



# Lichtenberg Gesellschaft e.V.

[www.lichtenberg-gesellschaft.de](http://www.lichtenberg-gesellschaft.de)

Der folgende Text ist nur für den persönlichen, wissenschaftlichen und pädagogischen Gebrauch frei verfügbar. Jeder andere Gebrauch (insbesondere Nachdruck – auch auszugsweise – und Übersetzung) bedarf der Genehmigung der Herausgeber. Zugang zu dem Dokument und vollständige bibliographische Angaben unter [tuprints](http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de), dem E-Publishing-Service der Technischen Universität Darmstadt: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de> – [tuprints@ulb.tu-darmstadt.de](mailto:tuprints@ulb.tu-darmstadt.de)

The following text is freely available for personal, scientific, and educational use only. Any other use – including translation and republication of the whole or part of the text – requires permission from the Lichtenberg Gesellschaft.

For access to the document and complete bibliographic information go to [tuprints](http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de), E-Publishing-Service of Darmstadt Technical University: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de> – [tuprints@ulb.tu-darmstadt.de](mailto:tuprints@ulb.tu-darmstadt.de)

© 1987-2006 Lichtenberg Gesellschaft e.V.

---

Lichtenberg-Jahrbuch / herausgegeben im Auftrag der Lichtenberg Gesellschaft.

Erscheint jährlich.

Bis Heft 11/12 (1987) unter dem Titel: Photorin.

Jahrbuch 1988 bis 2006 Druck und Herstellung: Saarbrücker Druckerei und Verlag (SDV), Saarbrücken

Druck und Verlag seit Jahrbuch 2007: Winter Verlag, Heidelberg

ISSN 0936-4242

Alte Jahrbücher können preisgünstig bei der Lichtenberg Gesellschaft bestellt werden.

Lichtenberg-Jahrbuch / published on behalf of the Lichtenberg Gesellschaft.

Appears annually.

Until no. 11/12 (1987) under the title: Photorin.

Yearbooks 1988 to 2006 printed and produced at: Saarbrücker Druckerei und Verlag (SDV), Saarbrücken

Printer and publisher since Jahrbuch 2007: Winter Verlag, Heidelberg

ISSN 0936-4242

Old yearbooks can be purchased at reduced rates directly from the Lichtenberg Gesellschaft.

---

**Im Namen Georg Christoph Lichtenbergs (1742-1799) ist die Lichtenberg Gesellschaft ein interdisziplinäres Forum für die Begegnung von Literatur, Naturwissenschaften und Philosophie. Sie begrüßt Mitglieder aus dem In- und Ausland. Ihre Tätigkeit umfasst die Veranstaltung einer jährlichen Tagung. Mitglieder erhalten dieses Jahrbuch, ein Mitteilungsblatt und gelegentliche Sonderdrucke. Weitere Informationen und Beitrittsformular unter [www.lichtenberg-gesellschaft.de](http://www.lichtenberg-gesellschaft.de)**

**In the name of Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799) the Lichtenberg Gesellschaft provides an interdisciplinary forum for encounters with and among literature, natural science, and philosophy. It welcomes international members. Its activities include an annual conference. Members receive this yearbook, a newsletter and occasionally collectible prints. For further information and a membership form see [www.lichtenberg-gesellschaft.de](http://www.lichtenberg-gesellschaft.de)**

---

der 160 Obrichter aus Paris in die Provinz verbannt wurden; in den Streit, der ausführlich dargestellt ist z. B. durch F. C. Schlosser: *Geschichte des 18. Jhdts* 3,1, 1842, 491 ff. oder W. Oncken: *Das Zeitalter Friedrich des Großen* 2, 1882, 543 ff., griff auch Voltaire publizistisch ein. – 222,14: Christian Andreas Käsebier, geb. um 1713, gest. um 1777 (am genauesten über sein Leben ist tatsächlich der ‚rasende Reporter‘ Egon Erwin Kisch im Nachwort zu seiner Komödie *Die gestohlene Stadt* 1925 und im *Prager Pitaval* 1931). – 223,1: Gemäß dem Brief an Nicolai, 30. 12. 1792 wohl nicht Gumprecht, sondern eher Alexander Jeremias. – 228, 27: dritthalb hätte doch gesagt werden sollen, daß dies heute kaum mehr gebräuchliche Wort zweieinhalb bedeutet.

*Peter Brosche*

### Ahn-Herr der Lichtablenkung

Die schwarzen Löcher gehören heute zu den allgemein gebräuchlichen Metaphern.<sup>1</sup> Der Ausdruck wurde 1967 von Wheeler geprägt; die Idee hatte Zwicky in den dreißiger Jahren nach der Entdeckung des Neutrons wiederbelebt, während die eigentlich grundlegende Arbeit von K. Schwarzschild aus dem Jahre 1916 zunächst nicht ins allgemeine Bewußtsein gedrungen war.<sup>2</sup> Die *Möglichkeit* der schwarzen Löcher folgt aus der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART). Denn in dieser ist die Raumzeit nicht euklidisch, das heißt kürzeste Linien brauchen keine Geraden zu sein. Der Weg des Lichts entlang solcher Linien erscheint uns in Richtung anziehender Massen gekrümmt. Bei schwarzen Löchern ist – wenn es welche gibt – der Extremfall verwirklicht: Strahlen von innen werden so stark gekrümmt, daß sie wieder zurücklaufen. Die ART ist heute nicht mehr die einzige Theorie ihrer Art; einige konkurrierende Theorien sagen einen anderen Betrag der Lichtablenkung voraus.

Am besten läßt sich der Effekt bis heute an Lichtstrahlen prüfen, die durch die Sonne „verbogen“ werden. Nach der ‚endgültigen‘ Vorhersage durch Einstein<sup>3</sup> im Jahre 1915 war es für viele Dekaden nur möglich, optische Beobachtungen bei Sonnenfinsternissen anzustellen, die den erwarteten Betrag nur mit einer Fehlerbreite von einigen zehn Prozent fixieren konnten (erstmalig 1919). Seit der Einführung der interkontinentalen Interferometrie mit Radiowellen wurde die Meßgenauigkeit um einen Faktor 100 gesteigert und die letzten Messungen ergeben, daß der beobachtete Wert das

$$\gamma = 1.000 \pm 0.002 \text{ fache}$$

des Einsteinschen ART-Werts beträgt.<sup>4</sup> Es gibt also keinen Anlaß, Theorien mit anderem  $\gamma$  ernsthaft zu diskutieren. In den zwanziger Jahren wäre dies noch durchaus zulässig gewesen, weil der Fehlerrahmen größer war.

Einsteins Weg zum richtigen Ergebnis kann man *cum grano salis* mit der biologischen Regel beschreiben, daß die Ontogenese eine verkürzte Phylogenese darstellt. Als er sich zunächst (1907-1911) nur auf das schwache Äquivalenzprinzip stützte, das die Schwere der Energie aussagt, kam er auf die Hälfte des Werts. Erst die

Verwendung des starken Äquivalenzprinzips führt zum Einfluß der Massen auf die Raumkrümmung und in der Folge auf den vollen Wert.

Die Tatsache, daß die ART die Gravitation neu interpretiert, legt umgekehrt die Frage nahe, ob nicht schon die Newtonsche Theorie der Gravitation auch zu einer Lichtablenkung führen könnte – wenn nur das Licht der Anziehung von Massen unterliegt. Hier ist also eine Zusatzannahme (aber eine mögliche), was bei der ART als Äquivalenz von Masse und Energie einen wesentlichen Bestandteil darstellt. In der Tat haben unabhängig voneinander Laplace<sup>5</sup> und Soldner<sup>6</sup> etwa um 1800 diese Idee gehabt und quantitative Konsequenzen gezogen. Soldner hat für kleine Ablenkungen den Winkel zwischen geradliniger Lichtausbreitung und den Hyperbelästen berechnet, entlang deren ein schwerer Lichtstrahl läuft. Von heute aus gesehen ist das Resultat gerade die Hälfte des relativistischen. Wenn man so will, liegt das daran, daß das Postulat eines schweren Lichts gewissermaßen die Hälfte der Wahrheit errät, während die nichteuklidische Raumzeit noch verborgen blieb.

Daß man den Lichtweg im Prinzip genauso wie die Bahnen der Planeten berechnen konnte, liegt daran, daß die Newtonsche Anziehungskraft der Masse des angezogenen Körpers proportional ist, die *Beschleunigung*, die derselbe Körper erleidet, also *unabhängig* von seiner Masse ist. Alles was man braucht, ist die Geschwindigkeit des Lichts, und die war seit Olaf Römer (1676) ungefähr bekannt (etwa 300 000 Kilometer pro Sekunde im Vergleich zum Beispiel zur Bahngeschwindigkeit der Erde von circa 30 km/s). Weil die Geschwindigkeit so groß ist, kommen in unserem Sonnensystem keine geschlossenen Lichtbahnen heraus, sondern langgestreckte Hyperbeln, die Geraden sehr ähnlich sind.

Die Abhängigkeit der Ablenkung von der anziehenden Masse läßt sich auch im Rahmen einer solchen Newtonschen Theorie angeben. Für Laplace war das offenbar Anlaß, einen Schritt weiterzugehen und über hypothetische Sterne nachzudenken, an deren Oberflächen die Schwerkraft so groß sein könnte, daß das von ihnen ausgehende Licht in geschlossener Bahn wieder zu ihnen zurückkehren muß. Sein auch nach heutiger Kenntnis zutreffendes Beispiel bestand in einem Objekt von irdischer Dichte und 50 Millionen Sonnenmassen. Das Thema scheint für Laplace nicht wichtig gewesen zu sein. Er hat es nur in der 1. und 2. Auflage seiner „Exposition du système du monde“ qualitativ erwähnt, in den folgenden Auflagen treten nur noch Spuren davon auf.<sup>7</sup> Die Gleichungen finden sich lediglich in einem Aufsatz in deutscher Sprache in den Allgemeinen Geographischen Ephemeriden v. Zachs, der ihn wohl auch übersetzt haben wird. Die Franzosen müssen sich also diese frühe Urkunde der (klassischen) schwarzen Löcher vorläufig so rückübersetzen, wie sie es lange mit ‚Rameaus Neffen‘ tun mußten. 1973 ist der Text in englischer Übersetzung in ein Buch von Hawking und Ellis aufgenommen worden.<sup>8</sup> Ein Interesse Zachs für diese Frage ist auch durch eine frühere Erwähnung des Themas belegt:<sup>9</sup> in einer seiner seitenlangen Fußnoten zu einem Brief Schroeters kommt er von den Kometen auf die neuen und wieder verschwundenen Sterne und damit auf die dunklen Körper von Laplace.<sup>10</sup> Interessanterweise hält er es in der Folge aber sogar für möglich, diverse Berichte über langsam vor der Sonnenscheibe vorbeiziehende dunkle Flecken auf diese Weise zu erklären (solche, die eindeutig weder Sonnenflecken noch Merkur oder Venus gewesen sein können). Dieser Beobachtungsvorschlag für schwarze Löcher ist durchaus originell!

Obwohl Laplace seine Idee ohne wirklichen Nachdruck auf eine Anwendung vorgetragen hatte, fehlte es jedoch in der Folge nicht an Vorschlägen für eine solche:

genau wie heute wurden eine Reihe von sonst unerklärbaren Objekten damit in Verbindung gebracht. Diese wissenschaftliche Rezeptionsgeschichte verdient eine eigene Würdigung. Hier wollen wir uns damit begnügen, drei Beispiele zu erwähnen: Olbers<sup>11</sup> dachte sofort an einen Einfluß auf die Aberration des Lichts, das von einem beinahe schwarzen Stern ausgeht. Mädler<sup>12</sup> in Dorpat nahm für seine ‚Centralsonne‘ des Sternsystems 1846/7 die Laplacesche Idee in Anspruch, ohne bei den Fachkollegen auf viel Gegenliebe zu stoßen. Im Briefwechsel Jacobis mit Humboldt<sup>13</sup> wird mehrfach Bessels – offenbar für unziemlich gehaltene – Liebe zu den dunklen Weltkörpern erwähnt, mit denen er die von ihm entdeckten unsichtbaren Begleiter von Sirius und Prokyon verband. Die zugehörige „Lichtzurückhaltung“ wollte Humboldt immerhin mit dem völligen Verlöschen neuer Sterne in Verbindung bringen.

Auch in die Literatur, nämlich zu dem naturwissenschaftlich höchst interessierten Jean Paul haben die dunklen Sterne ihren Weg gefunden.<sup>14</sup> In den ‚Flegeljahren‘ (1804) heißt es:

„[...] gleich den großen Zentral-Sonnen Herschels, welche durch ihre unendliche Größe ihren unendlichen Glanz wieder an sich ziehen und ungesehen in ihrem Feuer schweben“.<sup>15</sup>

Und im ‚Komet‘ (1820):

„[...] wo ein finsterner endloser bleierner Sonnenkörper nur Flammen und Sonnen einsog, ohne von ihnen hell zu werden [...]“.<sup>16</sup>

Nur nebenbei soll zur Klarstellung bemerkt werden, daß nicht jeder postulierte dunkle Körper in der Astronomie etwas mit unserem Thema zu tun hat. Uns geht es nur um die, deren Schwerkraft ihr Licht wieder zurückzwingt und die aus *diesem* Grunde dunkel oder schwarz sind. Lambert hat in seinen ‚Cosmologischen Briefen‘<sup>17</sup> die Frage aufgeworfen, ob es im Zentrum der Milchstraße dunkle Zentralkörper riesiger Masse geben könne, meines Wissens aber nicht erkennen lassen, daß er an etwas anderes als nichtleuchtende Materie gedacht hat. Dasselbe gilt für den von Lichtenberg im Zusammenhang mit der Apexbewegung des Sonnensystems angesprochenen Zentralkörper der Milchstraße (PhM 1, 331): „Daß wir diesen nicht sehen [...], er könnte [...] auch an sich selbst dunkel sein“. Ebenso wenig sind die von Fuß<sup>18</sup> diskutierten dunklen Fixsterntabanten hier zu erörtern.

Nachdem lange Laplace im öffentlichen Bewußtsein die Stammvaterrolle bei den ‚klassischen‘ schwarzen Löchern eingenommen hatte<sup>19</sup>, wurde relativ spät ein Engländer wiederentdeckt, der schon einige Dekaden vorher und noch handfester das Thema angegangen hatte: der viel zu wenig bekannte Reverend John Michell (1724-1793), der auch als erster einen konkreten statistischen Test für die physische Natur der Doppelsterne angab. Bereits 1772 hat er in einem Buch von Priestley<sup>20</sup> einige Seiten beigetragen, die eine gravitativ bedingte radiale Änderung der Lichtgeschwindigkeit darlegen. Und 1784 führt er das Thema in den Philosophical Transactions<sup>21</sup> bis zur Idee der schwarzen Körper hin aus. Offenbar um diese Zeit regt er seinen Freund Henry Cavendish an, sich die tangentialen Effekte zu überlegen. Dieser gelangte bereits zur richtigen newtonschen Formel, allerdings wurden seine einschlägigen Notizen erst 1921 veröffentlicht!<sup>22</sup>

Ich möchte der achtbaren Reihe der geistigen Ahnen einen hinzufügen, der auch schon etwas ahnte: Georg Christoph Lichtenberg. Bei ihm ist besonders gut zu verfolgen, wie seine Ideen entstanden. Das Paradoxon der beiden erfolgreichen und

anscheinend einander ausschließenden Lichttheorien<sup>23</sup> ließ ihn nicht ruhen. Obwohl mehr Newton zugeneigt – die Anhänger der Wellenvorstellung heißt er „Zitterer“<sup>24</sup> – läßt ihn das Problem nicht in Ruhe, er denkt sogar (auch hierin ganz früh!) an eine Verbindung beider Vorstellungen,<sup>25</sup> vor allem aber suchte er unterscheidende und entscheidende Beobachtungsbefunde zu finden.<sup>26</sup> Dabei stellt er sich die Lichtteilchen ganz drastisch ‚vergrößert‘ so vor, daß sie zu 25 pfündigen Kanonenkugeln werden.<sup>27</sup> Oder er folgert aus der bekannten großen Lichtgeschwindigkeit und der Proportionalität von energetischen Effekten zu Masse und Quadrat der Geschwindigkeit, daß die Masse der Lichtteilchen sehr klein sein müsse, weil man ihren Druck nicht merkt.<sup>28</sup> Daß Licht kreuz und quer durcheinander gehen kann, ohne sich zu behindern, ist ihm ebenfalls wichtig.<sup>29</sup> Aus solchen Vorstellungen mußte für einen Lichtenberg irgendwann auch einmal die Frage auftauchen, ob die eventuell mit Masse ausgestatteten Lichtteilchen nicht schwer sein, also die Schwerkraft fühlen könnten. Wenn ja, dann war klar, daß ihr Lauf zur anziehenden Masse hin gekrümmt sein würde. Und in der Tat finden wir zwei entsprechende Aussagen. Die erste (schon von Teichmann<sup>30</sup> und Beuermann<sup>31</sup> zitierte) lautet: „Wenn das Licht trotz seiner Geschwindigkeit noch eine Schwere hat, so würde doch so etwas wie Refraktion am Horizonte erscheinen müssen, weil es von der Erde stark gezogen wird. Eigentlich wäre es *Inflexion*, durch die ganze Masse der Erde bewirkt“ (KII 362).

Die zweite (chronologische erste) ist noch positiver: „[...] Das Licht allein scheint hiervon eine Ausnahme zu machen, da es aber vermutlich schwer ist, so wird es doch gebogen [...]“ (CI 303). Typisch Lichtenberg: er unternimmt keine Anstrengungen zur quantitativen Formulierung, aber denkt (traumtänzerisch, muß man von heute aus sagen) an den gebogenen Lichtweg im Zusammenhang mit den gekrümmten Planetenbahnen!

Nach der Chronologie der Sudelbücher<sup>32</sup> sind die Eintragungen im Zeitraum um 1795 beziehungsweise im August 1773 erfolgt.

Die uns hier besonders interessierende frühe Formulierung wurde erst 1844 in der zweiten Auflage der Vermischten Schriften, die spätere hingegen schon 1806 in der ersten Auflage publiziert (VS 1, 51; PhM 4, 261). Sie liegt zeitlich kaum später als die frühe Arbeit von Michell. Vor allem aber ist auf eins hinzuweisen: vom heutigen rein wissenschaftlichen Standpunkt aus sind zwar die radialen und die tangentialen Auswirkungen der Schwere auf die Bahn eines Lichtstrahls prinzipiell nicht verschieden. „Forschungspsychologisch“ waren sie es offenbar doch, denn bei allen grundlegenden Erstlingsarbeiten wird entweder nur das Eine oder das Andere traktiert.

Im Vergleich zu dem früheren und genaueren Michell kann für Lichtenberg natürlich nicht an die Rolle *des* Stammvaters für das Gesamtgebiet gedacht werden, jedoch kann ihm immerhin für die Linie der Lichtablenker im Stammbaum der gravitativen Beeinflusser der Lichtausbreitung ein Platz als Ältester noch vor Cavendish zugewiesen werden. Allerdings, dies ist eine Besonderheit solcher wissenschaftlicher Stammbäume, bleibt oft fraglich, ob auf irgendeine Weise ein Nachfolger gezeugt wurde. Über Einwirkungen auf Lichtenberg ist zu sagen: wir finden keinerlei Nachweis für Michell, dagegen vielfache Nennung von Priestley, aber nicht in unserem Zusammenhang (und obwohl er Priestleys Optik in der deutschen Übersetzung von Klügel besessen hat<sup>33</sup>). Laplace tritt dreimal in den Sudelbüchern auf, in einer Rezension von Fischers Physikalischem Wörterbuch<sup>34</sup> bemängelt Lichtenberg das Fehlen dessen, was Laplace in seiner ‚Darstellung des Weltsystems‘ über Ebbe und Flut gesagt hat. Das

Buch war ihm also selbstverständlich bekannt, jedoch scheinen ihm die dunklen Körper nicht besonders aufgefallen zu sein.

Herschel lag ihm sicher näher. Zwei Sudelbucheintragungen äußern sich, inspiriert durch Herschel, über Veränderungen der Aberration,<sup>35</sup> eine späte lapidare Notiz „Herschels Fixstern-Licht“<sup>36</sup> und eine Eintragung im Staatskalender-Tagebuch<sup>37</sup> vom September 1792 über den Eingang einer Herschelschen Abhandlung könnten sich auf eben diejenige beziehen, die 1791 in vager Form vermutlich die Idee der dunklen Körper von Michell aufgegriffen und weitergegeben hat (siehe unten).

Wichtiger ist eine der vielen Briefstellen zu Herschel. Am 21. November 1785 schreibt Lichtenberg an Schroeter.<sup>38</sup>

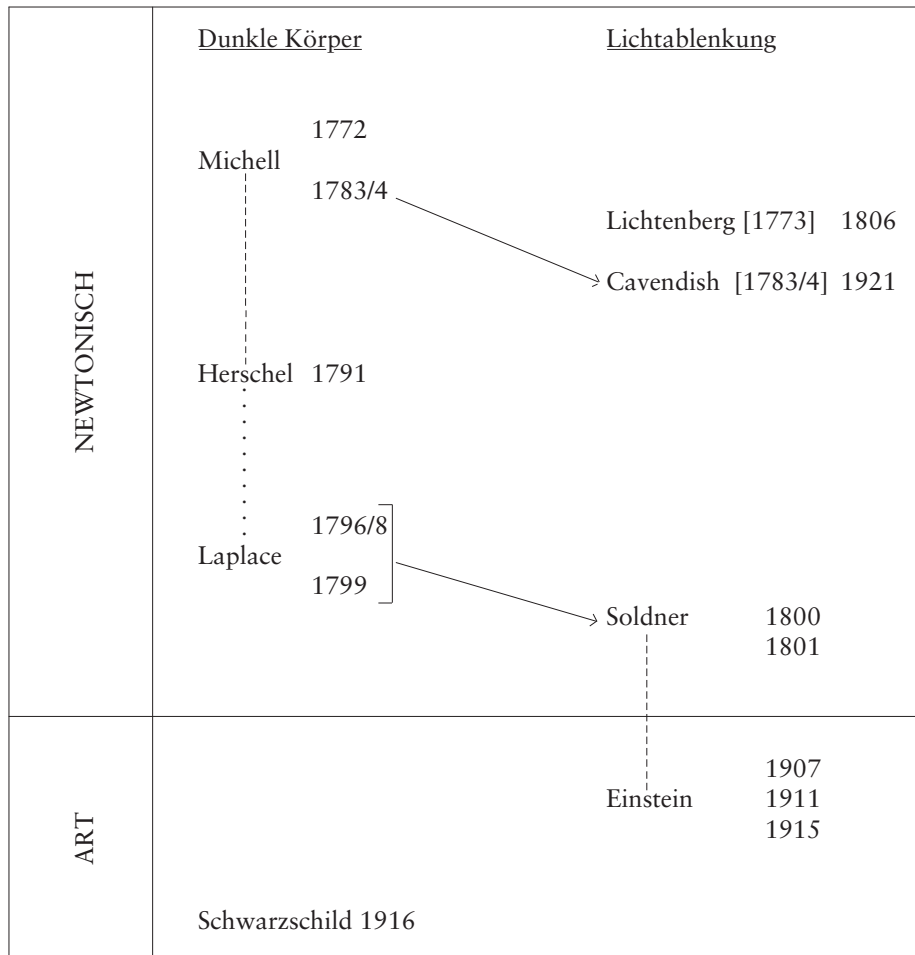
„Vielleicht läßt sich auch dereinst durch solche Instrumente an Sektoren angebracht ausmachen, ob alles Licht sich *gleich schnell* bewegt. Es ist mir dieses nicht ganz wahrscheinlich. Herrn Herschels Planetary nebulae wären hierzu vielleicht die geschicktesten Körper, wenn welche darunter bequem lägen. Denn wird das Licht nach Newton aus dem leuchtenden Punkte durch irgendeine Kraft getrieben, so fragt es sich, wird es nicht endlich langsamer zu gehen anfangen?“

Lichtenberg äußert also hier die Vermutung, daß Licht ungleich schnell geht und daß es nach der Emission zu einer Verlangsamung kommen wird. Es ist nicht zu beweisen, aber stark zu vermuten, daß er – gerade wegen der Berufung auf Newton – hierbei an die Gravitation als Ursache gedacht hat.

Über folgende andere Beeinflussungen oder Kenntnismomente wissen wir nach Eisenstaedt etwas: Michell könnte Herschel zu gewissen Andeutungen in einer Arbeit von 1791 über Nebelsterne<sup>39</sup> veranlaßt – und diese wiederum Laplace erreicht haben, wenn auch weniger wahrscheinlich.

Cavendish kannte natürlich die durch ihn vorgelegte Arbeit seines Freundes Michell. Soldner zitiert selbst in einer Arbeit von 1800 die Vorstellung von Laplace.<sup>40</sup> Einen Brief von Einstein an Finlay-Freundlich interpretiert Eisenstaedt<sup>41</sup> dahingehend, daß Einstein etwas von den älteren Vorstellungen gewußt habe. Man kann ihn aber auch so lesen, daß er deren Existenz nur für natürlich halte, ohne von ihnen etwas erfahren zu haben.

Wissenschaftlicher Stammbaum  
der klassischen „schwarzen Löcher“ und der klassischen Lichtablenkung



- Kenntnis belegt
- " recht wahrscheinlich
- ..... " gut möglich

Daten: [Niederschrift] Druck

Wenn Einstein auch vielleicht in Unkenntnis seiner newtonschen Vorfahren lebte, so hat er jedenfalls Lichtenberg gekannt. Er schrieb an die befreundete belgische Königinmutter Elisabeth: „Das häßliche Reclam-Büchlein, das ich Ihnen sandte, wird Ihnen den Lichtenberg näherbringen. Er war Physikprofessor in Göttingen (18. Jahrhundert), ein Original mit wahrhaft genialen Anwendungen, die sich in unsterbliche Gedankensplitter verdichteten“.<sup>42</sup>

Hans Esselborn und Ulrich Joost danke ich für wertvolle Hinweise.

P.S. Weder im ‚Erleben‘ (6. Aufl.) noch in den von Gamauf herausgegebenen Vorlesungen Lichtenbergs über Astronomie habe ich etwas über Lichtablenkung gefunden. In den Geologisch- Meteorologischen Phantasien<sup>43</sup> erklärt Lichtenberg auch gleich am Anfang, daß seine „Träume“ schicklicher in einem Kalender als in Lehrbüchern der Physik stehen sollten. In den Kalendern allerdings hat er sie dann auch ausgebreitet, sodaß ein etwaiger einschlägiger „Traum“ wohl nicht übersehen worden wäre. Einen wesentlichen Teil der Göttinger Taschenkalender und alle einschlägigen Artikel in der Erstausgabe der Vermischten Schriften habe ich ohne Erfolg nachgesehen.

- 1 Wir gehen von diesem bekannten Begriff aus und daher zeitlich rückwärts.
- 2 Die Geschichte dieses Forschungszweigs muß hier sehr gedrängt dargestellt werden. Es soll lediglich die Stellung Lichtenbergs in der Entwicklung der Vorstellungen klar werden. Ausführlichere Darstellungen werden gegeben von H. U. Fuchs: *Pierre Simon Laplace's „Schwarze Löcher“*, in: *Orion* 32, 1974, 182.  
H. U. Fuchs: *Zur Geschichte der Ideen über die Wirkung der Schwerkraft auf das Licht*, in: *Orion* 33, 1975, 183; und vor allem in letzter Zeit von  
J. Eisenstaedt: *De l' influence de la gravitation sur la propagation de la lumière en théorie newtonienne*, in: *Archive for History of Exact Sciences* 42, 1991, 315. Von einem modernen Standpunkt (und dem des dialektischen Materialismus) aus wird das Thema behandelt von H.-J. Treder: *Gauß und die sideralen Dreiecke*, in: *Die Sterne* 53, 1977, 1, und von H.-J. Treder und G. Jackisch: *Friedrich Engels und die Geschichte der „black holes“*, in: *wissenschaft und fortschritt* 25, 1975, 3.
- 3 zuvor: A. Einstein: *Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen*, in: *Jb. für Radioaktivität und Elektronik* 4, 1907, 411, hier S. 459, und A. Einstein, *Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichts*, in: *Annalen der Physik* 35, 1911, 898. Dann endgültig: A. Einstein: in: *Sitzungsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften* 47, 1915, 831.
- 4 D. S. Robertson, W. E. Carter, W. H. Dillinger: *New measurement of solar gravitational deflection of radio signals using VLBI*, in: *Nature* 349, 1991, 768.
- 5 P. S. Laplace: *Exposition du Syst+eme du Monde*. 1. Auflage Paris 1796, 2. Aufl. 1799 (dort S. 347). P. S. Laplace: *Beweis des Satzes, daß die anziehende Kraft bey einem Weltkörper so groß seyn könne, daß das Licht davon nicht ausströmen kann*, in: *Allgemeine Geographische Ephemeriden*, hrsg. von F. X. v. Zach. Weimar 4, 1799, 1.
- 6 J. Soldner: *Ueber die Ablenkung eines Lichtstrahls von seiner geradlinigen Bewegung durch die Attraktion eines Weltkörpers, an welchem er nahe vorbeigeht*, in: *Astrono-*



- misches Jahrbuch für das Jahr 1804*, hrsg. von J. E. Bode. Berlin 1801, 161. [N. B. Der Verfasser heißt also nicht Söldner wie bei Lotze, *Die Sterne* 67, 1991, 297 und 299].
- 7 Nach Eisenstaedt (wie Anm. 2).
  - 8 St. W. Hawking, G. F. R. Ellis: *The Large Scale Structure of Space-Time*. Cambridge 1973.
  - 9 *Allgemeine Geographische Ephemeriden* 1, 1798. Der Brief Schroeters beginnt S. 600, Zachs Fußnote S. 602 und die für uns wichtigen Stellen stehen S. 603 und 604 unter Briefauszügen von Lalande.
  - 10 Fußnote von Zach in den *Allgemeinen Geographischen Ephemeriden* 1, 1798, 603, in der er sich auf die schwarzen Körper im Sinne von Laplace bezieht und ungeklärte Vorübergänge von der Sonnenscheibe damit in Verbindung bringt.  
 Uebrigens ist es weder unwahrscheinlich, noch der Erfahrung zuwider, daß es unsichtbare und dunkle Körper im Weltraum geben könne; beweisen dieß nicht die lichtveränderlichen Fixsterne? von welchem manche ganz verschwinden, und nach längeren oder kürzeren Perioden wieder erscheinen. – Wer weiß, wie lange der 1572 erschienene, wie *Sirius* und *Jupiter* hellglänzende, im 1. J. 1574 wieder verschwundene, berühmte Stern in der *Cassiopeia* unsichtbar bleibt, und einst wieder erscheint? vielleicht ist seine Licht-Periode viele tausend Jahre! so lange bleibt er uns ein dunkler Weltkörper. *De la Place* hat berechnet, daß ein leuchtender Körper von derselben Dichtigkeit, wie unsere Erde, und dessen Durchmesser 250mahl größer, als jener der Sonne wäre, vermöge seiner Anziehungskraft keiner seiner Lichtstrahlen bis zu uns schicken können. Es ist also möglich, daß gerade die größten Lichtkörper unseres Welten-Gebäudes eben deswegen uns unsichtbar bleiben. Es verdienen vielleicht auch jetzt manche Erzählungen älterer Geschichtsschreiber von Flecken in der Sonne, welche sie für Planeten hielten, einige Aufmerksamkeit. Hatten diese Flecken wirklich eine schnelle Bewegung, daß man sie für Planeten, und nicht für Sonnenflecken hielt? Was konnten sie also wol gewesen seyn? *Lycosthenes* erzählt, daß man im J. 778 den 17ten März den Planeten *Mercur*, wie einen schwarzen Fleck, durch die Sonne habe *gehen* sehen. *Adelmus* in *Vita Caroli Magni* setzt auf das Jahr 807 dieselbe Erscheinung; *Stella Mercurii* 16 calend. April. visa est in Sole quasi parva macula nigra. *De la Lande* sagt in seiner *Astronomie* (Art. 2000); *Averrhoes* habe geglaubt, den *Mercur* in der Sonne zu sehen; es ist aber nicht *Averrhoes*, sondern ein Arabischer Astronom Namens *Aven Rodan*, der im J. C. 1160 lebte, und den ...
  - 11 *Aus mehreren Briefen des Dr. Olbers* (16. 7., 9. und 27. 8., 18. 9. 1799), in: *Allgemeine Geographische Ephemeriden* 4, 1799, 268.
  - 12 H. Eelsalu, D. B. Herrmann: *Johann Heinrich Mädler*. Berlin 1985, bes. S. 4. 53-57.
  - 13 *Briefwechsel zwischen Alexander von Humboldt und C.G. Jacob Jacobi*, hrsg. von H. Pieper. Berlin 1987. Z. B. Humboldt an Jacobi 22. 11. 1849 (ebd. S. 137).
  - 14 H. Esselborn: *Das Universum der Bilder*. Tübingen 1989, 71.
  - 15 Jean Paul: *Werke*. 3. Auflage, hrsg. von N. Miller. München 2, 1970, 722.
  - 16 Jean Paul: *Werke*. 6, 684.
  - 17 J. H. Lambert: *Cosmologische Briefe*. Augsburg 1761: 12. Brief.
  - 18 *Betrachtungen über die Fixstern-Trabanten*, in: *Astronomisches Jahrbuch für das Jahr 1785*. Berlin 1782, 132 ff.
  - 19 Ungerechtfertigt in jeder Hinsicht, wie Eisenstaedt (Anm. 2) näher begründet. Aber die Sekundärliteratur bevorzugt eben die großen Namen. Bei der quartären Ebene (unseren talk shows) hat sich die Physik auf Newton und Einstein reduziert.
  - 20 J. Priestley: *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colour*. London 1772, 786-791.

- 21 J. Michell: *On the Means of Discovering the Distance, Magnitude, etc. of the Fixed Stars, in consequence of the Diminution of the Velocity of their Light*, in: *Philosophical Transactions* 74, 1784, 35.
- 22 H. Cavendish: *Unpublished Papers on Astronomical Subjects*, hrsg. von F. W. Dyson. In: *The Scientific Papers of the Honourable Henry Cavendish F. R. S.*, Bd. II: *Chemical and Dynamical*, hrsg. von E. Thorpe. Cambridge 1921, 433.
- 23 Der Korpuskular- und der Wellenvorstellung mit den Protagonisten Newton und Euler. Jedoch enthielten auch Newtons Vorstellungen sehr wohl Wellenaspekte, siehe K. F. Weimann: *Newtons Hypothese über die Natur des Lichts*, in: *Math. naturwiss. Unterricht* 28, 1975, 29.
- 24 PhM 4, 390. 400.
- 25 Hier und im folgenden nach SB 1. 2, 1968. 1971). KII 360, JII 1717.
- 26 JII 1530 (ca. Oktober 1790) zeigt nicht nur eine Inkonsequenz bei Euler, sondern erwähnt mehrfach die Schwere des Lichts bzw. sein Vermögen, Schwere aufzuheben. JII 2103. KII 361. KII 379.
- 27 FI 241. Der Gedanke an die Masse des Lichts tritt auch bei der Frage auf, ob die Erde durch das von ihr aufgenommene Sonnenlicht schwerer wird (PhM 4, 419).
- 28 AII 230.
- 29 KAII 223. AII 230.
- 30 G. C. Lichtenberg: *Aphoristisches zwischen Physik und Dichtung*, hrsg. v. J. Teichmann. Braunschweig u. Wiesbaden 1983, 61.
- 31 G. Beuermann: *Physikprofessor – Lichtenbergs Beruf*. In: *G.C. Lichtenberg 1742-1799 Wagnis der Aufklärung* (Katalog zur Ausstellung Darmstadt 1992) München u. Wien 1992, 346, hier S. 361 f.
- 32 SB I/IIIK.
- 33 BL Nr. 459.
- 34 SB 3, 198, hier besonders 199 ff.
- 35 JII 1586 im Herbst 1790 und LII 841 im Februar 1798.
- 36 K<sub>F</sub>: SB 1, 838.
- 37 Vom 15. 9. 1792.
- 38 SB 4, Brief Nr. 504, S. 651.
- 39 W. Herschel: *On Nebular Stars, properly so called*, in: *Philosophical Transactions* 81, 1791, 71.
- 40 J. Soldner: *Etwas über die relative Bewegung der Fixsterne; nebst einem Anhang über die Aberration derselben*, in: *Astronomisches Jahrbuch für das Jahr 1803*. Berlin 1800, 185.
- 41 J. Eisenstaedt, (wie Anm. 2) 378.
- 42 Nach F. Herneck: *Albert Einstein*. (= *Biographien hervorragender Naturwissenschaftler* 14). Leipzig 1980, 107.
- 43 PhM 2, 1804, 191 f.