bitte dazu Abbildung 4. Denn tatsächlich wäre man nur dann dazu berechtigt, die gleichen Anteile beim Bild wie am Loch abzuziehen, wenn die jeweils entsprechenden „äußersten“ Strahlen o und o' parallel verliefen; das tun sie aber bei feststehender und (vor allem bezüglich der Größe) gleichbleibender Lichtquelle niemals - wie sollten sie auch, gehen sie doch „am Anfang“ vom gleichen Punkt S , einer der maximal gegenüberliegenden Sonnen-seite, aus! Zusätzlich ist in Abbildung 4 der dem halben „großen“ Lochdurchmesser entsprechende Betrag schraffiert hervorgehoben und bis zur Bildebene verlängert worden.

Newton hat also die „korrigierte“ Breite (genauso wie die „korrigierte“ Länge) des Bildes als zu groß angegeben.²³ Doch damit nicht genug: Es sollte außerdem dem

²²Der sogenannte *mittlere scheinbare Durchmesser* der Sonne, von Newton mit 31' angegeben, liegt zwischen 31,5 und 32,5 Bogenminuten und wird präzise mit 31'59,3" beziffert, siehe z. B. [DeTeVauSon], S. 118.

²³Und auch wenn ich diesen Umstand alleine und selbstständig bemerkt habe, möchte ich doch nicht verschweigen, dass ich nicht der erste war: Bereits 1978 beschrieb ihn Ronald Laymon in seinem „Newton's advertised precision“ betitelten Artikel (siehe [LaymonPrec], S. 237/8), und er erwähnte ebenfalls dort als Newtons Zeitgenossen Ignace Pardies, der sich damit genauso wenig zufrieden geben wollte; Da Laymons Bewertung dieser Rechenunsauberkeit jedoch ausschließlich quantitativer Natur ist - und nicht wie meine Folgenden qualitativ - und er sie zudem in den ganz bestimmten Dienst stellt, Newton als sich gegen die zu jener Zeit anerkannten Brechungsgesetze positionierend darzustellen, kann ich weiterhin annehmen, dass meine

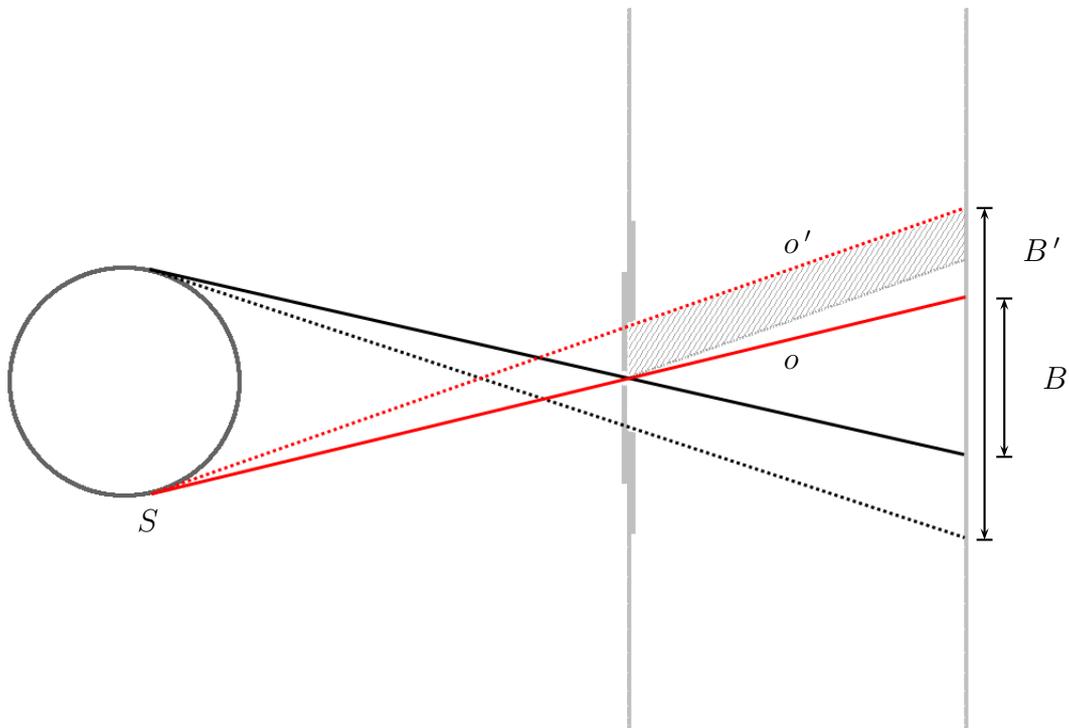


Abbildung 4: Veränderte Strahlenverläufe durch Lochgrößenänderung.

geneigten Leser bereits an ganz anderer Stelle etwas mulmig geworden sein: Was ich meine, ist die Distanz zwischen Lichtbild und „Prisma *oder* Fensterladenloch“; denn natürlich macht dies einen Unterschied - wenn auch die Winkeldifferenz zwischen den beiden „äußeren“ Strahlen durch die Brechung im Prisma nicht angetastet wird, so ist doch die Distanz in beiden Fällen nicht die selbe: Denn dadurch, dass die Strahlen umgelenkt werden und somit nicht mehr auf dem kürzest möglichen Weg zwischen Fensterladenloch und Bild(-mitte) verlaufen, verlängert sich auch der zur Berechnung des Lochwinkels herangezogene Weg; Siehe Abbildung 5.

Immer diese Pedanten

Ach, mag mancher nun stöhnen, wird hier denn nicht mit Granaten nach Kröten geworfen? Es handelt sich nun wirklich - bei aller Mathematik hin oder her - doch nur um eine kurze Demonstration, bei der plausibel gemacht werden soll, warum hier überhaupt (in der Länge des Bildes) irgendwas nicht stimmt, die Breite ist doch sowieso in Ordnung, und wäre das hier denn nun nicht gerade ein Paradefall

Überlegungen nicht redundant sind.

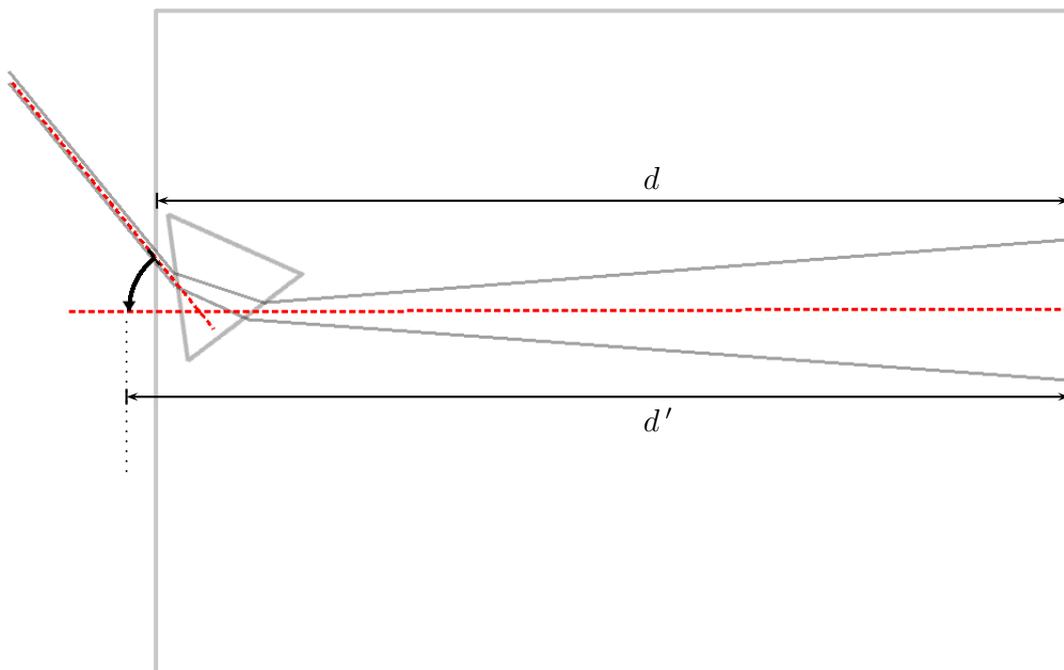


Abbildung 5: Strahlenwegverlängerung durch Umlenkung beim Prismieren.

für die immer wieder gern zitiertes Notwendigkeit zum großzügigen Umgang mit empirischen (Mess-) Daten?

Vielleicht. Vielleicht jedoch auch nicht - denn eben dieser Aussortier- und Wegwerfvorgang bei Messdaten findet für gewöhnlich ja nun auch nicht einfach ins Blaue hinein statt;

Zudem darf man gerade im Fall der Kritik an den 22 *Fuß* stutzig werden, dass Newton selbst im 7. Experiment seines *Trinity Notebook* ausdrücklich die Distanz zwischen (hinterer) Wand und *Prisma* mit 260 inches angibt - bei jenem Experiment, von dem Simon Schaffer sagt, es wäre „carefully rewritten“ sowohl 1670 in Cambridge als auch 1672 in Newtons Brief an Oldenburg wieder in Erscheinung getreten.²⁴

Aus diesen Gründen möchte ich gerne genauer betrachten können, wie groß (oder auch klein) denn nun die Fehlerbeträge sind und in welcher Weise (falls überhaupt) sie denn ins Gewicht fallen. Versuchen wir eine Fehleranalyse.

²⁴[SchafferGl], S. 78.

Auf der krummen Bahn

Zuerst die Wegstrecke zwischen Loch/Prisma und Wand; hierbei gibt es ein paar Variablen, die sich nicht ohne Weiteres ausfüllen lassen.

Nicht gegeben sind uns: Die genaue Entfernung zwischen Wand und Prisma, sowie die Anbringungshöhe des Fensterladenlochs und des Prismas. Wir wissen hingegen, dass der „mittlere“ Strahl waagrecht verläuft und dass die Strahlen, verlängert, als wären sie nicht gebrochen worden, einen Winkel von $44^\circ 56'$ mit jener Waagerechten bilden. Die Parameter der Simulation sind nun:

- Die lotrechte Entfernung zwischen der hinteren, das Bild zeigenden Zimmerwand und der „Fensterwand“ beträgt die angegebenen 22’.
- Die Anbringungshöhe des Fensterladenlochs spielt keine Rolle; wäre sie zu knapp über dem Boden, würde der Weg derjenigen Lichtstrahlen, in den man ein Prisma halten kann, unnötig verkürzt - ergo: ich lasse den Boden einfach weg.
- Variiert wird (innerhalb eines sinnvollen Bereiches) die Position des Prismas im Lichtstrahl, beobachtet wird dabei deren Auswirkung auf die tatsächlich zurückgelegte Strecke des „mittleren“ Sonnenstrahls.

Rechnerisch ergibt sich: Pro Zentimeter horizontaler Entfernung des Prismas von der Fensterwand verlängert sich der Strahlenweg um 5,5 mm. Nimmt man die oben angegebenen 260 inches (= $21\frac{2}{3}$ ft.) Abstand Bild-Prisma des früheren Versuches als Anhaltspunkt, wäre das Prisma etwas mehr als 10 cm von der Fensterwand entfernt und der Strahlenweg würde sich in diesem Fall um etwa 5,5 cm verlängern.²⁵

²⁵Und bei den „früheren“ 260 Zoll damit insgesamt auf rund 21,85 Fuß - wobei dort nun wieder nicht die Winkel der einfallenden und gebrochenen Strahlen angegeben sind; die Lochgröße ist zudem nur halb so groß (und dem entsprechend die Bildgrößen nicht die uns vertrauten) - handelt es sich damit doch um ein mehr oder weniger deutlich anderes und darum nicht zu vergleichendes Experiment? Es scheint so. Abermals wirft dies somit dringlich die Frage auf, wo genau die „später“ gemessenen 22 Fuß Entfernung verlaufen sollen; Wie sich später zeigen wird, ist es jedoch im besten Interesse Newtons, die maximale Strecke anzunehmen. Und da er die Wegänderung durch das Prisma in diesem Zusammenhang mit keinem Atemzug auch nur erwähnt, möchte ich ihn beim Wort nehmen und dafür plädieren, mit 22 Fuß die lotrechte Entfernung zwischen Bildwand und Fensterwand anzunehmen, wie oben geschehen. – In der

Liebling, ich habe das Fensterladenloch geschrumpft!

Als Zweites also nun zur newtonschen „Reduktion auf ein kleinstmögliches Fensterladenloch“. Entgegen meiner Erwartung lässt sich der hierbei gemachte Fehler nur sehr schwer und unvollständig abschätzen; Berechnet man anhand Newtons Angaben den „Brennpunkt“ der „großen“ Lochblende, so ergibt sich rechnerisch beim heute numerisch mit $1,3914 \cdot 10^6$ km vorliegenden Sonnendurchmesser hierbei eine um dreieinhalb Milliarden Kilometer selbst den maximalen Sonnenabstand zur Erde überschreitende angebliche Entfernung der Sonne. Fährt man dessen ungeachtet fort, die „echte“ Bildgröße bei minimaler Lochblende zu bestimmen, zeigen sich die Grenzen der Berechenbarkeit - aufgrund der buchstäblich astronomischen Dimensionen der Beträge lässt sich *keine* Differenz ausmachen - sei dies nun den ganz bestimmt vorhandenen Rundungsverlusten digitaler Rechensysteme geschuldet, seien die ganz offensichtlich an irgendeiner Stelle defizitären Ausgangsdaten daran Schuld, oder läge es vielleicht einfach daran, dass die Abweichung sehr klein ist.

Dies ist unbefriedigend, ist es doch nach wie vor allein schon geometrisch zwingend so, dass ein Fehler vorliegen muss. Halten wir fest, dass er sehr sehr klein sein könnte.

Der ganze Aufwand, wofür?!

Im zweiten Fall ist der Fehler also nicht sehr groß, im ersten Fall wenn auch bemerkbar, so doch nicht riesig - bereits früher habe ich ja den möglichen Vorwurf der Pedanterie antizipiert. War also wirklich alles nur Erbsenzählerei, hat Newton „natürlich“ recht daran getan, im vielzitierten Rahmen der Messgenauigkeit auf alle diese vielen kleinen und - zugegeben - kleinlich anmutenden Details zu ver-

Simulation wurde von mir bisher vernachlässigt, dass die Verlängerung eben dadurch nun wieder eine Verkürzung erfährt, dass der Strahl im Prisma einen „kürzeren“ Weg nimmt, als es die einfache, nur einen Wendepunkt an der mittleren Prismaposition annehmende Modellierung vorsieht. Fiele beispielsweise der mittlere Lichtstrahl in 15 cm Entfernung (ein recht extremer Wert) von der (nach unten gerichteten) Spitze des Prismas auf dessen Seite, so würde sich der Strahlenweg *einmalig* um 5,6 mm verkürzen (und bei Einfall näher der Spitze entsprechend weniger) - da aber ein solch stattliches Prisma (bei Newtons Einfallswinkel) nicht direkt „an der Wand kleben“ könnte, wäre die gesamte Strahlenstrecke natürlich immer noch dank der Umlenkung durch das Prisma schlussendlich verlängert.

zichten und großzügiger gerundete, ungefähre, das zu Zeigende problemlos darzustellen vermögende Ergebnisse zu verwenden, bei genauerer Messung würde man ja schließlich doch zu den gefolgerten Ergebnissen noch genauer entsprechenden Daten gelangen?

Es kommt wohl darauf an, worauf man Wert legt. Denn genau beim letztgenannten Punkt würde ich doch deutlich widersprechen wollen.

Betrachten wir die gemachten Fehlerabschätzungen kurz genauer: Die Distanz, die das Licht zwischen Fensterladenloch und Lichtbild zurücklegen muss, ist real immer etwas *länger* als von Newton angegeben. Gleichzeitig ist das „kleine“ Bild, das durch ein minimal kleines Fensterladenloch auf die Wand geworfen wird, immer ein wenig *schmäler*, als es durch Newtons Abschätzung dasteht. Behält man diese Trends der möglicherweise durch größere Präzision ermittelbaren Daten im Hinterkopf und betrachtet nun die Formel zur Berechnung des Lochwinkels, so führt dies wiederum gerade nicht zu einer Korrektur des newtonschen Ergebnisses in Richtung des tatsächlichen „scheinbaren“ Sonnenwinkels - beide Präzisierungen führen stattdessen zu einer *Verschlechterung* des wohl nicht nur von Newton als zu erwarten betrachteten Ergebnisses.²⁶

²⁶Die Verkleinerung der Ankathete wie auch die Vergrößerung der Hypotenuse führen zu einem (noch) kleinerem Winkel als dem ohnehin schon in Bezug zum scheinbaren Sonnenwinkel zu kleinen newtonschen Rechenergebnis.

Zur Welt der Wissenschaft

„Ihr Vorbild, Jan Hendrik Schön?“ - „Ganz klar: I. Newton!“

Heißt das nun, dass Newton als der Urvater all der entdeckten wie auch (noch) unentdeckten Wissenschaftsbeschöniger betrachtet werden muss, wohlmöglich getrieben allein durch Geltungs- wie Geldbedarf? Nun, „Urvater“ sicher nicht, denn auch schon den lange vor ihm tätigen Ptolemäus und Galilei ist dieses Stigma zu eigen.²⁷ Und ganz so unplausibel ist der Gedanke ja nun auch wieder nicht: Wie Schaffer uns aufmerksam macht, hat Newton keineswegs davor zurückgeschreckt, im Dienste seiner Sache Details seiner Biographie umzuschreiben und den (vermeintlichen) Erfordernissen angepasst in den *Philosophical Transactions* verfälscht zu veröffentlichen.²⁸

Dennoch möchte ich hier versuchen, eine etwas produktivere Deutung der Eigentümlichkeit newtonscher Empirie vorzuschlagen, eine Deutung, die versucht, auch der ja nach wie vor bestehenden Tatsache Rechnung zu tragen, dass die von Newton etablierten Theorien - und eben auch diejenige bezüglich der Optik - sich eben als („doch“) sehr brauchbar und (in weiten Teilen) als einfach *richtig* erwiesen haben.

What's wrong with Schaffer?

Zunächst sieht es nun also erst einmal so aus, als hätte Simon Schaffer ganz richtig gelegen mit der Diagnose, dass Newton aktiv der Demonstrationskraft seiner Experimente nachgeholfen hat.²⁹

Folgt daraus nun aber auch die Richtigkeit von Schaffers konstruktivistischem Ansatz, dass die Durchsetzung von Newtons Theorie im wesentlichen eine Frage sozialer Prozesse war, konkret also von ausgeübter Autorität über die Demonstrationskraft der Experimente?

²⁷Siehe [DradioSchu].

²⁸Siehe [SchafferGl], S. 71, 84; Ein bemerkenswerter Umstand, den Shapiro bezeichnenderweise übergeht.

²⁹Im von mir gezeigten Fall durch deren „nachgebesserte“ Präsentation.

Ich denke nicht. Denn auch ohne auf die Schaffer-Shapirosche Kontroverse einzugehen, ob *Experimente* nun tatsächlich die zentrale Rolle bei der Durchsetzung von Newtons Theorie gespielt haben oder ob dies aufgrund anderer Faktoren der Fall war - Shapiro nennt beispielsweise Verträglichkeit mit bestehenden Theorien und interne Kohärenz³⁰ - stellt sich mir schon bei Schaffers Konzeption alleine betrachtet folgendes Problem:

Nach Schaffer stellen sich die „guten“ Prismen englischer Fertigung (die Newton und Genossen - erfolgreich in der Replizierung seiner Experimente - benutzten) grundsätzlich den „schlechten“ Prismen, wie sie von Father Lucas in Frankreich oder auch in Italien (die newtonschen Ergebnisse nicht ohne weiteres zu replizieren im Stande) genutzt wurden, als prinzipiell gleichwertig dar, gleichwertig in Bezug auf ihre wissenschaftliche Seriosität, Brauchbarkeit und Aussagekraft.³¹ Die das newtonsche Ergebnis nicht liefernde Prismen als „mit Störfaktoren versehene“ zu deklarieren, setzt jedoch bereits die Akzeptanz der newtonschen Theorie voraus, um deren Prüfung (oder Erlangung) es doch gerade gehen soll.³² Konsequenterweise stellt Schaffer die letztendlich historisch faktische Bevorzugung der „guten“ Prismen vor den „schlechten“ *ausschließlich* als Ergebnis ausgeübter Autorität, mit Shapiros Worten geradezu als „Verschwörung“ dar,³³ harte, wissenschaftliche Fakten als Kriterien kommen aufgrund der obigen Überlegungen hier nicht in Frage.

Es scheint Schaffer nicht bewusst zu sein, dass es so damit so sein *muss*, dass es

³⁰Siehe [ShapiroGra], S. 61.

³¹Dazu siehe [SchafferGl], S. 99 f.; er schreibt dort, dass gleichsam die Haltung, dass englische Prismen als „verbesserte“ erachtet wurden, *nur* der Beeinflussung durch die sozialen Institutionen der experimentellen Philosophie geschuldet war und dass *einzig*, im Gegenzug, vorherige Akzeptanz von Newtons Theorie dafür sorgte, dass englische Prismen als „nicht problematisch“ („untroubled objects“) gesehen wurden - „unproblematisch“ nämlich genau in dem Sinne, in dem man heute rückblickend die italienischen Prismen als „problematisch“ bezeichnen würde. Ergo: Ante aller Einflussnahme stehen alle Prismen gleich da.

³²Diese Überlegung verkompliziert sich, sobald eben nicht nur ein „schlechtes“ Prisma im Spiel ist, sondern auch ein vorhandenes „funktionierendes“ zeigt, *dass* die Experimente gelingen können - denn dann liegt ein gewichtiges Argument für die doch unterschiedliche wissenschaftliche Verwertbarkeit der Prismen vor. Ich werde diesen Punkt trotzdem außer acht lassen, da ich Schaffer so weit wie möglich folgen möchte, um schließlich doch zu zeigen, dass seine Konzeption aus sich selbst heraus unschlüssig wirkt.

³³Siehe [ShapiroGra], S. 60.

unter diesen Umständen auch ganz anders hätte kommen können: Hätten andere Autoritäten sich eher Gehör verschaffen können als Newton, erzwingt es Schaffers Theorie, dass sich in diesem Falle die „schlechten“ Prismen als Standard hätten durchsetzen (können) müssen! Und dass sich dementsprechend eine optische Theorie durchgesetzt hätte, die die newtonschen Prismen als defekt und die durch sie erlangten Ergebnisse als falsch etablieren - und plausibel erklären kann!

Ich halte das für hanebüchen. Nun sicher, warum sollte das gänzlich unmöglich sein? Ich denke, dass es sich zumindest als unmöglich erweisen *könnte*, sicher ist es aber z. B. mit Blick auf die Leichtigkeit, mit der sich innerhalb der newtonschen Optik fehlerhafte Prismen als solche erklären lassen, sehr abwegig, dass dies auf ebenso einfache Art von einer „verkehrten“ Optik geleistet werden können sollte. Meiner Meinung nach triftige Gründe gegen die schaffersche Alternativgeschichte sind also mindestens Plausibilität und Ökonomie, gewichtige Gründe, die auch den shapiroschen ähneln und als „hart-faktische“ wiederum von Schaffer nicht in Betracht gezogen werden können. Ernstzunehmende Gründe, die zudem keineswegs auf die Sphäre der *newtonschen* Theorie allein beschränkt sind, sondern theorieübergreifend Kriterien zur Verfügung stellen können - was schafferscher Theorie folgend verwehrt bleiben würde.

Shapiro, übernehmen Sie?

Tut man also gut daran, sich bei der Bewertung der newtonschen Experimentiereigentümlichkeiten etwas irritiert von Schaffer ab- und milde zuversichtlich Shapiro zuzuwenden?

Nun, auch nicht ganz. Zwar ermöglicht er, wie oben angedeutet, anhand übergreifender Kriterien unabhängiger - will heißen: nicht (allein) im System nur einer Theorie gültige - Bewertungen sich widerstrebender wissenschaftlicher Theorien und vermeidet so den latent lauernden Relativismus Schaffers, andererseits scheint mir mithilfe der shapiroschen Kriterien eigentlich nur die Deutung der experimentellen Ungenauigkeiten als Fehler, Irrtum oder aber plumper Betrugsversuch möglich.

Über das „Warum?“ des spezifischen newtonschen Tuns erfährt man so nicht viel.

Einen Schritt zurück, einen Schritt nach vorn?!

Ich möchte also versuchen, eine alternative Deutung von Newtons Vorgehen rekonstruierend vorzuschlagen, einen Vorschlag, der vielleicht ein besseres Verständnis des wissenschaftlichen Arbeitens von Isaac Newton ermöglichen könnte.

Treten wir etwas zurück: Der Hintergrund, den sowohl Schaffer wie auch Shapiro beleuchten, ist der, wie sich eine wissenschaftliche Theorie gegen andere wissenschaftliche Theorien durchsetzt. Meine dargelegte Überzeugung war es, dass beide sich widersprechenden Erörterungen nicht sehr hilfreich sind bei der Bewertung oder Erklärung des newtonschen Vorgehens im vorliegenden Fall. Mein Vorschlag ist es darum, zuallererst die *Geschichte der Durchsetzung einer bestimmten wissenschaftlichen Theorie* zu scheiden von der *Phase der Entstehung und Verfertigung dieser einen bestimmten wissenschaftlichen Theorie*.³⁴ Legt man nun die Ursprünge des newtonschen Experimentierens und Berechnens im vorliegenden Fall in eben diese Phase erst der Entstehung seiner optischen Theorie, so ermöglicht sich einem die nun folgende Sichtweise.

Ich möchte voraussetzen, dass Newton die Diskrepanz zwischen den von ihm genannten Daten und dem von ihm angestrebten Ergebnissen bewusst war - sozusagen das „worst case scenario“.³⁵ Will man ihn nun nicht simpliziter der malignen Da-

³⁴Dass das eine sehr oft in das andere hineinspielt, ist offenkundig - können sich Theorien doch beim Reiben an konkurrierenden Ideen möglicherweise auch nach initialer Veröffentlichung erst ausbuchstabieren und findet sich bestimmt auch oft genau in Korrelation zur Durchsetzbarkeit oder zu widerstrebenden Ideen anderer ein besonderer Impetus in der Forschung. Trotzdem sind Forschen und Veröffentlichungen erst einmal zwei unterschiedliche Dinge.

³⁵Mögliche Gründe hierfür wären z. B. erstens: Man kann Newtons Subtraktion des Lochdurchmessers von der Bildbreite als Minimalmaßnahme rechtfertigen (und so überhaupt zu allererst einmal vernünftig verständlich machen); da dies explizit bedeuten würde, dass die „äußersten“ Strahlen der Bilder im Maximal- wie im Minimal-Loch-Fall parallel verlaufen würden - was sie niemals tun können - ist das kleinere Bild *auf jeden Fall* um die parallelen Strahlenverhältnissen entsprechende Lochbreite kleiner; Geht man so vor, *weiß* man aber, dass es *tatsächlich noch kleiner* sein muss; Zweitens scheint es mir schon unplausibel zu behaupten, Newton, der zum Veröffentlichungszeitpunkt bereits seit mindestens zwei Jahren eine Professur für Mathematik ausübte und in diesem Gebiet schließlich nicht weniger bahnbrechende Ergebnisse als in der Optik vorzuweisen hatte, wären hier doch recht einfache geometrische und mathematische Ungenauigkeiten überhaupt nicht aufgefallen.

Zur Wahl des „worst case scenarios“ muss ich zudem gestehen, dass ein einfacher Fehler das

tenfälschung und des schamlosen Manipulierens bezichtigen, so muss die Frage doch lauten: Welchen (guten) Grund könnte Newton gehabt haben, um so vorzugehen, wie er es letztendlich tat? Und meine Antwort lautet einfach: Er war *überzeugt* davon, dass das Ergebnis, das er anstrebte, das sich so in den Daten aber leider (noch?) nicht ganz finden ließ, das richtige war!

„Was ist denn das für eine Antwort?“, „Was ist denn das für ein Grund?“, werden Sie sich vielleicht jetzt fragen. Nun, ich glaube tatsächlich, dass diese Antwort den Blick freigibt darauf, wie Forschen in der Wissenschaft tatsächlich vor sich geht (oder zumindest gehen kann); Was ich damit nun wieder meine?

Also, wer mag glauben, dass es einfach ein glücklicher Zufall beim Aufbau war, dass in Newtons Grundexperiment die „mittleren“ Lichtstrahlen senkrecht zur Wand am Bild eintrafen und so die relativ einfache Berechnung des Lochwinkels erst ermöglicht wurde? Dass Newton überhaupt sozusagen „ein Typ mit ’nem ziemlich glücklichen Händchen“ war, der zum Spaß allerlei Dinge aufbaute, bei denen nun - unser Glück - just diejenigen Experimente heraus kamen, die ihn dann zum Nachdenken anregten und ihm dies oder das über die Natur des Lichts enthüllte?

Oder könnte es vielleicht doch eher so gewesen sein, dass vor dem Aufbau eines Experiments *eine Idee* da war, ein ganz bestimmter Riecher, eine bestimmte Vorstellung von dem, was da passieren sollte oder was sich da zeigen dürfte? Wie sonst sollte man wohl auf die doch wirklich einigermaßen komplizierten Experimentieraufbauten kommen, die einen erklecklichen Teil des newtonschen Schaffens ausmachen? In diesem Sinne bilden diese Ideen, diese inspirierten Vorstellungen, diese Geistesblitze die basalste Grundlage der Theorie, und *nicht* die Experimente. Sind diese grundlegenden Gedanken nun besonders feste Überzeugungen, scheint mir aus dem vorliegenden Fall ablesbar, dass sie sogar stärker wiegen können, als ein Experiment: Ich meine, Newton war einfach (zumal ja nicht zu unrecht) *fest überzeugt davon, dass es nicht anders sein konnte, als dass die Breite des Lichtbildes aus dem scheinbaren Sonnenwinkel von 31' resultiert*; weshalb er sich von den widerspenstigen Daten nicht irritieren ließ und das festzuhalten suchte, was er aus tiefster Seele für „wahr“ erachtete.

philosophisch Unergiebigste wäre; und - last not least - lässt sich aus dem Fall, dass Newton sich der Ungenauigkeit durchaus bewusst gewesen sein *kann*, eine Erklärung zum Verständnis ähnlich gelagerter Fälle extrahieren.

Dass es kreative Ideen und intuitives Vorgehen im wissenschaftlichen Forschen gibt, stellt indes noch nichts allzu Bahnbrechendes dar. Newtons Grund für sein etwas „unorthodoxes“ *Procedere* nun in diesem Zeitabschnitt zu verordnen hieße für mich jetzt, die rechnerische Unregelmäßigkeit möglicherweise als Relikt der Forschungsphase der Theorieentstehung zu begreifen, welches - aus welchen Gründen auch immer - bis zum Zeitpunkt der Veröffentlichung und auch darüber hinaus erhalten blieb.³⁶

Auf diese Weise lässt sich Newtons Verhalten begreifen, ohne dem dekonstruktivistischen Relativismus anheim zu fallen; denn die geschönte Darstellung des Experiments müsste weder als zur Durchsetzung der Theorie benutzt verstanden werden, noch wäre der Grund für die Schönfärberei selbstermächtigendes Autoritätsstreben. Und gegenüber Shapiro besteht der Vorteil meiner Lösung darin, dass hier deutlich mehr über den Hintergrund eines vermeintlichen schlichten Fehlers eröffnet und ein möglicher Blick auf Forschungspraxis in der Wissenschaft eröffnet wird.

³⁶Dies scheint mir nicht grundsätzlich abwegig: Gab es etwa zu Newtons Zeit bestimmt keinen Termindruck? War er nicht durchaus vielbeschäftigt? War die Berechnung der Bildbreite nicht einer der unbedeutenderen Punkte, über den sowieso wenig - falls überhaupt - Kontroverses zu erwarten war? Werden in wirklich allen Texten von uns allen immer alle beim Entstehen „nur schnell ins Unreine“ gedachten und geschriebenen Punkte in der Endfassung völlig ins Reine gebracht?

Schluss und Schluss

Die von mir vorgeschlagene Lösung für die Diskrepanzen der bei einem Experiment zu Newtons optischer Arbeit vorgelegten Daten, Rechenergebnisse und tatsächlichen Verhältnisse wirft neben den genannten Vorteilen natürlich gleichfalls riesige Probleme auf. Denn auch wenn ich den Ursprung und die Sphäre der Diskrepanz als im Forschungsvorgang verordnet betrachte, taucht Newtons suboptimale Darstellung der Verhältnisse ja nun gerade in einer Veröffentlichung auf. Konsequenterweise deutet dies an, dass man eigentlich *keinem* der Experimente *grundsätzlich* mehr vertrauen kann - denn es ist so gut möglich, dass ihr aller Leitfaden ausschließlich Newtons jeweilige dahinterstehende Geistesblitze und Vorkonzeptionen wären, welche, augenscheinlich, im Stande sind, sich über empirischen Widerspruch hinwegzusetzen. Das Experiment dient dann nicht mehr der Veranschaulichung oder Gewinnung einer empirischen Tatsache,³⁷ einer Tatsache, die bei größerer Präzision auch entsprechend deutlicher zutage träte, automatisch erhielte das Experiment stattdessen die Funktion, Ideen und antizipierte Konzepte zu illustrieren, welche selbst sich aber gar nicht verlässlich durch es überprüfen ließen. Eine Büchse der Pandora, die in der beschriebenen Form wahrscheinlich noch nie völlig geschlossen war.³⁸

So bleibt mir noch Raum für zwei abschließende Anmerkungen.

Zum Ersten: Newtons Unschärfe in diesem Falle ist ein Fakt. Betrachtet man die Fälle zum Stichwort „wissenschaftlicher Betrug“, unter denen auch etliche der ganz großen Namen auftauchen und die sich gerade dann seltenst auf plumpe Erfinden von Daten, sondern auf dem hier Vorgelegten Ähnliches beziehen, und mag man meinen Folgerungen folgen, so darf man nicht unüberrascht feststellen, dass die primär auf Ideen gebauten und offenbar auch über widerspenstige Wirklichkeit hinweggehenden Gedankengebäude großer Köpfe erstaunlich stabil und von enormer

³⁷Ohne den Begriff hier ontologisch in irgend einer Weise aufgeladen verstanden wissen zu wollen;

³⁸Zur zumindest teilweisen Beschwichtigung möchte ich dennoch ausdrücklich anmerken, dass ein Konzept nur, weil es sich nicht mithilfe des zu seiner Demonstration herangezogenen Experiments verifizieren lässt, nicht auch schon falsch sein muss und es, ganz im Gegenteil, ebenso gut genauso wahr sein kann!

Tragweite und Haltbarkeit sein können. Man bedenke, was ich zu schon eingangs schrieb: Ein einziger Mann war es, dessen Schriften über seine Arbeit auch heute, knapp 350 Jahre später, immer noch einen Großteil der Grundlage dessen bilden, was wir in der Optik für „wahr“ erachten. Und etwas wissenschaftsheretisch könnte man also vielleicht sogar formulieren, dass er uns etwas mehr gegeben hat, als bloße Fakten.³⁹

Mit meiner zweiten Schlussbemerkung möchte ich diejenigen ein wenig zum Nachdenken anregen, die es für zu gewagt halten, von einem relativ kleinen Detail hier bei Newton in dem Maße zu verallgemeinern, wie geschehen - denn mir scheint, diese bestimmte Art, sich kleine faktische Widerspenstigkeiten der illustrierenden Darstellung zuliebe gefügig zu machen, ist weiter verbreitet, als man glaubt - just beim späteren Erzrivalen und den Titel meiner Arbeit inspirierenden Johann Wolfgang von Goethe findet sich zwei Illustrationen von Strahlengänge im Prisma unter verschiedenen Loch-/Blendebeziehungen, die die auftretenden Farben in unterschiedlichem Abstand zum Prisma demonstrieren sollen - in beiden Darstellungen verlaufen alle Strahlen kerzengerade - ganz so, wie es sein soll - *bis auf einen!*⁴⁰

Und ist es nun so abwegig, Herrn Goethe, darauf angesprochen, im eignen Geist entgegen zu hören: „Es dient doch nur der Illustration. Ich weiß doch, wie es wirklich ist.“

³⁹Natürlich möglicherweise auch einfach bloß etwas ganz anderes!

⁴⁰Siehe Abbildung 6.

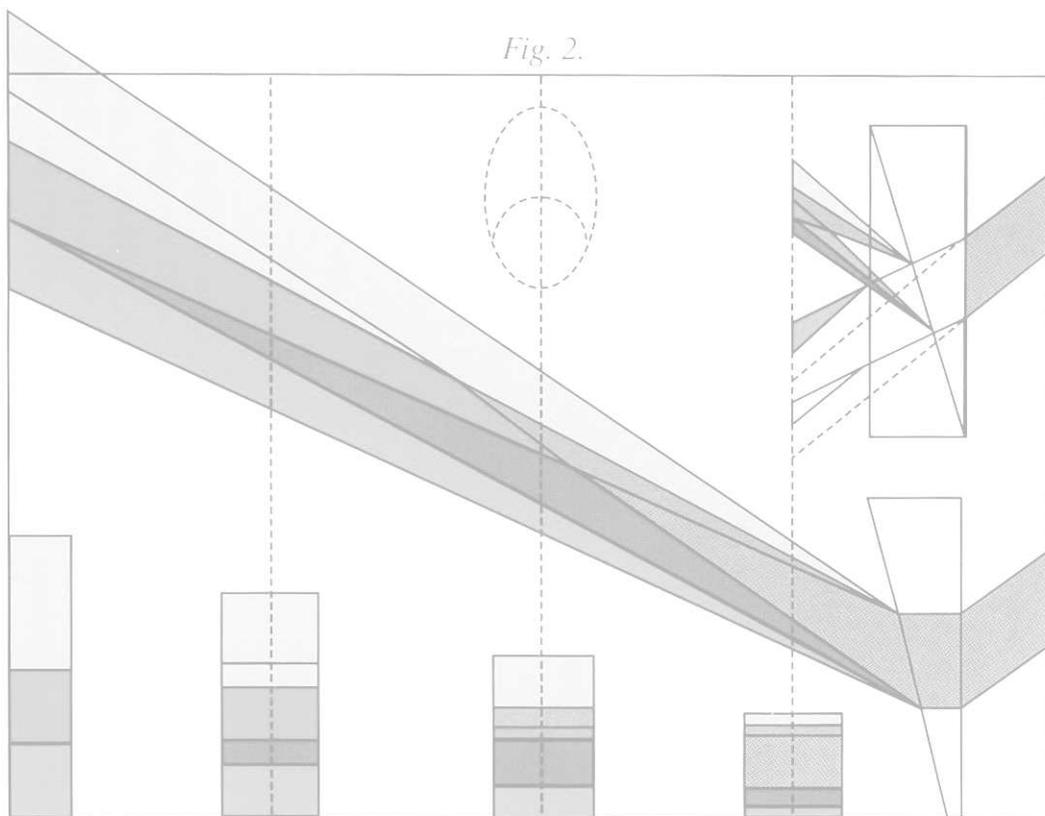
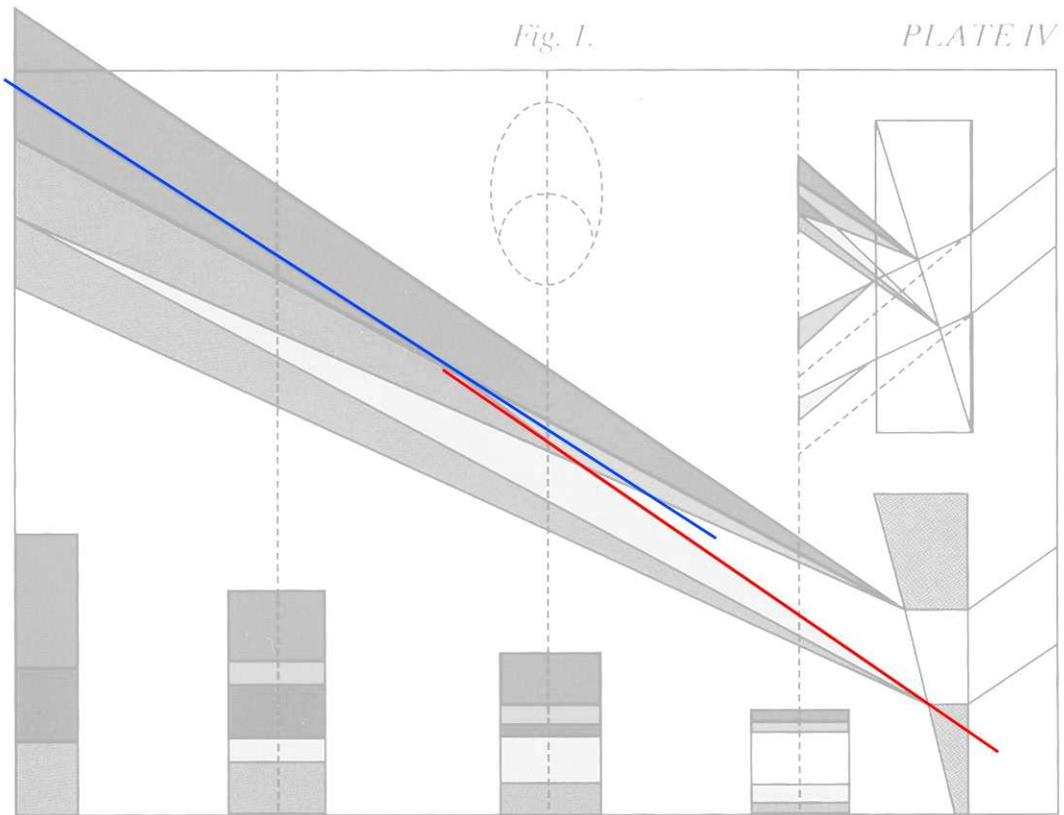


Abbildung 6: Goethes Tafeln; auf beiden Teilabbildungen besteht der vermeintlich gerade Strahl, der als 2. von links oben nach rechts unten verläuft, aus nicht weniger als drei zusammengefügt Einzelgeraden - überprüfen Sie es selbst!

Literatur

- [DeTeVauFus] *dtv-Lexikon*, Band 7. (München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 1980).
- [DeTeVauSon] *dtv-Lexikon*, Band 17. (München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 1980).
- [DradioSchu] Schuh, Bernd: *Wahrheitssucher auf Abwegen. Mogelnde Forscher und ihre Motive*. Sendung vom 31.12.2003, Deutschlandradio. Transkription online verfügbar unter: <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/wib/224201/> (zuletzt abgerufen am 5. Dezember 2011).
- [JusticeWei] Justice, Alexander: *A General Discourse of the Weights and Measures*. (London, 1707). In Auszügen online verfügbar unter: <http://pierre-marteau.com/wiki/index.php?title=London:Measures> (zuletzt aufgerufen am 5. Dezember 2011).
- [LampertNew] Lampert, Timm: „Newton vs. Goethe“. In: Bieri, Hanspeter / Zwahlen, Sara Margarita (Hrsg.): *„Trinkt, o Augen, was die Wimper hält...“*. *Farbe und Farben in Wissenschaft und Kunst*. (Bern: Haupt, 2008), pp. 259-284.
- [LaymonPrec] Laymon, Ronald: „Newton’s advertised precision“. In: Machamer, Peter K. / Turnbull, Robert G.: *Studies in perception: Interrelations in the history of philosophy and science..* (Columbus: Ohio State University, 1978).
- [NewtonTrin] McGuire, J. E. (ed): *Certain philosophical questions. Newton’s Trinity notebook*. (Cambridge: Cambridge University Press, 1983).
- [NewtonPhil] Newton, Isaac: „A new theory about light and colors“. *Philosophical Transactions* 80 (February 19, 1671/2), pp. 3075-3087.
- [SchafferGl] Schaffer, Simon: „Glass Works: Newton’s prism and the use of experiment“. In: Gooding, David / Pinch, Trevor / Schaffer, Simon (Hrsg.):

The use of experiment: Studies in the natural sciences. (Cambridge: Cambridge University Press, 1989), pp. 67-104.

- [ShapiroGra] Shapiro, Alan E.: „The gradual acceptance of Newton’s theory of light and color, 1672-1727“. *Perspectives on Science* 4 No.1 (1996), pp. 59-140.
- [NewtonTurn] Turnbull, H. W. (ed): *The Correspondence of Isaac Newton, Volume II. 1676-1687.* (Cambridge: Cambridge University Press, 1960).
- [WpediaEngl] *English units.* http://en.wikipedia.org/wiki/English_units (zuletzt aufgerufen am 5. Dezember 2011).
- [WpediaImpe] *Imperial units.* http://en.wikipedia.org/wiki/Imperial_unit (zuletzt aufgerufen am 5. Dezember 2011).
- [WpediaInch] *Inch.* <http://en.wikipedia.org/wiki/Inch> (zuletzt aufgerufen am 5. Dezember 2011).
- [ZupkoBriti] Zupko, Ronald Edward: *British Weights and Measures. A History from Antiquity to the Seventeenth Century.* (Madison: University of Wisconsin Press, 1977).

Abbildungsverzeichnis

1	Illustration des Grundexperiments, entnommen aus [ShapiroGra], S. 69	4
2	Newtons Grundexperiment inklusive angegebener Größen	6
3	„ <i>Inch converter</i> “, Museum of the History of Science, Oxford, veröffentlicht unter der GNU Free Documentation License	8
4	Veränderte Strahlenverläufe durch Lochgrößenänderung	11
5	Strahlenwegverlängerung durch Umlenkung beim Prismieren	12
6	Goethes Tafeln, nicht-gerader Strahlenverlauf; Entfärbung und Markierung des nicht-geraden Strahlenverlaufs von mir.	24