

Zeitschrift  
für  
philosophische Forschung

Band 69/2015 Heft 4

Herausgegeben von Gerhard Ernst (Erlangen-Nürnberg)  
und Christof Rapp (München)

persönliches Exemplar,  
nur gemäß den Richtlinien  
der Zeitschrift zu verwenden

KLOSTERMANN

*Olaf L. Müller, Berlin*

## Replik: Weltgemacht oder hausgemacht?

Plädoyer für die Verschiedenheit zweier empirisch äquivalenter Theorien

Hier haben mir zwei Sachkundige in ihren klugen, reichhaltigen und äußerst kritischen Reaktionen auf mein Buch *Mehr Licht* ganz schön was zum Nachdenken gegeben: viel Saures und ein paar harte Nüsse. Es schmerzt, dass ich mich kurzfassen und aufs Wichtigste beschränken muss.

### I. Zweimal dasselbe, nur mit andern Worten?

In beiden Kommentaren steht der Verdacht, dass es mir nicht gelungen sei, der newtonischen Theorie von der Heterogenität des Sonnenlichts eine echte Alternative entgegenzustellen: Bietet die Theorie von der Heterogenität der Finsternis, die ich mit Goethes Hilfe ins Spiel gebracht habe, vielleicht nur eine trickreiche Umformulierung des Althergebrachten? (576/577, 583/584). Beide Theorien sind isomorph, so meine Behauptung, denn sie gehen durch sture Ersetzungen gewisser Ausdrücke ineinander über.<sup>1</sup>

Nun hat ausgerechnet mein Gewährsmann Quine in seinem klassischen Aufsatz zur theoretischen Unterbestimmtheit Theorien verlangt, die sich *nicht* durch systematische Rekonstruktion ihrer Prädikate ineinander überführen (das heißt logisch äquivalent machen) lassen.<sup>2</sup>

Quine motivierte seine Forderung durch ein scheinbares Beispiel von Unterbestimmtheit, das er loswerden wollte, um seine These vor Trivialisierung zu schützen: Wer in unserer Theorie die theoretischen Ausdrücke „Elektron“ und „Molekül“ vertauscht (Ausdrücke für Objekte, die sich nicht direkt beobachten lassen), erzeugt scheinbar eine widerstreitende Theorie, der zufolge Moleküle zum Beispiel leichter wären als Elektronen und die doch genauso gut zu allen Beobachtungen passt. Nur: In dieser neuen Theorie spielt das Wort „Molekül“ die Rolle unseres Worts „Elektron“, bedeutet sozusagen dasselbe.

Aus dem Beispiel lässt sich gut ersehen, worauf es Quine ankam; er sorgte sich (genau wie Goethe und anders als Newton) darum, dass wir beim *Theoretisieren* weit über das hinausgehen, was sich durch Beobachtung und Experiment einlösen lässt: Passen vielleicht völlig verschiedene *theoretische* Systeme zu denselben Beobachtungen? Und zwar echt verschiedene, also nicht nur

<sup>1</sup> Siehe die Tabelle im Anhang zu diesem Text.

<sup>2</sup> Quine 1975, 322.

theoretische Systeme, die sich durch Permutation oder Rekonstruktion ihres *theoretischen* Apparats als bloß unterschiedliche Formulierungen derselben Sache verstehen lassen?

Ich habe jetzt dreimal den Ausdruck hervorgehoben, auf den es hier ankommt. Quine verbietet echten Beispielen seiner Unterbestimmtheitstheorie zielgenau die Möglichkeit systematischer Rekonstruktion des *theoretischen* Apparates; und in der Tat gehören die Ausdrücke „Elektron“ und „Molekül“ aus seinem Scheinbeispiel nicht zum Beobachtungsvokabular, sondern zum theoretischen Vokabular unserer Sprache.<sup>3</sup>

Kroethes Theorie, die Niko Strobach mit viel Phantasie ins Spiel gebracht hat, bietet einen Unfall derselben Art, nur raffinierter (581/582). Niederdruck ist ein theoretischer Term, der in dieser unorthodoxen Theorie eine ähnliche Rolle spielt wie der newtonische Kraftbegriff. Wo bei Newton von einem Kraftvektor die Rede ist, der auf einen Massepunkt wirkt, da wirkt laut unorthodoxer Theorie auf denselben Massepunkt ein Druck aus *allen* Richtungen außer einer; und mit etwas Schreibearbeit kann man eine systematische Rekonstruktion aller theoretischen Terme der neuen Theorie in denen der herkömmlichen Theorie liefern. Die Affäre spielt sich wieder nur bei den theoretischen Termen ab, und Quine wäre unzufrieden.

Steht es mit meinem Beispiel genauso, oder erfüllt es Quines Forderungen? Das hängt davon ab, wo wir in der geometrischen Optik die Grenze zwischen Beobachtungsvokabular und theoretischem Vokabular ziehen. Darauf gehe ich im kommenden Abschnitt ein.

## II. Gefahr gebannt

Wären alle Wörter meines sturen Schemas theoretische Ausdrücke, so böte der Austausch gemäß Tabelle eine systematische Rekonstruktion à la Quine, und das Beispiel aus meinem Buch säße im selben Boot wie das Elektron/Molekül-Beispiel und Strobachs Kroethe.

Aber die wichtigsten auszutauschenden Ausdrücke meines Schemas sind keine theoretischen Terme. Farbtöne oder Unterschiede zwischen hell und dunkel kann man sehen (anders als Elektronen oder Moleküle, Kraft oder Druck). „Purpur“, „Grün“ usw. sind also genauso Beobachtungsausdrücke wie „hell“ und „dunkel“. (Weitere Beispiele für Beobachtungsausdrücke: „Prisma“, „Blende“, „Blendenöffnung“, „Auffangschirm“; laut Tabelle sind *diese* Ausdrücke *nicht* auszutauschen).

Was sind die theoretischen Wörter der beiden Sprachen? Anders als beim Beobachtungsvokabular (das beiden Sprachen gemein ist) überschneiden sich

<sup>3</sup> Obwohl er's an Ort und Stelle nicht ausdrücklich darauf einschränkte, hatte Quine nur das Verbot der wechselseitigen Rekonstruktion *theoretischer* Ausdrücke im Sinn; siehe Quine 1975, 328n4, Quine 1992, 97.

die theoretischen Vokabularien der beiden Theorien nicht vollständig. Sie müssen also getrennt aufgezählt werden. In der newtonischen Orthodoxie:

(T) *Lichtstrahl*, optisch wirksamer Kausalfaktor, heterogene Mischung, *homogenes Licht*, abwesender Störfaktor.

Und bei Newtons unorthodoxen Gegnern:

(T)<sup>-</sup> *Finsternisstrahl*, optisch wirksamer Kausalfaktor, heterogene Mischung, *homogene Finsternis*, abwesender Störfaktor.

Die Tabelle, mit deren Hilfe sich jede newtonische Errungenschaft in ihr komplementäres Gegenstück verwandelt, führt zu Änderungen *einiger*, aber nicht aller dieser theoretischen Ausdrücke (und zwar genau bei den kursiv gesetzten); und sie führt bei einigen (aber nicht bei allen) Beobachtungswörtern zu Änderungen (etwa bei «Purpur», aber nicht bei «Prisma»). Also alles in Ordnung: Da meine Tabelle nicht nur bei theoretischen Ausdrücken ansetzt, ist sie vor der Gefahr gewappnet, über Quines Kriterium für unerwünschte Ergebnisse zu sorgen.

### III. Andere Ersetzungsmöglichkeiten?

Die Vorschrift aus meiner Tabelle ist für die Zwecke einer Unterbestimmtheit à la Quine ohne Fehl und Tadel. Könnte man eine andere Vorschrift konstruieren, die mir, Quine und Goethe in dieser Hinsicht gefährlich wird? Sie müsste allein bei Elementen aus (T) und (T)<sup>-</sup> angreifen, also z. B. Finsternisstrahlen in Lichtstrahlen verwandeln – ohne entsprechende Verwandlungen bei „grün“ und „purpur“, ja ohne Verwandlungen bei „hell“ und „dunkel“. Wir beschränken also den tabellengemäßen Tausch auf den theoretischen Bereich. Versuchen wir's. Unter anderem sagt Newtons Theorie:

(i) Wenn ausschließlich Lichtstrahlen mittlerer Refrangibilität ins Auge gelangen, so sieht der Augenbesitzer grün.

Überführen wir den theoretischen Apparat (T) in den von (T)<sup>-</sup>:

(i)<sup>ii</sup> Wenn ausschließlich Finsternisstrahlen mittlerer Refrangibilität ins Auge gelangen, so sieht der Augenbesitzer grün.

Das ist in der unorthodoxen Theorie falsch – mittelstark refrangible Finsternisstrahlen sehen purpur aus, nicht grün. Satz (i)<sup>ii</sup> widerspricht der Finsternis-Theorie, kann also nicht in einer ihr logisch äquivalenten Theorie vorkommen.

Wie Brigitte Falkenburg vermutet, ergibt sich aus der von mir hochgehaltenen Isomorphie zwischen beiden Theorien die Möglichkeit, die Ausdrücke „elementar“ und „zusammengesetzt“ extensional passend umzudefinieren (577). Dazu zweierlei: Einerseits wird meine Isomorphie präzise von der Tabelle aus dem Anhang definiert, und ihr zufolge sind die fraglichen Ausdrücke beim Übergang von der einen Theorie zur andern *nicht* zu verändern. Andererseits könnte es immer noch eine zweite Isomorphie geben. Sie wäre von meiner Tabelle unabhängig und könnte sehr wohl bei den Ausdrücken ansetzen, deren Umdefinition Falkenburg ins Auge gefasst hat.

Wie soll so eine Isomorphie aussehen? Im Augenblick sehe ich keine Kandidatin dafür, doch das muss nichts heißen; vielleicht fehlt uns der Überblick darüber, wie sich die theoretischen Begriffe der einen Theorie systematisch durch diejenigen der anderen Theorie rekonstruieren lassen.<sup>4</sup> Doch hier liegt die Beweislast bei meinen Kontrahentinnen: Wer die Rekonstruktion für möglich hält, sollte auspacken, wie sie zu bewerkstelligen ist.

Moral: Dass beide Theorien gleich gut zu allen Daten der geometrischen Optik passen, liegt (bis auf weiteres) nicht an einem trickreichen, rein verbalen Ersetzungsmanöver, wie es sich in beliebigen Bereichen stets kostenlos erzwingen lässt – es liegt an der Symmetrie in den optischen Phänomen selbst. Nur weil dem newtonischen Spektrum *in der Welt* das Spektrum gegenübersteht, das Goethe entdeckt hat, nur deshalb gibt es zwei gleichwertige Theorien. Der Funke der Symmetrie springt also von den Experimenten ins Theoretische über – er ist weltgemacht, nicht hausgemacht.

Daraus ergibt sich ein Steckbrief für die Suche nach unterbestimmten Theorien im Sinne Quines: Überall dort, wo empirische Symmetrien vorliegen, dürfte es mehrere konkurrierende Theorien geben. Wir können dann entweder die eine Hälfte der Phänomene mit einer passenden theoretischen Struktur verknüpfen oder aber die andere – symmetrisch entgegengesetzte – Hälfte, und zwar mit eben dieser Struktur. Auf welche Hälfte des Phänomenbereichs die fragliche Struktur also losgelassen werden soll, ist unterbestimmt.

Wer mit diesem Steckbrief fündig wird, der hat zwei strukturgleiche Theorien gefunden, die zu den fraglichen Daten passen; sie passen sogar gleich *gut* zu ihnen, sind also sogar dann gleichwertig, wenn auch noch außerempirische Tugenden der Theorienwahl zu berücksichtigen sind. Denn insofern sich solche Tugenden wie Eleganz, Sparsamkeit, Einfachheit etc. aus den intrinsischen Eigenschaften der fraglichen Theorien ergeben, müssen strukturgleiche Theorien aus Sicht dieser Tugenden genau gleich gut dastehen.

Daher habe ich das von Goethe angeregte Paar von Theorien als *bestes* Beispiel für eine Unterbestimmtheit à la Quine bezeichnet; ich finde es besser als das Beispiel mit Bohms verborgenen Parametern, einer Alternative zur Quantenmechanik. Bohms Ansatz mag zu ihr empirisch äquivalent sein (was ich nicht beurteilen kann). Aber mit Blick auf Einfachheit oder ontologische Spar-

<sup>4</sup> So auch – ohne Bezug zur Optik – Quine 1975, 326/327.

samkeit steht Bohms Ansatz schlechter da. Wenn wir freilich beim Streit um Unterbestimmtheit nur auf die Daten achten, nicht auf außerempirische Tugenden von Theorien, hat Falkenburg möglicherweise recht; dann böte Bohms Ansatz vielleicht ein gutes Beispiel (574). Aber Quines These bekommt ihren Biss genau deshalb, weil er außerempirische Tugenden einbezogen wissen wollte (ML 360–375). Dieselbe Überlegung betrifft Strobachs Beispiel einer Theorie T', die besagt, dass alles so aussieht, als sei T wahr, weil ein übermächtiges Wesen uns dies vorgaukelt (583). Das ist ontologische Verschwendungssucht.

#### IV. Ausweitung der Kampfzone

Zugegeben, mein Goethe kann mit seiner Unterbestimmtheitstheese nur gewinnen, wenn die Welt wirklich so symmetrisch ist, wie ich behauptet habe. In der geometrischen Optik herrscht die fragliche Symmetrie. (Also gilt jedenfalls eine Unterbestimmtheit mit Blick auf die Daten dieser Theorie). Falkenburg und Strobach haben völlig recht, wenn sie sagen: Weitergehende Schlüsse (über die ich in meinem Buch spekuliert habe) ergeben sich aus alledem nur, wenn sich die Sache auf größere Phänomenbereiche ausweiten lässt (577/578, 584).

Damit bin ich bei der zweiten Seite des Dilemmas, das mir Falkenburg vorgelegt hat (579). Um über triviale Thesen hinauszukommen, muss ich ausloten, wie gut sich die optische Hell/Dunkel-Symmetrie bei den wichtigsten außeroptischen Phänomenen bewährt, die mit Licht zusammenhängen und von denen wir seit Jahrhunderten wissen. In der Tat streben Naturwissenschaftlerinnen immer nach möglichst umfassenden Theorien, und wir haben die newtonische Orthodoxie längst in Theorien anderer Bereiche integriert, mit reicher Ausbeute. Zwar halte ich daran fest, dass wir nicht wissen können, wo wir stünden, wenn wir vor Jahr und Tag auf die Gegentheorie gesetzt hätten. Doch wäre ich gut beraten, etwas mehr als das anzubieten.

Daher schlage ich vor, unorthodoxe Vereinheitlichungen bei den Phänomenen außerhalb der geometrischen Optik anzusteuern, die bis 1800 vorlagen. Was das heißen mag, will ich nur an einem Beispiel skizzieren: Lichtstrahlen übertragen Energie, Finsternisstrahlen tun es nicht, so die Klage. Schon Newton hat festgehalten, dass Licht Gegenstände erwärmen kann – beweist das nicht ganz zwanglos die kausale Wirksamkeit von Licht? (578, 584).

Um dem zu begegnen, muss ich behaupten, dass Finsternisstrahlen auf ähnliche Weise wirken können; ich muss behaupten, dass ein Gegenstand mit ihrer Hilfe thermisch verändert werden kann. Wäre das richtig, so ließen sich auch Finsternisstrahlen als Übertragungsphänomen deuten. Welche Größe sollen sie denn übertragen? Doch nicht Wärmeenergie? Natürlich nicht, sie müssten *Kälte* übertragen.

V. Infratürkise Kältestrahlung

Machen wir's etwas reichhaltiger. Herschel hat um 1800 die Wärmewirkungen des newtonischen Sonnenspektrums folgendermaßen untersucht.<sup>5</sup> Ohne jede Voroptik (also Linsen oder dergleichen) ließ er Sonnenlicht durch eine kleine Blende aufs Prisma fallen und fing das Newtonspektrum mit einem Schirm auf. Er schwärzte ein Quecksilberthermometer mit japanischer Tinte und maß damit jenseits der langen Enden des Newtonspektrums, im Dunklen, die Temperatur des Raumes. Nun ließ er jeweils einen engen farbigen Ausschnitt des Spektrums aufs Thermometer fallen und beobachtete, wo sich die Quecksilbersäule nach ca. 10 Minuten einpendelte. Die Temperaturerhöhung war farbabhängig: sie war am geringsten im violetten und am höchsten im roten Bereich des Spektrums. Noch höher jenseits des roten Endes des Spektrums – in dem, was wir heute Infrarot-Strahlung nennen. (Wohlgemerkt, Herschel hat mit seinem Experiment keine unterschiedliche Energie verschiedener Photonenarten gemessen; offenbar kommen von der Sonne weniger energiereiche – violette – Photonen zu uns als energiearme – rote – Photonen).

Obwohl es noch nicht systematisch ausprobiert wurde, wage ich folgende Prognose: Herschels klassisches Experiment hat ein symmetrisches Gegenstück, in dem sich nicht nur die Rollen von Helligkeit und Dunkelheit sowie der Komplementärfarben umkehren, *sondern auch die Rollen von Erwärmung und Abkühlung.*

Was heißt das konkret? Wir erzeugen Goethes Spektrum und adjustieren das geschwärzte Thermometer im Hellen, also außerhalb der langen Enden dieses Spektrums. Nun lassen wir jeweils einen farbigen Ausschnitt des Goethe-Spektrums aufs Thermometer fallen und beobachten, wo sich die Quecksilbersäule diesmal einpendelt – wieder in Abhängigkeit von der Spektralfarbe. Ich prognostiziere dreierlei: Erstens gibt es Bereiche des Goethe-Spektrums, in denen das Thermometer sinken wird. Zweitens sinkt es im türkisen Bereich stärker als im purpurnen. Drittens sinkt es am stärksten jenseits vom türkisen Ende des Goethe-Spektrums, im „Infratürkis“.

Ob es im Detail so kommen wird, muss man ausprobieren; es gibt seit kurzem erste Erfolge in dieser Richtung.<sup>6</sup> Sollte die Prognose insgesamt ins Schwarze treffen, wären wir Goethes wissenschaftsphilosophischen Zielen wieder *einen* Schritt näher. Es blieben genug Probleme übrig: von der Photosynthese bis zum Photoeffekt; ganz zu schweigen von der für mich kniffligsten Frage, die Falkenburg aufgeworfen hat und die ich ohne Hilfe aus der Physik nicht zu bearbeiten weiß: Kann es (etwa kurz nach dem Urknall) in einem fast durch und

<sup>5</sup> Herschel 1800.

<sup>6</sup> So konnte Johannes Grebe-Ellis kürzlich die abkühlende Wirkung infratürkiser Strahlung nachweisen, mit einem hochmodernen Thermometer, und zwar jenseits eines Goethe-Spektrums, das aus Schatten im Kunstlicht gewonnen wurde (informelle Mitteilung im Kabel vom 9.7.2015).

durch hellen, also sehr heißen Universum überhaupt schattenwerfende Körper geben? (579). Auf einen Schlag komme ich mit alledem nicht weiter. Ich wollte nur andeuten, dass es philosophisch und vielleicht sogar physikalisch reizvoll wäre, solche Probleme in einer geeigneten Reihenfolge anzupacken, und zwar Einfaches zuerst. Mühsam ernährt sich das Eichhörnchen.

## VI. Baut unsere Physik auf Newtons Optik auf?

Wie ich im vorigen Abschnitt zugegeben habe, bin ich weit davon entfernt, mithilfe der zweihundert Jahre alten Finsternis-Theorie eine gleichberechtigte Alternative zu unserer *augenblicklichen* Physik vorzulegen. Und es stimmt, die seinerzeit unbegründete Annahme Newtons von der Unwirksamkeit der Dunkelheit hat sich in der Zwischenzeit vielfach bewährt; sie wurde nicht einfach dogmatisch oder ungeprüft bis in unsere Zeit fortgeschrieben (584).

Was heißt das genau? Es hat keinen Test dieser Annahme gegeben, in der sie isoliert vors Tribunal der Erfahrung gestellt und dabei bestätigt worden wäre. Vielmehr hat sich die Annahme stets im Hintergrund gehalten; sie war Teil von immer umfassenderen Theorien, die mit immer mehr Phänomenen gut zurechtgekommen sind, als Ganzes. An dieser Lektion aus Quines Holismus sollten wir meiner Ansicht nach festhalten.

Was wäre geschehen, wenn wir unsere immer umfassenderen Theorien ab 1810 mit der entgegengesetzten Hintergrundannahme ausstaffiert hätten? Meine These lautet: Das wissen wir nicht. Es mag sein, dass wir steckengeblieben wären; es kann aber ebensogut sein, dass die Physik auch mit der unorthodoxen Annahme gut weitergegangen wäre (ML 392–410).

Um es zuzuspitzen: Laut orthodoxer Sicht gibt es grünes Licht, das aus einer einzigen Sorte von Photonen zusammengesetzt ist, aus grünen Photonen sozusagen; aber die purpurne Mitte des Goethe-Spektrums besteht nicht aus einer einzigen Sorte allerkleinster Teilchen. Warum kommen in unserer Physik keine purpurnen Dunkelteilchen vor? Darauf kann man zweierlei antworten: Entweder weil sowas nicht zum Inventar des Universums gehört. Oder weil wir nicht danach gesucht haben. Solange uns beide Antworten offenstehen, solange steht der Glaube an eine eindeutige objektive Theorie keinen Deut besser da als der Glaube an echte Unterbestimmtheit.

Wer die Objektivität der Welt im Aller kleinsten *voraussetzt*, hat dadurch seine Antwort auf die Frage festgeklopft; begründet hat er sie dadurch nicht. Denn diese Objektivität steht gerade zur Debatte. Und an der Weggabelung der Physik-Geschichte, die ich exemplarisch untersucht habe, sieht die Sache der Objektivisten verblüffend schwach aus. Ich finde das deshalb verblüffend, weil uns die Physiker zwei Jahrhunderte lang gesagt haben, dass Goethes Protest gegen die Eindeutigkeit der newtonischen Wissenschaft nichts taugt, gar nichts. Und wenn sich jetzt herausstellt, dass sein Protest damals nicht rational zurückgewiesen werden konnte, dann ist das allerhand.

Anhang: Die Tabelle zum Übergang zwischen orthodoxer  
und unorthodoxer Optik

Begriffe aus der unorthodoxen Theorie	Begriffe aus der orthodoxen Theorie
<i>Beobachtungsbegriffe</i>	
Blau	Gelb
Türkis	Rot
Grün	Purpur
Gelb	Blau
Rot	Türkis
Stärker refrangibel	Stärker refrangibel
Durchschnittlich refrangibel	Durchschnittlich refrangibel
Maximal refrangibel	Maximal refrangibel
Minimal refrangibel	Minimal refrangibel
Dunkel	Hell
Schwarzer Schatten	Weißes Licht
Störender Streuschatten	Störendes Streulicht
Prisma	Prisma
Spiegel	Spiegel
Lochblende	Lochblende
Blende mit schwarz erscheinenden Backen	Blende mit weiß erscheinenden Backen
<i>Theoretische Begriffe</i>	
Finsternisstrahl	Lichtstrahl
Heterogene Finsternis	Heterogenes Licht
Homogenes Schattenbündel	Homogenes Lichtbündel
Kausal wirksamer optischer Faktor	Kausal wirksamer optischer Faktor
Unterrepräsentation blauer Finsternisstrahlen	Unterrepräsentation gelber Lichtstrahlen

Literatur

Goethe, Johann Wolfgang LA: *Die Schriften zur Naturwissenschaft*, Leopoldina-Ausgabe, Weimar 1947 ff.

Herschel, William 1800: *Experiments on the solar, and on the terrestrial rays that occasion heat*, in: *Philosophical Transactions* 90 No 2, 293–326, No 3, 437–538.

Quine, Willard Van Orman 1975: *On empirically equivalent systems of the world*, in: *Erkenntnis* 9, 313–328.

Quine, Willard Van Orman 1992: *Pursuit of truth*, Cambridge/Massachusetts.