

Unverkäufliche Leseprobe aus:

Olaf L. Müller

Mehr Licht

Goethe mit Newton im Streit um die Farben

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Text und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

© S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main

Inhalt

Vorwort	9
Hinweise zum Gebrauch	21

Teil I. Newtons Spektrum: Farbe und Sonnenlicht

1. Einleitung: Frische Blicke auf den Streit zwischen Newton und Goethe	27
2. Ein beleuchtetes Prisma in der Dunkelkammer: Newton entdeckt die Heterogenität des Sonnenlichts	47
3. Newtons subjektive Experimente – und zwei genauere Blicke auf Newtons Theorie	66
4. Newtons <i>experimentum crucis</i>	88
5. Farblose Schlüsse aus dem Experiment	99

Teil II. Goethes Theorem:

Die verlorene Unschuld der Finsternis

1. Goethe protestiert	121
2. Zwei Vollspektren: Goethe vertauscht die Rollen von Licht und Finsternis	133
3. Theoretische Einwände gegen die Heterogenität der Finsternis	148
4. Experimentelle Einwände gegen die Heterogenität der Finsternis?	170
5. Unorthodoxe Blicke auf Newtons <i>experimentum crucis</i>	185
Anhang: Goethes Theorem und dessen Beweis	209

Teil III. Die Macht des Zufalls: Newton triumphiert bei Farbe, Licht und Finsternis

1. Goethes Pech ist Newtons Glück	219
---	-----

2. Unterstützung für Goethe aus der Physik seiner Zeit	230
3. Physikalische Verrisse der <i>Farbenlehre</i>	257
4. Was ist Finsternis aus Sicht der modernen Wissenschaft?	278
5. Gibt es Finsternisquellen?	287
Anhang: Nussbaumers Entdeckung der unordentlichen Spektren	302

Teil IV. Philosophische Diagnose: Unterbestimmtheit

1. <i>experimentum crucis</i> oder Unterbestimmtheit?	313
2. Durch welche und wie viele Daten wären Theorien unterbestimmt?	333
3. Über die Größe von Theorien	345
4. Sparsamkeit, Einfachheit, Schönheit	360
5. Anschlussfähigkeit und andere extrinsische Tugenden	375
6. Was wäre, wenn? Kontrafaktische Physik-Geschichte	392
7. Wahl der Weltanschauung	410
8. Unversöhnlicher Ausblick	425

Erklärung einiger Zeichen und Symbole	440
---	-----

Wissenschaftshistorischer Anhang	441
--	-----

A) Positive fachwissenschaftliche Reaktionen auf die Physik in Goethes <i>Farbenlehre</i> (1810–1832)	441
B) Ambivalente fachwissenschaftliche Reaktionen auf die Physik in Goethes <i>Farbenlehre</i> (1810–1832)	445
C) Eindeutig negative fachwissenschaftliche Reaktionen auf die Physik in Goethes <i>Farbenlehre</i> (1810–1832)	448

Anmerkungen	452
-----------------------	-----

Nachweise zu den Farbtafeln	488
---------------------------------------	-----

Literaturverzeichnis	492
--------------------------------	-----

Personenregister	536
----------------------------	-----

Teil I

Newton's Spektrum: Farbe und Sonnenlicht

Kapitel I.1.

Einleitung: Frische Blicke auf den Streit zwischen Newton und Goethe

§I.1.1. Dies Buch handelt von Farben, Helligkeit und Dunkelheit. Es hat zwei Helden: Newton und Goethe. Wie man weiß, passen die beiden zueinander wie Feuer und Wasser. Das ist ein Irrtum. Im Widerstreit von Feuer und Wasser kann immer nur eines der Elemente gewinnen – ich möchte aber zeigen, dass meine zwei Helden echte Siegertypen sind, alle beide. Und Siegertypen lassen sich nicht vom Gegner überwältigen.

Zwei streitbare
Helden

Siegertypen schließen aber auch keine faulen Kompromisse. Auf irgendeinen Kompromiss wird meine Geschichte nicht hinauslaufen; das verspreche ich. Nein, es gibt einen handfesten wissenschaftlichen Widerstreit zwischen Newtons und Goethes Partei. Dieser Streit muss ausgetragen werden, und zwar mit Hilfe der schärfsten Waffen, über die sie gebieten.

Die Schärfe der Waffen meiner zwei Helden ist von fast allen Zaungästen des Kampfs dramatisch unterschätzt worden. Weniger militaristisch formuliert: Newton *und* Goethe argumentieren weit scharfsinniger, als bislang gewürdigt worden ist. Das gilt für beide, auch für Goethe. Er ist vom Publikum stärker unterschätzt worden als sein britischer Hassgegner. Kein Wunder – wir schätzen Goethe als Dichter und Newton als Physiker. Liegt da nicht auf der Hand, welche Partei den Streit für sich entscheiden muss, ja längst schon entschieden hat?

Nein. Wie ich Ihnen vorführen möchte, ist der Streit in der Hauptsache bis heute offen. Gewiss, in ein paar Nebenpunkten hat Newton gewonnen; in ein paar anderen Goethe. Und kein Zweifel, Goethe hat sich mehr Fehler zuschulden kommen lassen als Newton – in Nebenpunkten. Ich werde darauf zurückkommen, denn sie sind nicht ohne Belang. Aber den Hauptstreit entscheiden sie nicht. Der dreht sich um Newtons Behauptung, dass das weiße Sonnen-

licht nicht homogen ist, sondern *erwiesenermaßen* aus Lichtstrahlen sämtlicher Spektralfarben besteht (also aus allen Farben des Regenbogens). Goethe hat eine ganze Batterie von Einwänden gegen Newtons Haltung aufgebaut, und der wichtigste dieser Einwände hängt mit seinem Theorem von der experimentellen Symmetrie zwischen Licht und Dunkelheit zusammen. Was es damit auf sich hat, werde ich in § I.1.4 skizzieren; vorher muss ich kurz ausholen.

Her mit den Experimenten

§ I.1.2. Was sind die Waffen, mit denen meine beiden Helden ohne Ende kämpfen? Erstens Experimente und zweitens Argumente – in dieser Reihenfolge. Es ist in den letzten paar Jahrhunderten viel über Newtons *Opticks* (1704) und Goethes *Farbenlehre* (1810) geschrieben worden, aber zu wenig über ihre Experimente. Und noch viel weniger hat man sich ihre Experimente tatsächlich angesehen.¹

Das ist ein Jammer. Es widerspricht den erklärten Ansichten meiner zwei Helden. Sie waren sich einig: Experimente sind das beste Mittel, um etwas über Licht und Farben zu lernen. Keiner der beiden plädierte für wahlloses Experimentieren. Beide strebten nach den bestmöglichen Experimenten: nach treffsicheren, glasklaren, unwiderstehlichen Experimenten. Und diesen Anspruch haben sie auch erfüllt.

Das werde ich Ihnen im TEIL I anhand der zwei, drei besten Experimente Newtons vorführen und im TEIL II anhand der zwei, drei besten Experimente Goethes. Im TEIL III skizziere ich die besten Experimente, die bis heute noch dazugekommen sind.

Keine Sorge, man benötigt keine physikalischen Spezialkenntnisse, um meiner Untersuchung folgen zu können; ich werde alles erklären, was Sie fürs Verständnis der Experimente brauchen. Zudem werde ich Ihnen keinen bunt zusammengewürfelten Haufen von Experimenten zumuten. Im Gegenteil: Wie sich herausstellen wird, hängen die drei Gruppen der optischen Experimente engstens zusammen, die ich in den TEILEN I bis III meiner Untersuchung vorstelle. Sie haben allesamt mit Newtons Spektrum und Goethes Theorem zu tun.

Erst im letzten TEIL IV treten die Experimente in den Hintergrund: Dort wird philosophiert – über Experimente und deren Ver-

hältnis zur Theorie. Es ist meine feste Überzeugung, dass die Wissenschaftsphilosophie zur nutzlosen Trockenübung verkommt, wenn sie ohne Bezug zu konkreten Experimenten glaubt auskommen zu können. Erst müssen klare Beispiele her, dann kann man darüber philosophieren.

Wie man sieht, fürchte ich mich vor haltloser Abstraktion; genau wie meine zwei Helden. Unser Credo hat Ludwig Wittgenstein auf den Punkt gebracht – *denk nicht, sondern schau!*² Ob das überall ein gutes Motto ist, kann ich offenlassen. Angewandt auf die Optik (und nicht ganz nah an Wittgensteins eigener Nutzanwendung), bedeutet der Satz: Schau dir zuallererst die Experimente an, dann mag immer noch genug Zeit zum Nachdenken, Theoretisieren, Kritisieren, Argumentieren, Philosophieren bleiben.

Die Rede vom *Schauen* meine ich wörtlich. Deshalb finden Sie in diesem Buch zahllose Abbildungen, für die man sich Zeit nehmen sollte, vor allem für die Farbtafeln, die in der Buchmitte versammelt sind. Falls Sie damit noch nicht angefangen haben, ist genau jetzt der richtige Moment dafür. Mit einem Blick auf Farbtafel 01 gewinnen Sie einen ersten konkreten Eindruck von Newtons Vorgehensweise; und auf Farbtafel 06 rechts sehen Sie neben Newtons Spektrum ein wunderschönes anderes Spektrum, das Goethe entdeckt hat.

In den kommenden vier Paragraphen werde ich die vier Teile meiner Untersuchung knapp zusammenfassen. Im Anschluss daran möchte ich weit ausführlicher auf den TEIL II eingehen, der mit Goethe zu tun hat. In diesem Teil verbirgt sich Sprengstoff – darauf will ich Sie bereits in der augenblicklichen Einleitung schonend vorbereiten.

§ I.1.3. In groben Zügen beginnt meine Geschichte so. Zunächst trat Newton auf den Plan und lancierte – nach einigen Vorarbeiten – mit dem berühmten *experimentum crucis* ein schlagendes Experiment zugunsten seiner Theorie (der zufolge das weiße Sonnenlicht aus buntem Licht besteht). Die meisten Interpreten glaubten zwar an Newtons Theorie und an sein Experiment, hielten es aber nicht für beweiskräftig genug; sie spielten Newtons stolzen Beweisanspruch herunter und unterschätzten die Schärfe seiner wichtigsten

Grobe
Vorschau auf
Teil I

Waffe. Demgegenüber werde ich zeigen, dass Newton recht hatte: Mit dem *experimentum crucis* kann man tatsächlich Newtons Grundeinsicht beweisen – genau wie er gesagt hat. Was Newton mit dieser scharfen Ansage genau gemeint hat, werde ich später klären. (Jetzt für Eingeweihte nur so viel: Der Beweis, den Newton versprach und auch lieferte, beruht auf *direkten* Schlüssen aus dem Experiment; das ist etwas ganz anderes als die indirekte Schlussweise, die wir aus der hypothetisch-deduktiven Methode kennen.)

Bloß wenn Philosophen auftauchen und skeptische Möglichkeiten an den Haaren herbeiziehen, verliert Newton sein Spiel. Doch darauf herumzureiten, wäre unfair; Newton beanspruchte den Sieg auf dem Feld der Naturwissenschaft, nicht auf dem der Philosophie – hier gelten andere Spielregeln als da. Natürlich muss der Naturwissenschaftler nicht beweisen, dass es die Außenwelt gibt, bevor er seinen Experimenten irgendwelche Informationen entnehmen kann. Ebenso wenig muss er beweisen, dass die Natur sich morgen noch so verhalten wird wie heute und gestern. Kurzum, skeptizistische Einwände sind in der Naturwissenschaft keinen Pfifferling wert.

Newton hat es jedenfalls so gesehen. Er wusste, dass man mit unbelegten, fingierten Gegenhypothesen jeden Beweis stoppen kann. Dennoch gab er den Beweis seiner Theorie aus dem *experimentum crucis* als durchschlagend aus (im Rahmen der naturwissenschaftlichen Spielregeln). Wollte sich Newton dadurch gegen jede Kritik feien? Nein; er deutete zuweilen an, dass sich die ganze Angelegenheit angesichts unerwarteter *experimenteller* Ergebnisse vielleicht wieder anders darstellen könnte. Experimentelle Kritik ist in den Spielregeln der Naturwissenschaft vorgesehen, ja ausdrücklich erwünscht; rein hypothetische Kritik ohne jede empirische Bodenhaftung böte dagegen einen Regelverstoß, so Newton.

Grobe
Vorschau auf
Teil II

§I.1.4. Solange keine unerwarteten Experimente dazwischenkommen, solange gilt der Beweis; andere Einwände ließ Newton nicht gelten, und mit Recht nicht. Alles wäre also in bester Ordnung – wenn nicht Goethe auf den Plan getreten wäre und einige Experimente durchgeführt, andere geplant hätte, die Newtons Beweisanspruch vollständig unterminieren: experimentell, nicht philosophisch.

Bei aller Verschiedenheit im Detail haben Goethes beste Experimente eine entscheidende Gemeinsamkeit. Sie zeigen, dass jedes newtonische Experiment ein umgekehrtes Gegenstück hat (worin die Rollen von Licht und Finsternis genau vertauscht sind). Das ist die entscheidende Botschaft dessen, was ich als Goethes Theorem bezeichne: *Im Reich der optischen Experimente herrscht eine perfekte Symmetrie zwischen Hell und Dunkel; zu jedem Experiment Newtons gibt es eine Umkehrung*, und das kann man beweisen. (Gerade weil man's beweisen kann, rede ich von einem Theorem.)

Das schärfste der umgekehrten Experimente ist genauso scharf wie Newtons schärfstes Experiment. Es folgt sogar derselben Logik – kann aber mit eben dieser newtonischen Logik zu gegenläufigen Schlussfolgerungen getrieben werden; eine konträre Theorie passt also genauso gut zur empirischen Realität wie Newtons Theorie. Diese neue Theorie hat Goethe nicht selber verfochten, sondern nur zum Zweck des Arguments formuliert. Ihr zufolge besteht nicht weißes Licht, *sondern Dunkelheit* aus verschiedenfarbigen Strahlen. Hiergegen sind sämtliche Experimente Newtons machtlos.

Um nicht missverstanden zu werden: Alles das unterminiert zwar die Beweislogik Newtons, nicht aber seine Theorie selbst. Die Theorie verträgt sich mit allen von Goethe entdeckten Experimenten, ja sie kann sie allesamt erklären. Goethes *Farbenlehre* ist oft so gedeutet worden, als habe er das nicht verstanden und als wolle er die *Theorie* Newtons allen Ernstes mit Hilfe neuer Experimente widerlegen. Das ist eine Zeitungsente.

Goethe attackierte Newtons *Beweisansprüche*, und zwar mit experimentellen Indizien. Genauso kann die Verteidigerin des tatverdächtigen Gärtners den Indizienbeweis des Staatsanwalts mittels eigener Indizien attackieren, ohne ein Sterbenswörtchen darüber verlieren zu müssen, ob der Gärtner den Lord ermordet hat. Was der Fall war und ist, ist eine Sache; ob es sich beweisen lässt, eine andere. Die Zeitungsente ist von Leuten in die Welt gesetzt worden, die diesen aus dem Rechtswesen geläufigen Unterschied nicht berücksichtigt haben. Und da ihnen in den letzten zweihundert Jahren nicht laut genug widersprochen wurde, hat sie sich bis heute in den Köpfen gehalten. Das gilt es zu ändern.

Grobe
Vorschau auf
Teil III

§ I.1.5. Im TEIL III werde ich durchdenken, ob das Unentschieden zwischen Newton und Goethe vielleicht mit modernen Experimenten überwunden werden kann – Fehlanzeige. Stattdessen werden Sie sehen, dass sich Newtons Theorie bloß deshalb durchgesetzt hat, weil es in unserem Universum recht dunkel ist.

Da kann einem schummrig werden, und vielleicht fragt man sich: Wovon hängt es denn nun ab, an welche der Theorien wir glauben? Vom Zufall! Das werde ich u. a. dadurch demonstrieren, dass ich nachweise, wie viel Pech Goethe hatte, als er seiner entscheidenden Einsicht – seinem Symmetrie-Theorem – beim Publikum Gehör verschaffen wollte. Er biss nicht aus sachlichen, sondern aus sachfremden Gründen auf Granit.

Um das zu zeigen, werde ich um einen Exkurs in die tatsächliche Wissenschaftsgeschichte nicht herumkommen. Aber es ist kein Selbstzweck, dass ich erst Goethes Unterstützer aus der Fachwissenschaft und dann seine dortigen Kritiker aufmarschieren lasse; denn bei dieser Übung lassen sich systematische Einsichten aus historischen Tatsachen extrahieren.

Grobe
Vorschau auf
Teil IV

§ I.1.6. Was? Zufall und Beliebigkeit sollen an wichtigen Weggabelungen über den Gang der Wissenschaft entscheiden? Ich gebe es zu: Für Freunde der Naturwissenschaften (wie mich selber) ist es eine Zumutung, was in den ersten drei Teilen der Untersuchung aufs Tapet kommt. Man muss die Naturwissenschaften nicht zum Götzen erheben, muss also kein Szientist sein, um das als Zumutung zu empfinden; selbst der gesunde, milde Respekt, den wir dem naturwissenschaftlichen Wahrheitsanspruch allemal schulden, droht nach dem Gesagten ins Wanken zu geraten. Die Wahrheiten der Naturwissenschaften sind nicht alles; das war klar – aber sind sie etwa nichts?

Angesichts solcher Sorgen muss die philosophische Arbeit anfangen. Ich werde im TEIL IV (mit den Mitteln der modernen Wissenschaftsphilosophie) auf die verwirrenden Ergebnisse der ersten drei Teile zurückblicken und fragen: Was hat das alles zu bedeuten?

Wie sich zeigen wird, bieten die zuvor erarbeiteten Ergebnisse die bestmögliche Illustration für eine These, die vor fünfzig Jahren vom

amerikanischen Philosophen Willard Van Orman Quine in die Luft geworfen worden ist (und zwar ohne Beispiele). Die These lautet: Selbst wenn sämtliche Daten, Beobachtungen und Experimente eines Phänomenbereichs vorliegen, steht dadurch immer noch nicht fest, welche Theorie in diesem Bereich gilt; Theorien sind durch Daten prinzipiell unterbestimmt. Goethe wusste das, Newton nicht. Was Goethe ihm entgegenschleuderte, stieß in die einzige Lücke, die in Newtons gut durchdachtem erkenntnistheoretischen Bau klaffte.

Aber es geht mir in meinem philosophischen Abschluss der Untersuchung nicht allein darum, Goethe erkenntnistheoretisch recht zu geben. Etwas anderes ist wichtiger: Das Beispiel für die Unterbestimmtheit der optischen Theorie durch die prismatischen Daten, das wir Goethe verdanken, eignet sich vorzüglich dazu, Quines These genauer herauszuarbeiten und ihre Brisanz auszuloten. Die These profitiert also von ihrer Illustration. Wie Sie am Ende sehen werden, ist die These für Freunde der Wissenschaft schlimmer als gedacht – aber nicht katastrophal. Sie wird uns dabei helfen, Naturwissenschaft als Projekt von Menschen für Menschen zu verstehen; oder um ein hohes Wort zu bemühen: humanistisch.

Was bedeuten die Schlagwörter vom Humanismus und vom Szientismus, die in diesem Paragraphen aufgeblitzt sind? Man kann darunter viele verschiedene Positionen verstehen. Mir geht es grob um folgenden Gegensatz: Szientisten sind in dem Sinne wissenschaftsgläubig, dass sie den Ergebnissen und Methoden der naturwissenschaftlichen Arbeit unbedingten Respekt zollen, während sie die Erkenntnisansprüche anderer geistiger Aktivitäten belächeln. Humanisten gehen insofern lockerer und freier mit den Resultaten der Naturwissenschaft um, als sie sich deren Autorität nicht bedingungslos unterwerfen. Um es polemisch zuzuspitzen: Während der Mensch für Szientisten eines der *Objekte* naturwissenschaftlicher Arbeit darstellt, ist er für Humanisten das *Subjekt* aller geistiger Aktivität, u. a. auch das Subjekt naturwissenschaftlicher Arbeit.

§ I.1.7. Nach diesem Parforce-Ritt durch die vier Teile meiner Untersuchung möchte ich fast den gesamten Rest der Einleitung dazu nutzen, Sie schonend auf den harten Schlag vorzubereiten, den

Auf einen Schlag wird alles klar

ich Newton (und unserer von ihm geprägten Optik) mit Goethes Theorem im TEIL II versetzen will. Auf diesen Schlag kommt alles an. Obwohl ich Newton im TEIL I schärfere Waffen attestieren werde als gemeinhin üblich, liegt die eigentliche Überraschung im TEIL II, wo ich dasselbe für Goethe tun werde.

Newton hat in seiner Dunkelkammer mit eng abgezielten Lichtstrahlen experimentiert, die er in ihre diversen bunten Bestandteile zerlegen konnte. Dabei entstand sein berühmtes Spektrum. Das ist Schulwissen. Goethe stellte diesem altbekannten Vorgehen etwas diametral anderes gegenüber, und zwar experimentell: Statt *Lichtstrahlen* im Dunklen durchs Prisma zu schicken, ließ er *Schatten* im Hellen durchs Prisma fallen; unter diesen Umständen entsteht ein völlig anderes Spektrum! Als ich das erste dieser Experimente kennenlernte, dachte ich: Mich tritt ein Pferd. Es dauerte eine Weile, bis ich mich wieder sortiert hatte, und dann geschah etwas Erstaunliches.

Plötzlich überblickte ich, worauf es Goethe zuallererst ankam – auf den tausend Seiten seiner *Farbenlehre*, seines größten oder jedenfalls längsten Werks. Zuvor war ich nicht recht schlau geworden aus dem Gewimmel und Gewusel tausenderlei bunter Einzelheiten, die Goethe nur locker miteinander verknäuelte zu haben schien. Doch all das ordnete sich jäh zu einem gut überschaubaren Muster, nachdem ich Goethes schärfste Waffe am eigenen Auge gespürt und sein scharfsinnigstes Experiment verstanden hatte. Mir wurde klar, worum sich der Streit in der Hauptsache dreht und warum er immer noch nicht ruht. Viele missliche Details der *Farbenlehre*, die mich zuvor verwirrt, geärgert oder abgelenkt hatten, traten in den Hintergrund und wurden plötzlich unwichtig – Nebensachen. Sie machten die Bühne frei für Goethes Theorem.

Eine
erstaunliche
Symmetrie

§ I.1.8. Um es zu wiederholen: Es gibt eine systematische Symmetrie zwischen Licht und Finsternis. Soll heißen, zu jeder optischen Errungenschaft Newtons existiert ein Gegenstück, in dem die Rollen von Licht und Finsternis, von Helligkeit und Dunkelheit, von Weiß und Schwarz exakt vertauscht sind. Das gilt für Newtons Experimente genauso wie für seine Theorie, seine Beweise, seine Definitionen.