

Auszug aus:

GRUNDRISS DER GESCHICHTE DER PHILOSOPHIE

BEGRÜNDET VON FRIEDRICH UEBERWEG

VÖLLIG NEU BEARBEITETE AUSGABE
HERAUSGEGEBEN VON HELMUT HOLZHEY



JEREMIA 23,29

SCHWABE VERLAG
BASEL

DIE PHILOSOPHIE DES 18. JAHRHUNDERTS

BAND 5

HEILIGES RÖMISCHES REICH
DEUTSCHER NATION
SCHWEIZ
NORD- UND OSTEUROPA

HERAUSGEGEBEN VON HELMUT HOLZHEY
UND VILEM MUDROCH

SCHWABE VERLAG

BASEL 2014

Publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds
zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung
und der Ernst Göhner Stiftung, Zug

Verfasst von

Michael Albrecht (Trier), Martin Bondeli (Bern),
Jochen Bojanowski (Mannheim), Urs Boschung (Bern),
Ulrich Dierse (Bochum), Barbara Dölemeyer (Frankfurt am Main),
Manfred Durner (München), Armin Emmel (Mannheim), Hans Feger (Berlin),
Michael Franz (Schiffweiler), Ulrich Gaier (Konstanz),
Notker Hammerstein (Frankfurt am Main),
Dietmar H. Heidemann (Luxembourg), Judit Hell (Budapest),
Beatrix Himmelmann (Tromsø), Helmut Holzhey (Zürich),
Carl Henrik Koch (Hørsholm), Zbigniew Kuderowicz (Radom),
Henrik Lagerlund (London, Ontario), Alessandro Lazzari (Luzern),
Thomas Leinkauf (Münster), Ulrich G. Leinsle (Eichstätt),
Ferenc L. Lendvai (Budapest), Stefan Lorenz (Münster),
Hanspeter Marti (Engi), Stefan Metzger (Tuttlingen), Vilem Mudroch (Zürich),
Ulrich Muhlack (Frankfurt am Main), Martin Mulsov (Erfurt),
Erich Naab (Eichstätt), Stephan Nachtsheim (Aachen),
Jürgen Oelkers (Zürich), Konstantin Pollok (Columbia, SC),
Wolfgang Rapp (Berlin), Helmut Reinalter (Innsbruck),
Friedo Ricken (München), Daniela Rippl (München),
Wolfgang Rother (Zürich), Gerhard Schäfer †, Werner Schneiders (Münster),
Peter Schnyder (Neuchâtel), Winfried Schröder (Marburg),
Wolfgang M. Schröder (Tübingen), Christoph Schulte (Potsdam),
Martin Seils (Jena), Reinhart Siegert (Freiburg im Breisgau),
Christian Sinn (Konstanz), Jakub Sirovátka (Eichstätt),
Andreas Urs Sommer (Freiburg im Breisgau), Walter Sparr (Erlangen),
Ulrich Stadler (Zürich), Werner Stark (Marburg), Hubert Steinke (Bern),
Andres Straßberger (Leipzig), Robert Theis (Luxembourg),
Rüdiger Thiele (Halle), Daniel Tröhler (Luxembourg), Norbert Waszek (Paris),
Horst Weigelt (Bamberg), Falk Wunderlich (Berlin),
Temilo van Zantwijk (Jena), Kay Zenker (Münster),
Simone Zurbuchen (Lausanne).

Redaktion im Verlag: Wolfgang Rother und Barbara Handwerker Küchenhoff

Grundriss 18. Jahrhundert 5

© 2014 by Schwabe AG, Verlag, Basel
Gesamtherstellung: Schwabe AG, Druckerei, MuttENZ/Basel
Printed in Switzerland
ISBN 978-3-7965-2631-2

INHALT

ERSTER HALBBAND

Verzeichnis der Siglen	XIX
Vorwort (Helmut Holzhey und Vilem Mudroch)	XXI

ERSTER TEIL HEILIGES RÖMISCHES REICH DEUTSCHER NATION

ERSTES KAPITEL

DIE INSTITUTIONELLEN BEDINGUNGEN DER PHILOSOPHIE UND DIE FORMEN IHRER VERMITTLUNG	1
§ 1. Der Weg zur Aufklärung an den Universitäten und Hohen Schulen (Notker Hammerstein)	3
1. Die neuen Universitäten 3. – 2. Der Aufstieg der Philosophischen Fakultät und der Philosophie 7. – 3. Die Hohen Schulen 14.	
§ 2. Außeruniversitäre Institutionen und regionale Zentren der Aufklärung	15
1. Akademien, Reformgesellschaften, Geheimbünde und Salons (Helmut Reinalter) 15. – 2. Regionale Zentren der Aufklärung (Notker Hammerstein) 23.	
§ 3. Vermittlungsinstanzen des aufklärerischen Gedankenguts und seiner Kritik (Hanspeter Marti)	27
1. Medien der Wissensverbreitung 28. – 2. Zeitschriften 30. – 3. Zen- sur 34. – 4. Bibliotheken 37.	
§ 4. Sprachen, Übersetzungen, literarische Formen (Ulrich Gaier)	40
1. Latein und Deutsch 41. – 2. Übersetzungen aus Nationalsprachen 43. – 3. Literarische Formen der Philosophie 46. – 4. Philosophische Fiktion 50.	
Sekundärliteratur zum ersten Kapitel	52

ZWEITES KAPITEL

DER THOMASIANISMUS	61
Einleitung (Werner Schneiders)	63
§ 5. Der Thomasianismus in Halle	67
1. Nikolaus Hieronymus Gundling (Martin Mulsow) 67. – 2. Johann Gottlieb Heineccius (Kay Zenker) 71.	
§ 6. Der Thomasianismus in Jena	76
1. Johann Jakob Syrbius (Ulrich G. Leinsle) 76. – 2. Johann Georg Walch (Werner Schneiders) 79.	

§ 7. Der Thomasianismus in Leipzig	83
1. Andreas Rüdiger (Ulrich G. Leinsle) 83. – 2. August Friedrich Müller (Kay Zenker) 88. – 3. Adolph Friedrich Hoffmann (Robert Theis) 93.	
Sekundärliteratur zum zweiten Kapitel	99
 DRITTES KAPITEL	
CHRISTIAN WOLFF UND DER WOLFFIANISMUS	103
Einleitung (Michael Albrecht)	105
§ 8. Christian Wolff (Michael Albrecht)	109
§ 9. Der frühe Wolffianismus (Michael Albrecht)	158
1. Georg Bernhard Bilfinger 158. – 2. Ludwig Philipp Thümmig 161. – 3. Johann Christoph Gottsched 164. – 4. Johann Peter Reusch 172. – 5. Christoph Andreas Büttner 174. – 6. Johann Heinrich Winkler 176. – 7. Friedrich Christian Baumeister 178. – 8. Martin Knutzen 180.	
§ 10. Der mittlere Wolffianismus (Michael Albrecht)	184
1. Carl Günther Ludovici 184. – 2. Johann Friedrich Stiebritz 186. – 3. Joachim Georg Darjes 188. – 4. Alexander Gottlieb Baumgarten 192.	
§ 11. Der späte Wolffianismus (Michael Albrecht)	197
1. Georg Friedrich Meier 197. – 2. Johanne Charlotte Unzer und die wolffianische Frauenphilosophie 201. – 3. Weitere Autoren 203.	
§ 12. Distanznahmen gegenüber Wolff (Michael Albrecht)	206
1. Christian August Crusius 206. – 2. Weitere Autoren 212.	
Sekundärliteratur zum dritten Kapitel	218
 VIERTES KAPITEL	
ZENTREN, GESTALTEN UND STRÖMUNGEN DER AUFKLÄRUNGSPHILOSOPHIE IN DER ZWEITEN JAHRHUNDERTHÄLFTE	237
Einleitung (Helmut Holzhey)	239
§ 13. Göttinger Aufklärung	243
1. Samuel Christian Hollmann (Michael Albrecht) 243. – 2. Abraham Gotthelf Kästner (Michael Albrecht) 247. – 3. Johann Georg Heinrich Feder (Michael Albrecht) 249. – 4. Christoph Meiners (Michael Albrecht) 255. – 5. Michael Hißmann (Michael Albrecht) 260. – 6. Ludwig Timotheus Spittler (Michael Albrecht) 263. – 7. Georg Christoph Lichtenberg (Ulrich Dierse) 265.	
§ 14. Berliner Aufklärung (Ulrich Dierse)	276
1. Einleitung 276. – 2. Friedrich II. 278. – 3. Jean Henri Samuel Formey 285. – 4. Nicolas de Béguelin 289. – 5. André-Pierre Le Guay de Prémontval 291. – 6. Johann Georg Sulzer (Ulrich Dierse und Stephan Nachtsheim) 293. – 7. Johann Bernhard Merian 300. – 8. Louis de Beausobre 302. – 9. Friedrich Nicolai 304. – 10. Andreas Riem 307.	
§ 15. Hermann Samuel Reimarus (Winfried Schröder)	310

§ 16. Gotthold Ephraim Lessing (Walter Sparn und Stephan Nachtsheim)	319
§ 17. Deismus. Radikale Religionskritik (Martin Mulsow)	345
1. Einleitung 350. – 2. Christian Gabriel Fischer 356. – 3. Johann Christian Edelmann 358. – 4. Christlob Mylius und Carl August Gebhardi 359. – 5. Georg Schade 361. – 6. Johann Heinrich Schulz 362. – 7. Wilhelm Ludwig Wekhrlin 364. – 8. Karl Friedrich Bahrdt 364. – 9. Jakob Mauvillon 366. – Christian Ludwig Paalzow 367. – 11. Karl von Knoblauch 368.	
§ 18. Moses Mendelssohn und die Haskala. Die Stellungnahme Dohms (Christoph Schulte)	370
1. Einleitung: Die Haskala 372. – 2. Moses Mendelssohn 378. – 3. Marcus Herz 392. – 4. Isaac Abraham Euchel 394. – 5. Lazarus Bendavid (Christoph Schulte und Alessandro Lazzari) 396. – 6. Saul Ascher 398. – 7. Die Stellungnahme von Christian Conrad Wilhelm von Dohm 400.	
§ 19. Die Popularphilosophie (Norbert Waszek)	403
1. Einleitung 403. – 2. Christian Garve 406.	
§ 20. Die Volksaufklärung (Reinhart Siegert)	415
Sekundärliteratur zum vierten Kapitel	425
 FÜNFTES KAPITEL	
PHILOSOPHIE UND THEOLOGIE	449
Einleitung. Mit einem Überblick zur protestantischen Schulphilosophie im frühen 18. Jahrhundert (Walter Sparn)	451
§ 21. Protestantische wolffianische Theologie	457
1. Einleitung (Walter Sparn) 459. – 2. Johann Gustav Reinbeck (Andres Straßberger) 463. – 3. Israel Gottlieb Canz (Stefan Lorenz) 465. – 4. Jakob Carpov (Stefan Lorenz) 466. – 5. Johann Lorenz Schmidt (Andres Straßberger) 467. – 6. Siegmund Jakob Baumgarten (Walter Sparn) 469.	
§ 22. Die Neologie	474
1. Einleitung (Walter Sparn) 475. – 2. Johann Friedrich Wilhelm Jerusalem (Andreas Urs Sommer) 481. – 3. Johann Joachim Spalding (Walter Sparn) 483. – 4. Johann Salomo Semler (Walter Sparn) 485.	
§ 23. Philosophie und Theologie im katholischen Reich	488
1. Universitäten und Klöster (Notker Hammerstein) 488. – 2. Schul- und Ordensphilosophie im frühen 18. Jahrhundert (Erich Naab) 495. – 3. Katholische Denker unter dem Einfluss Wolffs (Jakub Siro- vátka) 501.	
Sekundärliteratur zum fünften Kapitel	512
 SECHSTES KAPITEL	
VOM PIETISMUS BIS ZUM PANTHEISMUSSTREIT	519
Einleitung (Helmut Holzhey)	521

§ 24. Der Pietismus (Walter Sparn und Gerhard Schäfer †)	524
1. Einleitung 525. – 2. Der hallesche Pietismus 529. – 3. Der württembergische Pietismus: Friedrich Christoph Oetinger 534.	
§ 25. Johann Georg Hamann (Martin Seils)	538
§ 26. Johann Gottfried Herder (Ulrich Gaier)	548
§ 27. Christliche Kritik an der Aufklärung (Horst Weigelt)	573
1. Johann Kaspar Lavater 573. – 2. Johann Heinrich Jung-Stilling 579.	
§ 28. Friedrich Heinrich Jacobi (Thomas Leinkauf)	584
§ 29. Der Pantheismusstreit (Thomas Leinkauf)	607
Sekundärliteratur zum sechsten Kapitel	619

SIEBTES KAPITEL

NATURRECHT, STAAT UND POLITIK VOR DER FRANZÖSISCHEN REVOLUTION . . .	633
Einleitung (Wolfgang Rother)	635
§ 30. Das protestantische Natur-, Staats- und Völkerrecht (Wolfgang Rother)	639
1. Daniel Nettelblatt 639. – 2. Gottfried Achenwall 642. – 3. Hermann Friedrich Kahrel 647.	
§ 31. Das Natur- und Staatsrecht der katholischen Aufklärung (Wolfgang Rother)	652
1. Johann Adam von Ickstatt 652. – 2. Karl Anton von Martini 655. – 3. Adam Weishaupt 661.	
§ 32. Konservatismus, Reformabsolutismus und Reichspatriotismus (Wolfgang Rother)	668
1. Justus Möser 668. – 2. Friedrich Carl von Moser 673. – 3. Thomas Abbt 677. – 4. Johann Georg Schlosser 680.	
§ 33. Polizei- und Kameralwissenschaften (Wolfgang Rother)	685
1. Johann Peter Süßmilch 685. – 2. Johann Heinrich Gottlob von Justi 688. – 3. Johann Friedrich von Pfeiffer 693. – 4. Johann August Schlettwein 698. – 5. Joseph von Sonnenfels 701.	
Sekundärliteratur zum siebten Kapitel	706

ACHTES KAPITEL

DER MENSCH: PHYSIOLOGIE, ANTHROPOLOGIE, PÄDAGOGIK, GESCHICHTSSCHREIBUNG	715
Einleitung (Vilem Mudroch)	717
§ 34. Physiologie (Hubert Steinke und Urs Boschung)	722
1. Einleitung 725. – 2. Georg Ernst Stahl und Friedrich Hoffmann 726. – 3. Albrecht von Haller 731. – 4. Theorien organischer Kräfte 736.	
§ 35. Anthropologie (Stefan Metzger und Wolfgang Rapp)	743
1. Johann Gottlob Krüger 746. – 2. Johann August Unter 749. – 3. Johann Georg Zimmermann 751. – 4. Karl Franz von Irwing 753. – 5. Melchior Adam Weikard 755. – 6. Johann Karl Wezel 756. – 7. Dieterich Tiedemann (Falk Wunderlich) 758. – 8. Karl Philipp Moritz 761.	

§ 36. Pädagogik (Jürgen Oelkers und Daniel Tröhler)	764
1. Die deutschsprachige Erziehungsreflexion im 18. Jahrhundert 767. – 2. Johann Bernhard Basedow und sein Umfeld 770. – 3. Das Revisionswerk und die «Gesellschaft praktischer Erzieher» 772. – 4. Die pädagogischen Schriftsteller 783. – 5. Der Einfluss der kanti- schen Vernunftkritik 788. – 6. Die Systematiker 793.	
§ 37. Geschichtsphilosophie und Geschichtsschreibung (Ulrich Muhlack)	796
1. Überblick 798. – 2. Johann Martin Chladenius 802. – 3. Jakob Wegelin 803. – 4. Johann Christoph Gatterer 805. – 5. Isaak Iselin 806.	
Sekundärliteratur zum achten Kapitel	809
 NEUNTES KAPITEL	
PHYSIK UND MATHEMATIK, CHEMIE	819
Einleitung (Konstantin Pollok)	821
§ 38. Physik und Mathematik	825
1. Einleitung (Konstantin Pollok) 825. – 2. Daniel Bernoulli (Rüdiger Thiele) 828. – 3. Leonhard Euler (Rüdiger Thiele) 834. – 4. Die Lehrer der Naturwissenschaften an den Universitäten (Konstantin Pollok) 847.	
§ 39. Chemie (Manfred Durner)	857
1. Einleitung 858. – 2. Phlogistik und Antiphlogistik 860. – 3. Atomis- mus und Dynamismus 863.	
Sekundärliteratur zum neunten Kapitel	866

ZWEITER HALBBAND

Verzeichnis der Siglen	XVII
ZEHNTES KAPITEL	
NEUE PHILOSOPHISCHE KONZEPTIONEN ZWISCHEN WOLFF UND KANT	873
Einleitung (Vilem Mudroch)	875
§ 40. Gottfried Ploucquet (Michael Franz)	878
§ 41. Johann Heinrich Lambert (Temilo van Zantwijk und Armin Emmel)	890
§ 42. Johann Nicolaus Tetens (Vilem Mudroch)	903
Sekundärliteratur zum zehnten Kapitel	920
ELFTES KAPITEL	
KANT UND KANTIANISMUS	923
§ 43. Immanuel Kant	925
Vorbemerkung	925
Primärliteratur (Vilem Mudroch und Werner Stark)	926
Leben (Vilem Mudroch)	934
Werke (Dietmar H. Heidemann, Beatrix Himmelmann, Helmut Holzhey, Vilem Mudroch, Friedo Ricken)	942
Lehre	978
I. Die vorkritische Philosophie und der Weg zur Kritik der Vernunft (Vilem Mudroch)	978
1. Die vorkritische Philosophie 978. – 2. Der Weg zur Kritik der Vernunft 983.	
II. Die kritische Philosophie	987
1. Theoretische Philosophie: a) Transzendentalphilosophie (Dietmar H. Heidemann) 987; b) Metaphysik der Naturwissenschaft (Vilem Mudroch) 1017. – 2. Praktische Philosophie: a) Moralphilosophie (Beatrix Himmelmann) 1021; b) Rechtsphilosophie (Wolfgang M. Schröder) 1032; c) Politische Philosophie (Wolfgang M. Schröder) 1036; d) Geschichtsphilosophie (Wolfgang M. Schröder) 1038; e) Religionsphilosophie (Friedo Ricken) 1040. – 3. Ästhetik und Teleo- logie (Beatrix Himmelmann) 1042. – 4. Anthropologie (Jochen Bojanowski) 1058.	
Wirkung (Helmut Holzhey und Vilem Mudroch)	1062
§ 44. Der Kantianismus (Martin Bondeli)	1075
§ 45. Anhänger Kants (Alessandro Lazzari)	1084
1. Johann Friedrich Schultz 1087. – 2. Ludwig Heinrich Jakob 1089. – 3. Johann Heinrich Tieftrunk 1092. – 4. Carl Christian Erhard Schmid 1095. – 5. Gottlob Benjamin Jäsche 1098. – 6. Karl Heinrich Heyden-	

reich 1100. – 7. Johann Christoph Hoffbauer 1103. – 8. Johann Gottfried Karl Christian Kiesewetter 1106.	
§ 46. Eklektische Kantrezeption in anthropologischer Perspektive (Vilem Mudroch)	1108
1. Ernst Platner 1109. – 2. Jakob Friedrich Abel 1115.	
§ 47. Gegner Kants	1121
1. Johann August Eberhard (Alessandro Lazzari) 1124. – 2. Johann Christoph Schwab (Alessandro Lazzari) 1130. – 3. Johann August Heinrich Ulrich (Alessandro Lazzari) 1132. – 4. Adam Weishaupt (Alessandro Lazzari) 1135. – 5. Christian Gottlieb Selle (Alessandro Lazzari) 1137. – 6. Johann Friedrich Flatt (Alessandro Lazzari) 1140. – 7. Johann Gebhard Ehrenreich Maaß (Alessandro Lazzari) 1143. – 8. Gottlob Ernst Schulze (Martin Bondeli) 1145.	
§ 48. Kantianische Systemansätze (Martin Bondeli)	1152
1. Karl Leonhard Reinhold 1152. – 2. Salomon Maimon 1174. – 3. Jakob Sigismund Beck 1183.	
Sekundärliteratur zum elften Kapitel	1190
ZWÖLFTES KAPITEL	
GESELLSCHAFT, STAAT UND ÖKONOMIE AM ENDE DES JAHRHUNDERTS	1223
Einleitung (Helmut Holzhey)	1225
§ 49. Die soziale und politische Stellung der Frau (Barbara Dölemeyer) . .	1227
1. Der «weibliche» Diskurs 1229. – 2. Der rechtliche Status der Frau 1231. – 3. Der «männliche» Diskurs 1231.	
§ 50. Sozialutopien (Helmut Reinalter)	1235
1. Einleitung 1235. – 2. Die Hauptvertreter 1238.	
§ 51. Auseinandersetzungen um die Französische Revolution (Helmut Reinalter)	1242
1. Revolutionsbewegungen und Revolutionsanhänger 1244. – 2. Konservative Kritik an der bürgerlichen Revolution 1255.	
§ 52. Natur- und Staatsrecht im Zeitalter der Revolution (Wolfgang Rother)	1260
1. Einleitung 1263. – 2. August Ludwig Schlözer 1266. – 3. Ernst Ferdinand Klein 1271. – 4. Georg Niklas Brehm 1275. – 5. Christian Ulrich Detlev Freiherr von Eggers 1276. – 6. Gottlieb Hufeland 1278. – 7. Gustav Hugo 1281. – 8. Günther Heinrich von Berg 1283. – 9. Johann Christian Gottlieb Schaumann 1286. – 10. Johann Adam Bergk 1291.	
§ 53. Politische Ökonomie (Wolfgang Rother)	1295
1. Einleitung 1296. – 2. Johann Adam Völlinger 1297. – 3. August Ferdinand Lueder 1299. – 4. Christian Daniel Voß 1302.	
Sekundärliteratur zum zwölften Kapitel	1306

DREIZEHNTES KAPITEL

THEORIEN DER KÜNSTE UND PHILOSOPHIE DER DICHTER	1313
§ 54. Einleitender geschichtlicher Überblick (Stephan Nachtsheim)	1315
§ 55. Christoph Martin Wieland (Christian Sinn)	1324
§ 56. Johann Joachim Winckelmann (Stephan Nachtsheim)	1330
§ 57. Karl Philipp Moritz (Stephan Nachtsheim)	1337
§ 58. Johann Wolfgang von Goethe (Ulrich Stadler)	1342
§ 59. Friedrich von Schiller (Hans Feger)	1356
Sekundärliteratur zum dreizehnten Kapitel	1368

VIERZEHNTE KAPITEL

DIE ANFÄNGE DES SPEKULATIVEN IDEALISMUS	1375
Einleitung (Helmut Holzhey)	1377
§ 60. Der Übergang zur nachkantischen Systemphilosophie (Martin Bondeli)	1379
§ 61. Philosophie und Poesie	1395
1. Einleitung (Ulrich Gaier) 1395. – 2. Friedrich Schlegel (Peter Schnyder) 1399. – 3. Novalis (Ulrich Stadler) 1406. – 4. Friedrich Hölderlin (Ulrich Gaier) 1412.	
Sekundärliteratur zum vierzehnten Kapitel	1419

FÜNFZEHNTE KAPITEL

LITTERÄR- UND PHILOSOPHIEGESCHICHTSSCHREIBUNG	1423
§ 62. Litterärsgeschichte (historia litteraria) (Hanspeter Marti)	1425
§ 63. Philosophiegeschichtsschreibung im 18. Jahrhundert (Helmut Holzhey)	1430
1. Thomasianismus 1432. – 2. Johann Jakob Brucker 1434. – 3. Von Meiners zu Tiedemann 1436. – 4. Kantianische Philosophiegeschichts- schreibung 1438.	
Sekundärliteratur zum fünfzehnten Kapitel	1442

ZWEITER TEIL

SCHWEIZ, NORD- UND OSTEUROPA

SECHZEHNTE KAPITEL

SCHWEIZ	1445
Einleitung (Simone Zurbuchen)	1447
§ 64. Die Universität Basel und die Hohen Schulen. Die Sozietäten	1449
1. Die Philosophie an der Universität Basel und an den Hohen Schulen (Wolfgang Rother) 1449. – 2. Die Sozietäten (Simone Zur- buchen) 1455.	
§ 65. Aufklärung in der Schweiz (Simone Zurbuchen)	1461
1. Der Republikanismus 1461. – 2. Theologie und Religion in den protestantischen Orten 1472. – 3. Religion und Aufklärung in den	

katholischen Orten 1475. – 4. Naturphilosophie und Naturgeschichte – die Erforschung der Alpen 1477.	
Sekundärliteratur zum sechzehnten Kapitel	1481
SIEBZEHNTE KAPITEL	
SKANDINAVIEN	1487
§ 66. Schweden (Henrik Lagerlund)	1489
1. Einleitung 1490. – 2. Andreas Rydelius 1491. – 3. Der Wolffianismus und seine Gegner 1494. – 4. Die Aufklärung 1497. – 5. Daniel Boëthius 1499. – 6. Thomas Thorild 1501. – 7. Carl Gustaf af Leopold 1503.	
§ 67. Dänemark und Norwegen (Carl Henrik Koch)	1507
1. Einleitung 1509. – 2. Schulphilosophie 1510. – 3. Einflüsse der deutschen Aufklärungsphilosophie 1511. – 4. Tyge Rothe und der Einfluss der französischen Aufklärungsphilosophie 1516. – 5. Einflüsse der britischen Aufklärungsphilosophie 1518. – 6. Die Auseinandersetzungen um Kant 1523.	
Sekundärliteratur zum siebzehnten Kapitel	1528
ACHTZEHNTE KAPITEL	
POLEN	1531
Einleitung (Zbigniew Kuderowicz)	1533
§ 68. Die Philosophie in der «Sachsenzeit» (Zbigniew Kuderowicz)	1538
1. Die Schulphilosophie der Jesuiten 1542. – 2. Die protestantische Schulphilosophie 1548. – 3. Stanisław Leszczyński 1553. – 4. Die eklektische Philosophie in der Mitte des Jahrhunderts 1556.	
§ 69. Die Philosophie im letzten Drittel des 18. Jahrhunderts (Zbigniew Kuderowicz)	1563
1. Die Wissenschaftsphilosophie 1566. – 2. Die Physiokratie 1571. – 3. Hugo Kołłątaj 1576. – 4. Stanisław Staszic 1580.	
Sekundärliteratur zum achtzehnten Kapitel	1584
NEUNZEHNTE KAPITEL	
KÖNIGREICH UNGARN	1589
Einleitung (Ferenc L. Lendvai)	1591
§ 70. Die eklektische Schulphilosophie (Judit Hell)	1593
1. Die Jesuiten 1595. – 2. Die Piaristen 1598. – 3. Die Protestanten 1600.	
§ 71. Die Aufklärung (Ferenc L. Lendvai)	1602
1. Der Einfluss der französischen Aufklärung 1605. – 2. Der Einfluss Kants 1609.	
Sekundärliteratur zum neunzehnten Kapitel	1614

ZWANZIGSTES KAPITEL

RUSSLAND	1619
Einleitung (Vilem Mudroch)	1621
§ 72. Lomonossow und weitere philosophische Denker (Daniela Rippl) ...	1624
1. Michail Wassiljewitsch Lomonossow 1626. – 2. Grigori Sawwitsch Skoworoda 1631. – 3. Alexander Nikolaewitsch Radischtschew 1637. – 4. Weitere Autoren 1639.	
Sekundärliteratur zum zwanzigsten Kapitel	1644
SACHREGISTER	1647
PERSONENREGISTER	1655

§ 38. Physik und Mathematik

1. Einleitung. – 2. Daniel Bernoulli. – 3. Leonhard Euler. – 4. Die Lehrer der Naturwissenschaften an den Universitäten.

1. EINLEITUNG

Konstantin Pollok

Im deutschen Sprachraum besaß die Physik des 18. Jahrhunderts noch keine fest umrissene, einheitliche Gestalt. Was ihr heute zugerechnet wird, gehörte teilweise noch zur Mathematik, beispielsweise die gesamte Mechanik. Umgekehrt wurden Wissenschaften innerhalb der Physik oder Naturlehre behandelt, die heute als Chemie oder Biologie selbständige Disziplinen mit weiteren Unterdisziplinen bilden. Es charakterisiert die Naturwissenschaft der Aufklärungszeit in Deutschland, dass sich ihre Disziplinen neu gegeneinander abgrenzten und zu neuen Formationen ordneten.

Die Geschichte der Physik in diesem Zeitraum ist die Summe der Geschichten von heterogenen Subdisziplinen, die voneinander unabhängige Dynamiken entwickelten. Das unterscheidende Merkmal der insgesamt durch Mittelmäßigkeit gekennzeichneten Epoche muss im Wechsel der Zielsetzung und der Methoden gesucht werden: Charakteristisch sind nicht neue große Theorien, sondern ein Prozess der Begriffsklärung, der schließlich zu einer völlig veränderten Konstellation von Einzelwissenschaften führt (vgl. Heilbron 1980 [*29: 357-387]).

In Deutschland ist auffällig, dass man sich in erster Linie an den Entdeckungen der Wissenschaftler des 17. Jahrhunderts abarbeitete. Johann Christoph Gottsched übersetzte noch 1747 Petrus van Musschenbroeks *«Elementa physicae»* (1734), eines der einflussreichsten Lehrbücher der Newton'schen Physik, in dem Bewusstsein, dem deutschen Publikum damit etwas gänzlich Unbekanntes zu erschließen (vgl. Kleinert 1980 [*264: 99-100]). Mehr oder weniger im Zuge des Cartesianismus (dessen strenge Variante jedoch aufgrund ihrer vermeintlichen Affinität zum Atheismus in Deutschland nie richtig Fuß fassen konnte), Wolffianismus, Newtonianismus oder – am häufigsten – eines Eklektizismus fasste man in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts die Erkenntnisse der «neuen» Mechanik zusammen und machte sie auch für die Physik nutzbar, wobei der für die mathematische und experimentelle Mechanik erforderliche Instrumentenbau (Waagen, Luftpumpen, Messinstrumente usw.) eine bislang unbekannte Blüte erlebte. Die Leistung der Naturphilosophen bzw. Naturwissenschaftler der Aufklärungszeit bestand demnach nicht zuletzt darin, die «neue Physik» in mehr oder weniger standardisierte Lehrstoffe zu transformieren und sie so einem breiten akademischen Publikum zu erschließen. Die Entwicklung lässt sich mit dem Verweis auf

den Differenzierungsprozess von naturwissenschaftlichen Einzeldisziplinen zur Ausbildung einer «deutschen Physik» (Clark 1997 [*43: 220]), die als Einheit noch nicht existierte, angemessener fassen als mit der Rede von einer «Krise der Naturlehre am Ende des 18. Jahrhunderts» (Frercks 2004 [*51: 31]).

Um 1700 begann die an den deutschen Universitäten gelehrte Physik mit ihrer qualitativen Ausrichtung und ihrer Fundierung in allgemeingültigen Prinzipien eines philosophischen Systems langsam an Einfluss zu verlieren. Außerdem wurden künstliche Experimente immer weniger als verbotene Eingriffe in die göttliche Schöpfungsordnung angesehen, sondern zunehmend als erkenntnisrelevant begriffen, wobei sie zunächst «nur zur Erläuterung der schon erkannten Wahrheiten, welche die Wirkungen wohl bestärcken», dienen sollten, nicht jedoch dem Entdecken der Ursachen (Johann Georg Walch: Philosophisches Lexicon, ²1733, 866). Die wenig später ebenfalls überwundene physikotheologische Physik enthielt bereits den Keim zur nachfolgenden Mathematisierung, wie Christoph Semler erkennen lässt: «die Erde und die Länder derselben mathematice, politice, physice und theologicie verstehen, sind Real-Wissenschaften, welche zur Erkenntnis der Allmacht, Weißheit und Güte Gottes ein großes beytragen Alle diese Doctrinen sollen ... auf eine, Gott dem Herrn geheiligte Art, durch Modelle, Symbola und Emblemata, auch Exempla varia, aus der Mathesi Physica und Mechanica oculariter und praesenter exhibita, vorgestellt werden» (Globi coelestes und terrestres, in: Wöchentliche Hallische Anzeigen, Nr. XI (1736) 164-167; Collegium Cosmographicum, in: *ibid.*, Nr. XLIX (1736) 780-784; zit. nach Kaiser 1977 [*215: 61]). Im Laufe des 18. Jahrhunderts erfolgte schließlich eine sukzessive Abwendung von der «dogmatischen», d.h. theoretischen Physik mit ihrer «demonstrativen», d.h. synthetisch-deduktiven Lehrart, nicht zuletzt, weil die mittlerweile weit hin akzeptierte Kontinuumsmechanik immense Schwierigkeiten hinsichtlich ihrer quantitativen Beschreibung in sich barg; Gewicht wurde immer mehr auf experimentell abgesichertes Wissen gelegt.

Die Mathematisierung vollzog sich neben oder besser: mit dem steigenden Einsatz des Experiments. Wurde in der ersten Jahrhunderthälfte im Ausgang von Christian Wolff unter der «mathematischen Methode» noch die Lehrart verstanden, «da man alles richtig erkläret, alles gehörig erweist, und alle Erklärungen sowol als Sätze so mit einander verknüpffet, wie eines das andere erkläret und erweist» (Zedler: Universal-Lexikon, XIX, 1739, 2054), so führte die aufblühende Experimentalphysik zu einer verstärkten Anwendung der Mathematik in der Theoriebildung. Damit ging jedoch auch eine Entkoppelung wissenschaftlicher Forschung und Lehre einher, denn das universitäre Publikum verlangte mehr nach spektakulären Experimenten, mit denen wissenschaftliche Erkenntnisse zu beweisen waren, und leichten Erklärungen als nach mathematischen Analysen. «So nimmt es nicht Wunder, dass während des 18. Jahrhunderts weniger physikalische Kenntnisse als der private Besitz des entsprechenden Handwerkszeugs den Ausschlag für die Berufung auf eine Professur für Physik ... geben konnte» (Krafft 1982 [*30: 86]). Es ist keineswegs kühn zu behaupten, dass Newtons «Principia» im 18. Jahrhundert mehr gelobt als gelesen wurden (Lind 1992 [*39: 146-148, 188-189]). Dennoch erhielt gegen Ende des 18. Jahrhunderts eine mathematisierte

Physik auch in der Universitätslehre ein größeres Gewicht, sodass – nachdem auch Elektrizitätslehre, Magnetismus und Wärmelehre in Teilen eine mathematische Behandlung erfahren hatten – ab etwa 1820 zwischen theoretischer und experimenteller Physik unterschieden wurde und der Begriff «angewandte Mathematik» seine Bedeutung verlor (Lind 1992 [*39: 30]). Unter den Kompendien zur Naturlehre und angewandten Mathematik sind demnach insbesondere diejenigen hervorzuheben, deren Autoren imstande waren, die mathematischen Analysen der großen Naturwissenschaftler einerseits zu begreifen und fortzuführen, andererseits aber auch verständlich darzustellen. Trotz zeitgenössischer Klagen über das mathematische Niveau darf zudem nicht vergessen werden, dass es auch im 18. Jahrhundert hervorragende Mathematiker wie Euler gab, und 1799 Carl Friedrich Gauß (1777-1855) an der Universität Helmstedt mit einer Dissertation über den Fundamentalsatz der Algebra (Jede algebraische Gleichung n -ten Grades besitzt genau n Lösungen) promoviert wurde; seine «Disquisitiones arithmeticae» (1801) gelten als das Grundbuch der modernen Zahlentheorie.

Die Mathematik in ihrer Standardsystematik (vgl. Zedler: Universal-Lexikon, XIX, 1739, 2046-2052) wurde zunächst von der Physik unterschieden; die Differenzierung zwischen Naturlehre (*physica*) auf der einen Seite, Mathematik (*mathesis pura / simplex / abstracta* bzw. *mathesis impura / mixta / applicata*) auf der anderen hielt sich im Großen und Ganzen als gängige Praxis bei den meisten Autoren und an den meisten Universitäten das ganze Jahrhundert hindurch und blieb bei der Ausschreibung der Professuren relevant. Allerdings hob die Entwicklung der Wissenschaften diese Trennung im Laufe des 18. Jahrhunderts gleichsam von innen her sukzessive auf (Krafft 1978 [*27]). Um 1800 galt nicht mehr, was Walch betont hatte: «Ein Mathematicus betrachtet die Quantität; ein Physicus aber die Qualität eines Körpers und also macht der Unterscheid des Objecti eine gar große Differenz der Physic und Mathesis» (Philosophisches Lexicon, ²1733, 1750). Zugunsten experimentell gestützter und mathematisch verfasster Beschreibungen verloren qualitative Erklärungen zunehmend an Bedeutung. Daraus resultierte erstens die Übernahme vormals mathematischer Themen in die Physik – verbunden mit einem von der nicht-medizinischen Seite der Akademien unterstützten Wechsel der Physik von der medizinischen zur philosophischen Fakultät an deutschen Universitäten (Stichweh 1984 [*31: 318-334]), zweitens die Verselbständigung der reinen Mathematik und drittens die Entstehung eigenständiger naturwissenschaftlicher Disziplinen. Die Physik war fortan nicht mehr nur «eine Lehre der Wahrscheinlichkeit», wie Walch (Philosophisches Lexicon, ²1733, 2004) es in Anlehnung an Andreas Rüdigers «*Physica divina*» (1716) formulierte. Richtungsweisender wurde Wolffs (cartesiansche) Forderung nach «völliger Gewißheit in der Physik» (Anfangs-Gründe aller mathematischen Wissenschaften, ²1750, Vorrede), wobei die Festlegung auf Syllogistik zugunsten quantitativer Forschung mehr und mehr in den Hintergrund rückte. «Völlige Gewißheit» war auch nicht länger auf einen «allgemeinen Teil» der Physik beschränkt, in welchem, wie Johann Karl Fischer es im Anschluss an Kant (AA, IV 470) formulierte, «nothwendig Mathematik angewandt werden müsse» (Geschichte der Physik, VI, 1805, 5). Vielmehr wurde nun auch das experimentell gewonnene Wissen mathematisch beschrieben und damit zur Gewissheit erhoben.

2. DANIEL BERNOULLI

Rüdiger Thiele

 Primärliteratur. – Leben. – Werk, Lehre und Wirkung.

PRIMÄRLITERATUR

Von den 83 publizierten und weiteren ungedruckten Arbeiten werden nur die wichtigsten naturphilosophischen und mathematischen Schriften aufgeführt. *Bibliographie*: Werke [*25: I 495-501].

- 1 Dissertatio inauguralis physico-medica de respiratione (Basel [1721]). – Werke [*25: I 61-83].
- 2 Positiones miscellaneae medico-anatomica-botanicae (Basel [1721]). – Werke [*25: I 85-91].
- 3 Theses logicae sistentes methodum examinandi syllogismorum validitatem (Basel [1722]). – Werke [*25: I 257-264].
- 4 Exercitationes quaedam mathematicae (Venezia 1724) 90. – Werke [*25: I 297-362].
- 5 Discours sur la manière la plus parfaite de conserver sur mer l'égalité du mouvement des clepsidres ou sabliers, in: Pièces qui ont remporté le prix de l'Académie Royale des Sciences, 1725 (Paris 1725) 3-21. – Werke [*25: VII 221-239].
- 6 Examen principiorum mechanicae, et demonstrationes geometricae de compositione et resolutione virium, in: Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, I, 1726 (1728) 126-142. – Werke [*25: III 119-135].
- 7 Tentamen novae de motu musculorum theoriae, in: Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, I, 1726 (1728) 297-313. – Werke [*25: I 92-103].
- 8 De mutua relatione centri virium, centri oscillationis et centri gravitatis demonstrationes geometricae, in: Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, II, 1727 (1729) 208-216. – Werke [*25: III 136-144].
- 9 Methodus universalis determinandae curvaturae filii, in: Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, III, 1728 (1732) 62-69.
- 10 Specimen theoriae novae de mensura sortis, in: Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, V, 1730/31 (1738) 175-192. – Werke [*25: II 223-234]. – Dt. von Alfred Pringsheim: Die Grundlage der modernen Wertlehre. Daniel Bernoulli (Leipzig 1896) 21-60.
- 11 Theoremata de oscillationibus corporum filo flexili connexorum et catenae verticaliter suspensae, in: Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, VI, 1732-1733 (1739) 108-122.
- 12 Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii (Basel 1738). – Werke [*25: vol. IV-V]. – Dt. von Karl Flierl: Hydrodynamik (München 1965) X, 295, 140. – Engl. von Thomas Carmody, Helmut Kobus: Hydrodynamics (New York 1968) XV, 456.
- 13 De vibrationibus et sono laminarum elasticarum commentationes physico-geometricae, in: Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, XIII, 1741-1743 (1751) 105-120.
- 14 Nouveaux principes de mécanique et de physique, in: Pièces qui ont remporté le prix de l'Académie Royale des Sciences, 1744-1746 (Paris 1748) 117-144. – Werke [*25: VII 113-135]. – Mitverfasser: Johann II. Bernoulli.
- 15 Remarques sur le principe de la conservation des forces vives pris dans un sens général, in: Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Berlin avec les Mémoires, 1748 (1750) 356-364. – Werke [*25: III 197-206]. – Dt. von Arthur von Oettingen in: Philip E. B. Jourdain (Hg.): Abhandlungen über jene Grundsätze der Mechanik ... (Leipzig 1914) 65-75.
- 16 Réflexions et éclaircissemens sur les nouvelles vibrations des cordes, in: Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Berlin avec les Mémoires, 1753 (1755) 147-172.
- 17 Essai d'une nouvelle analyse de la mortalité causée par la petite vérole, & des avantages

- de l'inoculation pour la prévenir, in: Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, 1760 (Paris 1766) 1-45. – Werke [*25: II 235-267].
- 18 Mémoire, sur les vibrations des cordes d'une épaisseur inégale, in: Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Berlin avec les Mémoires, 1765 (1767) 281-306.
- 19 De usu algorithmi infinitesimalis in arte conjectandi specimen, in: Novi commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, XII, 1766-1767 (1768) 87-98. – Werke [*25: II 276-287].
- 20 Diudicatio maxime probabilis plurium observationum discrepantium atque verisimillima inductio inde formanda, in: Acta Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, 1777 (1778) 3-23. – Werke [*25: II 361-375].
- Gesamtausgabe*
- 25 Die Werke, I-VIII (Basel 1982ff.). – I: Medizin und Physiologie, Mathematische Jugend-
- schriften, Positionsastonomie, hg. von Volker Zimmermann et al. (1996) XXIV, 501; II: Analysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung, hg. von Louis P. Bouckaert, Bartel L. van der Waerden (1982) 403; III: Mechanik, hg. von David Speiser et al. (1987) XXVII, 457; IV: Hydrodynamik I, in Vorbereitung; V: Hydrodynamik II, hg. von Gleb K. Mikhailov (2002) XXVII, 729; VI: Elastizität, in Vorbereitung; VII: Magnetismus, Technologie I, hg. von Patricia Radelet-de Grave et al. (1994) XX, 337; VIII: Technologie II, hg. von Frans A. Cerelus (2004) XX, 360.
- Briefwechsel*
- 27 Correspondance mathématique et physique de quelques célèbres géomètres du XVIIIème siècle, précédée d'une notice sur les travaux de Léonard Euler, éd. Paul Henri Fuss, I-II (St. Pétersbourg 1843) CXXI, 673; XXIII, 713. – Nachdruck: New York 1968.

LEBEN

Daniel Bernoulli wurde am 8. Februar (29. Januar alten Stils) 1700 in Groningen als zweiter Sohn von Johann I. Bernoulli geboren, der seinerzeit Professor der Mathematik an der dortigen Universität war. Die Familie kehrte 1705 nach Basel zurück, wo dem Vater ein Lehrstuhl für Griechisch angeboten worden war, er aber aufgrund des Todes seines Bruders Jakob (1705) dessen Nachfolger als Professor der Mathematik wurde. Johann I. bereitete seinem Sohn Daniel die gleichen Schwierigkeiten, die er selbst gegenüber seinem Vater früher zu überwinden gehabt hatte, um Mathematiker zu werden, mehr noch: zwischen Vater und Sohn bestanden zeitlebens Spannungen. Allerdings wiederholte sich in der jüngeren Generation zwischen den Brüdern Daniel und Johann II. das Zerwürfnis nicht, das zwischen Johann I. und Jakob bestanden hatte; im Gegenteil, die Brüder Daniel und Johann II. waren einander sehr zugetan. Daniel begann auf Geheiß des Vaters eine Handelslehre, dann 1716 das Medizinstudium in Basel, das er 1718 in Heidelberg und 1719 in Strassburg fortsetzte. 1720 nach Basel zurückgekehrt, erlangte er dort 1721 die Doktorwürde mit einer Dissertation «De respiratione» [*1], in der er die Atmung und ihre Funktion im Körper more geometrico behandelte. Nachdem er seit 1711 von seinem Bruder Jakob in Mathematik unterwiesen worden war, hörte er 1721-1723 Mathematikvorlesungen bei seinem Vater.

Bewerbungen in Basel um eine freie Anatomie- und Logikprofessur (Theses logicae sistentes methodum examinandi syllogismorum validitatem [*3]) scheiterten. 1723 reiste er nach Venedig, um bei dem Arzt Pietro Antonio Michelotti zu arbeiten, der auch ein guter Mathematiker war. 1724 wurde er Mitglied der Akademie von Bologna, später auch u.a. der Akademien von St. Petersburg (1730),

Berlin (1747), Paris (1748 als Nachfolger des Vaters), London (1750). Auf ein Angebot der neu gegründeten russischen Akademie hin reiste er zusammen mit seinem Bruder Nikolaus 1725 nach St. Petersburg, wo er zunächst als Professor der Physiologie, dann der Mathematik lehrte.

Die Petersburger Jahre (1725-1733) waren Bernoullis kreativste Periode. Sowohl das raue Klima als auch die Querelen an der Akademie ließen ihn jedoch beizeiten die Rückkehr nach Basel betreiben. Auf der Rückreise über Holland und Paris erfuhr er, dass seine Bewerbung um eine Professur für Anatomie und Botanik an der Medizinischen Fakultät in Basel erfolgreich war; 1743 wechselte er auf die Professur für Anatomie und Physiologie. Auf diesen Stellen verwendete er sein mathematisches Wissen für die Medizin, was sich in seinen noch heute beachteten physiologischen Ansichten über den Blutkreislauf oder die Leistung des Herzens zeigt. 1738 erschien sein mathematisches Hauptwerk, die *Hydrodynamica* [*12], das bereits in St. Petersburg konzipiert worden war. 1750 erhielt er den frei gewordenen Lehrstuhl für Physik unter Wahrung seiner Rechte an der Medizinischen Fakultät. In dieser Stellung hielt er außerordentlich erfolgreiche Experimentalvorlesungen. Im Alter ließ er sich auf dem Lehrstuhl von seinen Nefen vertreten, seit 1776 von Daniel II. und ab 1780 von Jakob II. Er starb am 17. März 1782 in Basel.

WERK, LEHRE, WIRKUNG

Obwohl Bernoulli die cartesische Auffassung teilte, das Naturgeschehen mathematisch-geometrisch beschreiben zu können, vertraute er einer formal-logischen Ableitung nur dann, wenn sie sich experimentell bestätigen ließ. Mit dieser Haltung unterschied er sich von zeitgenössischen Mathematikern wie Euler oder d'Alembert, die in rein mathematische Analysen weit mehr Vertrauen setzten. Gerade diese Differenzen rechtfertigen es, ihn als einen wichtigen Wegbereiter der mathematischen Physik zu betrachten. Mechanik beinhaltete für ihn mehr als eine rein mathematische Beschreibung der einschlägigen Sachverhalte durch Formeln. Als Euler Johann Bernoulli geschrieben hatte, der Zweck seines *Tentamen novae theoriae musicae* [*43] sei es, «die Musik als Teil der Mathematik auszuführen» [*77: IVA/2 263. 268], hielt ihm Daniel skeptisch entgegen, er habe sich vorgenommen, «einen flügel ... auf dero [Eulers] vorgeschriebene manier zu stimmen», um die Rechnungen mit der Realität vergleichen zu können [*27: II 467]. Euler gegenüber äußerte er sich auch höchst kritisch über d'Alembert, den er zu einem «großen mathematicus in abstractis» erklärte (II 649-650), der in «mathesi applicata über die Maaßen schwach» sei (II 603, vgl. 621. 646). Ja, er schrieb an Euler sogar, dass «es oft besser [wäre] für die realem physicam, wenn keine Mathematik auf der Welt wäre» (II 650).

Die experimentelle Verankerung der Theorie führte Bernoulli jedoch nicht zum Empirismus. In seinen Arbeiten untersucht er vielmehr systematisch physikalische Sachverhalte unter Einbezug mathematisch formulierter Erfahrungssätze und möglichst einfacher und einheitlicher Grundsätze. Die Frage, wo und wie eine

Grenze zwischen Metaphysik, Mathematik (Ideenwissenschaft) und Physik (Erfahrungswissenschaft) zu ziehen sei, erörtert er ausführlich im Briefwechsel mit Euler (II 409-658). Er betont dabei die Bedeutung mathematischer Prinzipien: «Man kann [hierfür] die *principia maximorum und minimorum* [Variationsrechnung] nicht genugsam ausforschen» (II 513). Als den allernützlichsten Teil der praktischen Mechanik bezeichnet er ein Vorgehen, bei dem man «die *principia mechanica machinorum ... per experimenta* untersuchen und alle *maxima et minima* darnach ausrechnen» könne (II 595). Die Wichtigkeit, die er der theoretischen Begründung neben der experimentellen Absicherung beimaß, kommt am deutlichsten im «*Examen principiorum mechanicae*» zum Ausdruck, wo er zwischen logisch notwendigen Wahrheiten (*necessario vera*), wie es die Sätze der Mathematik sind, und faktisch wahren Erkenntnissen (*contingenter vera*) in physikalischen Aussagen unterscheidet [*6: 126; *25: III 119]. Der erste Teil der Arbeit legt dar, dass Newtons zweites Bewegungsgesetz eine faktische Wahrheit ist, während im zweiten Teil versucht wird, das physikalische Gesetz vom Kräfteparallelogramm mathematisch zu beweisen. Bernoullis Ansichten über die Nützlichkeit der Mathematik treten auch bei seiner Einschätzung von Leibniz und Newton zu Tage. Er dehnt Leibniz' Kalkül auf Flüssigkeiten und Gase aus, steht dabei jedoch ganz auf dem Boden der Newton'schen Physik; er bezeichnet sich unumwunden als «ein Anbeter des großen Newton» [*27: II 593], und es gehört zu seinen Leistungen, zum Durchbruch von dessen Physik auf dem Kontinent beigetragen zu haben.

Auch bezüglich der Interaktionen von Körpern und der Existenz von Kräften vermeidet er aprioristische bzw. realistische Positionen. Newtons Gravitationstheorie wurde in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts zwar als geeignetes Modell zur mathematischen Berechnung der Bahnen von Himmelskörpern akzeptiert, jedoch erschien die Attraktion als Fernwirkungskraft physikalisch schwer begreiflich, sodass man sich mit der cartesischen Wirbeltheorie eher auf die scheinbar offensichtlichere Nahwirkung stützte. Auch Euler versuchte, die Ursachen der Gravitation durch modifizierte cartesische Prinzipien zu erklären, Bernoulli jedoch bekennt sich auch in diesem Punkt als «ein völliger Newtonianer» (550). Zur Begründung führt er an, dass Gott auch «eine *attractionem universalem materiae*» hätte «*imprimiren*» können (551), stellt also die theologische Rechtfertigung des Cartesianismus in Frage (vgl. 558). Zugunsten der Gravitation argumentiert er, dass ohne sie das Universum expandieren müsse, und er skizziert diesen Gedanken anhand eines unendlichen Vakuums, das nur eine attraktionslose Welt enthält (557-558). Er erwägt die Möglichkeit, dass wir überhaupt keine physikalischen Eigenschaften erkennen, sondern nur Verhältnisse von Erscheinungen: «Vielleicht ist in *rerum natura* keine *inertia* [Trägheit], keine *attractio* und überhaupt keine *pressio*, sondern Etwas, was wir uns angewöhnt haben zu *consideriren* als *pressionem divisam per inertiam*. ... Dessen ungeachtet aber könnten wir bei unseren chimärischen Ideen *pressionis et inertiae* bleiben *sine error*, weil wir niemals [die] eine oder andere *consideriren*, sondern nur derselben *mutuam relationem*» (563-564). Ebenso sei die Existenz des unveränderlichen Willens Gottes vielleicht bloße Unterstellung, man müsse auch eine Änderung des Willens in Betracht ziehen (563). Offensichtlich ist Bernoulli der Auffassung, dass die Welt durch ein Gleich-

gewicht der Expansionsbestrebungen der Materie und der gegenseitigen Massenanziehung bestehe (558).

Unter den zahlreichen physikalischen Beiträgen Bernoullis ragen diejenigen zu Elastizität und Hydrodynamik heraus. Er behandelt im *«Methodus universalis determinandae curvaturae filii»* [*9] die Gestalt einer elastischen Linie, auf die gegebene Kräfte wirken, und bewältigt damit das Problem von Kurven wie *Velaria* und *Lintearia* (Segelkurven) oder *Catenaria* (Kettenlinie), die in den 1690er Jahren insbesondere von Leibniz und Jakob und Johann Bernoulli intensiv studiert worden waren, ebenso das Problem eines auf einer Seite eingespannten elastischen Bandes. In den *«Theoremata de oscillationibus corporum»* [*11] untersucht er schwingende Systeme mit mehreren Freiheitsgraden, deren Punkte gleichzeitig die Gleichgewichtslagen passieren. Sein in den *«Réflexions et éclaircissemens sur les nouvelles vibrations»* [*16] ausgearbeiteter, die ganze mathematische Physik revolutionierender Gedanke geht von der Überlagerung (Superposition) einzelner Schwingungen aus. Die Idee einer Überlagerung wurzelt in physikalischen und nicht in mathematischen Einsichten, nämlich in den von der Musiktheorie behandelten Schwingungen der Obertonreihe. Die entsprechende mathematische Untersuchung läuft auf eine sogenannte harmonische Analyse (Frequenzanalyse) hinaus. Eine Saite schwingt also gleichzeitig in mehreren wohldefinierten Frequenzen, die den entsprechenden Obertönen des Grundtones der Saite entsprechen. Die geometrische Gestalt der Saite ergibt sich in jedem Augenblick durch Überlagerung (Summation) aller momentanen Auslenkungen, die jeder einzelne Oberton bewirkt. Der analytische Ausdruck für die Superposition der Grundschwingungen (Eigenfunktionen), die entsprechende Reihe aus trigonometrischen Funktionen, erscheint in der Arbeit für den Fall verschwindender Anfangsgeschwindigkeiten der ausgelenkten Saite. – Diese physikalischen Vorstellungen hatten nachhaltigen Einfluss auf den Funktionsbegriff. Der von Euler entwickelte analytische Ausdruck für eine Funktion, der mit unendlichen Potenzreihen (auch mit negativen und rationalen Exponenten) den algebraischen Begriff des (endlichen) Polynoms verallgemeinert, erfuhr hierdurch eine natürliche Erweiterung auf unendliche Reihen aus transzendenten trigonometrischen Funktionen (Cantor 1898 [*4: 874-878]).

Die später zusammen mit Euler in Angriff genommene Thematik der Bewegung und Deformation von Festkörpern dehnte Bernoulli in seiner *«Hydrodynamica»* [*12] auf Flüssigkeiten und Gase aus. Die Bewegungen von Flüssigkeiten und Gasen, insbesondere Wasser und Luft, sowie die entsprechenden Wirkungen solcher Bewegungen waren zu Beginn des 18. Jahrhunderts noch weitgehend unklar. 1727 gelang ihm der mathematische Durchbruch, den er experimentell überprüfen konnte (Wolf 1860 [*102: 173]). Auch in der *«Hydrodynamica»* werden viele theoretische Resultate durch Experimente gerechtfertigt. Bernoulli geht von dem Grundsatz aus, dass für Flüssigkeiten zwischen dem tatsächlichen Absteigen (*descensus actualis* oder kinetischer Energie) und dem möglichen Aufsteigen (*ascensus potentialis* oder potentieller Energie) Gleichheit besteht, d.h. er setzt die Erhaltung der lebendigen Kräfte für die Hydrodynamik voraus (cap. 1, § 18). Dieser Erhaltungssatz, der Huygens'sche Gedanken verwendet, wird – modern gesprochen – axiomatisch eingeführt. – Weiter arbeitet er an einer «kinetischen

Gasttheorie» (für elastische Flüssigkeiten bzw. Gase) unter der statistischen Annahme, dass ein ideales Gas aus einer großen Anzahl von Partikeln besteht, die zufällig in rascher Bewegung an die begrenzenden Wände stoßen (cap. 10, § 5). Danach bringt er die von Robert Hooke nur qualitativ entwickelte Auffassung, dass der Wärmezustand eines Körpers proportional der Bewegung seiner Teilchen, also mechanisch bestimmt sei, in analytische Form (§ 6). Indem er für ideale Gase endliche Moleküle annimmt, modifiziert er das Boyle-Marriottesche Gesetz für komprimierte Gase im Bereich hoher Drucke und kleiner Volumina und dringt so – wenn auch in unvollständiger Form – bis zur allgemeinen Zustandsgleichung (van der Waals, 1873) vor.

Während Johann Bernoulli in seiner *«Hydraulica»* (1742) – von ihm auf 1732 vordatiert, um so aus Sicht des Sohnes dessen Leistungen in Frage zu stellen – direkt mit Newtons Grundgesetzen bzw. vektoriellen Gleichungen einsetzt, geht Daniel indirekt vom Erhaltungssatz bzw. einer skalaren Gleichung aus. Paradoxiertweise benutzt hier Johann, der Gegner Newtons, dessen Methoden, während der erklärte Newtonianer Daniel auf Leibniz'sche Erhaltungssätze zurückgreift. Beide hydrodynamischen Werke der Bernoullis – insbesondere Johanns *«Strudelttheorie»* (Newtons zweites Gesetz in infinitesimaler Fassung für die Hydrodynamik) – haben Euler zu seinen Arbeiten angeregt, die ihn in den 1750er und 1760er Jahren zu einer Theorie der Flüssigkeiten führten, die sich in wenigen Gleichungen darstellen lässt. Die kinetische Gasttheorie des 19. Jahrhunderts, die besagt, dass Wärme und Bewegung im Prinzip das gleiche Phänomen von unterschiedlichen Standpunkten aus beschreiben, hat bereits Daniel Bernoulli klar formuliert.

Auch zur Wahrscheinlichkeitsrechnung und Bevölkerungsstatistik lieferte er wichtige Beiträge. In *«De mensura sortis»* [*10] erörtert er den Begriff des (moralischen) Gewinns (*emolumentum*), bei dem der momentane finanzielle Zustand einer Person in den jeweiligen Erwartungswert einzubeziehen ist. Ein Spiel ist dementsprechend dann vollkommen ehrlich (gerecht), wenn der Einsatz des Spielers mit den Erwartungswerten seiner möglichen Gewinne übereinstimmt. Das sogenannte Petersburger Problem (Pierre wirft eine Münze; wenn beim ersten Wurf Kopf fällt, erhält Paul einen Écu, wenn erst beim zweiten Mal, bekommt Paul zwei Écu, wenn beim dritten Mal, vier Écu usw.; zu bestimmen ist die Geldsumme, die Paul vorgängig einzahlen muss, damit beide Spieler die gleichen Chancen haben) erfüllt infolge der unendlich großen Erwartung eines Spielers diese Annahme nicht und ist daher auch als ein Paradoxon der Wahrscheinlichkeitstheorie begriffen worden [*10: § 17]. In *«De usu»* [*19] widmet sich Bernoulli wahrscheinlichkeitstheoretischen Problemen mithilfe von Urnenmodellen und wendet die Infinitesimalrechnung auf sich kontinuierlich, aber zufällig ändernde Zustände an, die sich als Grenzfall für unendlich viele Zettel in der Urne ergeben. Verschiedene Teile seiner Wahrscheinlichkeitslehre fanden in verallgemeinerter Form Eingang in die *«Théorie analytique des probabilités»* (1812) von Pierre Simon Laplace.

Als Mediziner war Bernoulli Iatrophysiker. Seine interessantesten physiologischen Forschungen betreffen die (mechanische) Kontraktion von Muskeln [*7], insbesondere die Leistung des Herzens, sowie Untersuchungen über den blinden Fleck im Auge. Er verstand sich nicht als Kliniker, sondern als ein Theoretiker,

der mathematische und physikalische Konzepte einsetzt, ohne daraus praktische Behandlungsvorschriften abzuleiten. In diesem Sinne wandte er seine neue Hydrodynamik auf den menschlichen Blutkreislauf an. Über die Unentbehrlichkeit der mathematischen Physik für die Medizin äußerte er sich in einem Schreiben von 1743: «Wie solte man wohl die vornehmsten theil der Anatomii ohne derselbn [der Mathematik] hülf, die osteologiam und myologiam ohne eine wahre erkenntnuß der mechanic, die structuram oculi ohne die optic, die structuram organi auditus ohne die acustica, die respirationis organa ohne die Geometri und physik, die fabricam cordis et systematis vasorum sambt den legibus circulationis fluidorum ohne die hydrodynamica und so weiteres tractiren können?» [*25: I 46]. Ein praktisches Verdienst Bernoullis besteht in der Propagierung der Pockenschutzimpfung im Zusammenhang mit einer 1753 ausgebrochenen Epidemie, wobei er selbst mit eigenem Beispiel voranging (vgl. Essai d'une nouvelle analyse [*17], Réflexions sur les avantages de l'inoculation, 1760 [*25: III 268-274]).

3. LEONHARD EULER

Rüdiger Thiele

Primärliteratur. – Leben. – Werke. – Lehre. – Wirkung.

PRIMÄRLITERATUR

Ausgaben zu Lebzeiten [*41-*66]. – Posthume Ausgaben [*71-*72]. – Gesamtausgabe [*77]. – Übersetzungen [*81-*93]. – Briefwechsel [*102-*104].

Von den über 860 Schriften Eulers wird eine Auswahl der philosophisch, physikalisch und mathematisch wichtigsten aufgeführt.

Ausgaben zu Lebzeiten

- | | |
|--|---|
| <p>41 Dissertatio physica de sono, quam annuente numine divino jussu magnifici et sapientissimi philosophorum ordinis pro vacante professione physica ad d. 18. febr. MDCCXXVII (Basel 1727) 16. – Opera omnia [*77: III/1 181-196].</p> <p>42 Mechanica sive motus scientia analytice exposita, I-II (St. Petersburg 1736) (16), 480; (8), 500. – *77: II/1-2.</p> <p>43 Tentamen novae theoriae musicae ex certissimis harmoniae principiis dilucide expositae</p> | <p>(St. Petersburg 1739) 21, 263. – *77: III/1 197-427.</p> <p>44 De causa gravitatis, in: Miscellanea Berolinensia 7 (1743) 360-370. – Anonym. – *77: II/31 373-378.</p> <p>45 Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes (Lausanne, Genève 1744) 322. – Darin zwei Additamenta: De curvis elasticis (245-310); De motu projectorum in medio non resistente (311-320). – *77: I/24.</p> <p>46 Theoria motuum planetarum et cometarum (Berlin 1744) 187. – *77: II/28 105-251.</p> |
|--|---|

- 47 Gedanken von den Elementen der Körper, in welchen das Lehr-Gebäude von den einfachen Dingen und Monaden geprüft, und das wahre Wesen der Körper entdeckt wird (Berlin 1746) 20. – *77: III/2 347-366.
- 48 Nova theoria lucis & colorum, in: Opuscula varii argumenti 1 (Berlin 1746) 169-244. – *77: III/5 1-45.
- 49 De relaxatione motus planetarum, in: Opuscula varii argumenti 1 (Berlin 1746) 245-276. – *77: II/31 195-220.
- 50 Dissertatio de magnete (Paris 1748) 47. – Preisschrift für 1745. – Auch in: Opuscula varii argumenti 3 (Berlin 1751) 1-53. – *77: III/10 (in Vorbereitung).
- 51 Enodatio quaestionis utrum materiae facultas cogitandi tribui possit nec ne? ex principiis mechanicis petita, in: Opuscula varii argumenti 1 (Berlin 1746) 277-286. – *77: III/2 367-372.
- 52 Recherches physiques sur la nature des moindres parties de la matière, in: Opuscula varii argumenti 1 (Berlin 1746) 287-300. – *77: III/1 3-15.
- 53 Rettung der Göttlichen Offenbarung gegen die Einwürfe der Freygeister (Berlin 1747) 46. – Anonym. – *77: III/12 267-286.
- 54 Introductio in analysin infinitorum, I-II (Lausanne 1748) XVI, 320; 398. – *77: I/8-9.
- 55 Recherches sur les plus grands et plus petits qui se trouvent dans les actions des forces, in: Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin 4, 1748 (1750) 149-188. – *77: II/5 1-37.
- 56 Réflexions sur quelques loix générales de la nature qui s'observent dans les effets des forces quelconques, in: Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin 4, 1748 (1750) 189-218. – *77: II/5 38-63.
- 57 Réflexions sur l'espace et le tems, in: Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin 4, 1748 (1750) 324-333. – *77: III/2 376-383.
- 58 Découverte d'un nouveau principe de mécanique, in: Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin 6, 1750 (1752) 185-217. – *77: II/5 81-108.
- 59 Recherches sur l'origine des forces, in: Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin 6, 1750 (1752) 419-447. – *77: II/5 109-131.
- 60 Harmonie entre les principes généraux de repos et de mouvement de M. de Maupertuis, in: Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin 7, 1751 (1753) 169-198. – *77: II/5 152-176.
- 61 De principio minimae actionis, in: L. E.: Dissertatio de principio minimae actionis una cum examine obiectionum Cl. Prof. Koeningii contra hoc principium factarum (Berlin 1753) 1-95. – Lat.-franz. – Franz.: Sur le principe de la moindre action, in: Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin 7, 1751 (1753) 199-218. – *77: II/5 179-193 (franz.). 214-249 (lat.).
- 62 Institutiones calculi differentialis, I-II (St. Petersburg 1755) XXIV, 880. – Entstanden 1744-1748. – *77: I/10.
- 63 Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum ex primis nostrae cognitionis principiiis stabilita et ad omnes motus, qui in huiusmodi corpora cadere possunt, accommodata (Rostock, Greifswald 1765) (32), 520. – 1760 abgeschlossen. – Erweiterte Aufl.: 1765. – *77: II/3-4.
- 64 Institutiones calculi integralis, I-IV (St. Petersburg 1768-1794). – *77: I/11-13.
- 65 Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique & de philosophie, I-III (St. Petersburg 1768-1772). – Zahlreiche weitere Auflagen und Übersetzungen (vgl. *77: III/11 p. LXI-LXX). – *77: III/11-12.
- 66 Vollständige Anleitung zur Algebra, I-II (St. Petersburg 1770) (16), 356; 532. – Zuerst russisch: 1768. – *77: I/1.

Posthume Ausgaben

- 71 Commentatio de matheseos sublimioris utilitate, in: Journal für die reine und angewandte Mathematik 35 (1847) 109-116. – *77: III/2 392-399.
- 72 Opera postuma mathematica et physica, ed. Paul Henri Fuss, Nicholas Fuss, I-II (St. Petersburg 1862) X, 588; VIII, 826. – Enthält u.a.: Anleitung zur Natur-Lehre, worin die Gründe zu Erklärung aller in der Natur sich ereignenden Begebenheiten und Veränderungen festgesetzt werden (II 449-560) *77: III/1 16-178; Différentes pièces sur les monades (II 805-813) *77: III/2 416-429.

Gesamtausgabe

- 77 Opera omnia, Serie I-IV (Leipzig, Berlin, Zürich, Basel 1911ff.). – Series I: Opera mathematica, 29 vol.; Series II: Opera mechanica et astronomica, 31 vol. (29 erschienen); Series III: Opera physica, Miscellanea, 12 vol.; Series IV: Commercium epistolicum et manuscripta, Series IVA, vol. 1: Descriptio commercium epistolici, ed. Adolf P. Juškevič et al. (1975) XVII, 666; vol. 2: Briefwechsel mit Jo-

hann I. Bernoulli und Nikolaus I. Bernoulli, hg. von Emil A. Fellmann, Gleb K. Mikhailov (1998) X, 747; vol. 5: Correspondance avec A. C. Clairaut, J. d'Alembert et J. L. Lagrange, éd. Adolf P. Juškevič, René Taton (1980) VIII, 611; vol. 6: Correspondance de Leonhard Euler avec P.-L. M. de Maupertuis et Frédéric II, éd. Pierre Costabel et al. (1986) XI, 454.

Übersetzungen

- 81 Vernünftige Gedanken von dem Raume, dem Orth, der Dauer und der Zeit, theils aus dem Französischen des Herrn Professor Eulers übersetzt, theils aus verschiedenen ungedruckten Briefen dieses berühmten Mannes mitgetheilt, hg. von Friedrich Eberhard Boyesen (Quedlinburg 1763) (15), 231. – 1-18: Übers. von *57.
- 82 Briefe an eine deutsche Prinzessin, I-III (Leipzig; St. Petersburg u.a. 1769-1773). – Nachdruck: hg. von Andreas Speiser, Braunschweig 1986. – 3. Aufl.: 1784. – Übers. von *65.
- 83 Éléments d'algèbre, éd. Johann III Bernoulli, I-II (Paris 1774) XVI, 704; 664. – Übers. von *66.
- 84 Introduction à l'analyse des infiniment petits, première partie, trad. Francesco Pezzi (Strasbourg 1786) (6), IV, 44, XII, 346. – Weitere Übers.: trad. Jean Baptiste Labey, I-II, Paris 1796-1797, XIV, 364; (12), 424. – Übers. von *54.
- 85 Einleitung in die Analysis des Unendlichen, übers. von Johann Andreas Christian Michelsen, I-II (Berlin 1788) XXIV, 626; VIII, 578. – 2. Aufl.: 1835-1836. – Weitere Übers.: H. Maser, Berlin 1885, X, 319; Nachdruck: 1983. – Übers. von *54.
- 86 Vollständige Anleitung zur Differential-Rechnung, übers. von Johann Andreas Christian Michelsen, I-III (Berlin, Libau 1790-1793) LXXIX, 400; (6), 342; (6), 322. – Übers. von *62.

- 87 Défense de la révélation contre objections des esprits forts (Paris 1805) VII, 72. – Weitere Aufl.: Montpellier 1825. – Übers. von *53.
- 88 Elements of algebra, trans. John Hewlett (London ^s1840). – Nachdruck: introd. Clifford Truesdell, New York 1984, LX, 593. – Übers. von *66.
- 89 Mechanik oder analytische Darstellung der Wissenschaft von der Bewegung, hg. von Jakob Philipp Wolfers, I-II (Greifswald 1848-1850) IV, 499; IV, 590. – Übers. von *42.
- 90 Sur l'utilité des mathématiques supérieures, in: Nouvelles annales de mathématiques 12 (1853) 5-21. – [*77: III/2 400-407]. – Übers. von *71.
- 91 Methode, Curven zu finden, denen eine Eigenschaft im höchsten oder geringsten Grade zukommt, in: Paul Stäckel (Hg.): Abhandlungen über Variations-Rechnung, I (Leipzig 1914) 21-132. – Übers. von Kap. 1-2 und 5-6 aus *45.
- 92 Introduction to analysis of the infinite, trans. John D. Blanton, I-II (New York 1988-1990) XIII, 327; XII, 504. – Übers. von *54.
- 93 Foundations of differential calculus, trans. John D. Blanton (New York 2000) XIV, 194.

Briefwechsel

- Vgl. auch Correspondance [*27], Opera omnia [*77: IVA].
- 102 Gustav Eneström: Der Briefwechsel zwischen Leonhard Euler und Daniel Bernoulli, in: Bibliotheca mathematica (3) 7 (1906) 126-156. – Unvollständig.
- 103 Die Berliner und die Petersburger Akademie der Wissenschaften im Briefwechsel Leonhard Eulers, hg. von Adolf P. Juškevič, Eduard Winter, I-III (Berlin 1959-1976).
- 104 Leonhard Euler und Christian Goldbach. Briefwechsel 1729-1764, hg. von Adolf P. Juškevič, Eduard Winter (Berlin 1965) VIII, 420.

LEBEN

Leonhard Euler wurde am 15. April 1707 als Sohn des Pfarrers Paul Euler und seiner Frau Margaretha, geb. Brucker, in Basel geboren. 1720 bezog er die Universität Basel, 1723 schloss er seine philosophischen Studien mit dem Magisterexamen ab, wobei er eine öffentliche Rede über cartesianische und newtonianische Philosophie im Vergleich hielt. Auf Wunsch des Vaters immatrikulierte er

sich an der Theologischen Fakultät, kam jedoch durch die Vorlesungen Johann I. Bernoullis zur Mathematik. Dabei wurde er sowohl mit seinem Kommilitonen Johann II. Bernoulli als auch mit dessen Brüdern Daniel und Nikolaus II. bekannt. 1726 veröffentlichte er seine erste mathematische Arbeit in den *Acta eruditorum*. 1727 bewarb er sich erfolglos um eine Physikprofessur in Basel. An der zu diesem Zwecke verfassten Arbeit *De sono* [*41] ist bemerkenswert, dass der Bernoulli-Schüler Euler der Leibniz'schen Lehre von der prästabilierten Harmonie eine entschiedene Absage erteilt (Thiele 1982 [*153: 25]). Im gleichen Jahr folgte er Daniel und Nikolaus Bernoulli an die neu gegründete Akademie in St. Petersburg. Obwohl er an den dort geführten heftigen philosophischen Auseinandersetzungen nicht teilnahm, verfestigten sie zweifellos seine Ablehnung der Monadenlehre. 1731 wurde er Professor für Physik sowie ordentliches Akademiemitglied und 1733 Professor für Mathematik (als Nachfolger Daniel Bernoullis). Im folgenden Jahr heiratete er Katharina Gsell; aus der Ehe gingen 13 Kinder hervor, von denen jedoch nur drei Söhne und zwei Töchter das frühe Kindesalter überlebten.

Anhaltende innenpolitische Wirren im Zarenreich veranlassten Euler 1741 an die wieder neu gegründete Berliner Akademie als Direktor der mathematischen Klasse zu wechseln, die aufgrund der Schlesischen Kriege ihren Betrieb allerdings erst 1746 aufnahm. Neben seiner mathematischen Arbeit beaufsichtigte bzw. leitete er die ökonomischen Angelegenheiten (u.a. die Herstellung und den Verkauf der Kalender sowie den Druck und Vertrieb von Landkarten), die Bibliothek, das Observatorium, den Botanischen Garten sowie die wissenschaftlichen Publikationen der Akademie, und bekleidete Ämter in der französisch-reformierten Berliner Gemeinde. Er machte zudem seinen Einfluss in theologischen und philosophischen Fragen geltend, so mit den gegen die Monadenlehre gerichteten *«Gedancken von den Elementen der Körper»* [*47]. Obwohl Euler selbst Ambitionen auf das Amt des Präsidenten der Akademie gehabt hatte, verstand er sich bald mit Maupertuis und unterstützte diesen nachhaltig im Streit um das Prinzip der kleinsten Aktion (vgl. Grundriss, 18. Jh., I § 63; II § 15). Nach dem Tod von Maupertuis (1759) leitete er praktisch die Berliner Akademie. Die sich aus dieser Tätigkeit ergebenden Differenzen mit König Friedrich II. bewogen ihn, 1766 wieder an die Petersburger Akademie zurückzukehren. In Petersburg empfing man Euler mit allen Ehren. Bereits 1738 hatte er sein rechtes Augenlicht als Spätfolge einer Rachitis verloren, kurz nach der Ankunft in Petersburg erblindete er fast vollständig. Trotzdem arbeitete er mit einem phänomenalen Gedächtnis ausgestattete Forscher unermüdlich weiter und verfasste in den folgenden 16 Jahren etwa 400 Schriften. Er war Mitglied der bedeutendsten Akademien seiner Zeit – in St. Petersburg und Berlin, aber auch in London, Paris, Turin und Lissabon. Euler starb am 18. September 1783 in St. Petersburg.

WERKE

Methodus inveniendi, Additamentum II. – Anleitung zur Natur-Lehre. – Lettres à une princesse d'Allemagne.

*Methodus inveniendi,
Additamentum II* [*45: 311-320]

Euler entwickelt in diesem Text sein Wirkungsprinzip, das er unabhängig von Maupertuis' Prinzip der kleinsten Aktion gefunden hatte. Die mathematische Darlegung geht sowohl auf das Maximum als auch das Minimum des Effekts (Wirkungsintegral) ein, handelt aber nur vom Minimalprinzip. Er unterscheidet einen doppelten Weg der Erkenntnis, nämlich den direkten (der Newton'schen Mechanik der Kräfte) und den indirekten der isoperimetrischen Methode (der Extremalprinzipien). Die isoperimetrische Methode sieht er lediglich als Bestätigung a posteriori der direkten Verifikation an. Er ist der Ansicht, dass in allen Naturvorgängen – für ein Variationsproblem mit einer gesuchten Funktion – ein Maximum oder Minimum auszumachen sei, will aber die schwierige Aufgabe, das Auffinden der zu extremalisierenden Größe den Philosophen überlassen, ebenso die Behandlung allgemeinerer Extremalprobleme für mehrere gesuchte Funktionen.

Anleitung zur Natur-Lehre
[*72: II 449-560]

Die zwischen 1750 und 1758 verfasste, posthum veröffentlichte «Anleitung» besteht aus 21 Kapiteln mit 161 durchnummerierten Paragraphen, wobei die Paragraphen 41-48 im Manuskript fehlen. Die Kapitel 1-5 behandeln allgemeine Fragen der Naturlehre sowie die grundlegenden Eigenschaften der Körper. Als allgemeine Eigenschaften von Körpern betrachtet Euler die Ausdehnung (§ 9-15), die Beweglichkeit (§ 16-25), die Trägheit (Standhaftigkeit) (§ 26-34) und die Undurchdringlichkeit (§ 35-40). In den Kapiteln 6-11 sind die Kräfte dargestellt, die Kapitel 12-19 enthalten Eulers Gravitationstheorie. Die zwei letzten Kapitel (20-21) sind der Hydrodynamik gewidmet.

Während Euler bislang die messbare Trägheit (Standfestigkeit) als jene grundlegende Eigenschaft der Körper betrachtete, die die Ursache aller Veränderungen sei (also einen «kraftartigen»

Status hatte), legt er hier – wie in den «Réflexions sur quelques loix générales» [*56] und in den «Recherches sur l'origine des forces» [*59] – die nicht messbare Undurchdringlichkeit der Körper zugrunde [*72: § 39]; ähnlich argumentiert er auch später in den «Lettres» [*65: lettre 70]. Die Undurchdringlichkeit der Körper bewirkt für ihn jene Kräfte [*72: § 87], die die Trägheit überwinden und damit die Ursache von Veränderungen werden (§ 34. 84-85). Die Wirkung von Kräften auf Körper wird systematisch behandelt: Geschwindigkeit (§ 51-61), Richtung (§ 62-68), Bahnbestimmung (§ 69-76). Euler gibt hierbei den Impulssatz (Newtons lex secunda) in differentieller Form (§ 70), also in der Form, wie sie erstmals von ihm 1750 in der Arbeit «Découverte d'un nouveau principe de mécanique» [*58], angegeben worden war. Die Kräfte und die Geschwindigkeiten werden in Bezug auf drei zueinander orthogonale Ebenen in drei Bestandteile zerlegt, d.h. sie werden durch Komponenten eines rechtwinkligen räumlichen Koordinatensystems dargestellt. Die Bahnbestimmung eines Körpers bezieht auch sich gegeneinander bewegende Bezugssysteme (Galileische Bezugssysteme) ein, selbst solche, in denen sich der Beobachter ungleichförmig bewegt; die daraus resultierenden Scheinkräfte und Scheinbewegungen werden in § 77-83 diskutiert.

Als Beitrag zur Entwicklung des Prinzips der kleinsten Aktion definiert Euler das Arbeitsintegral als Wirksamkeit (Aktion) und folgert, dass ein Gleichgewicht nur dann stattfinden könne, wenn die Summe der Wirksamkeiten minimal oder maximal ist (§ 75). (Diese Stelle spricht für eine frühe Datierung der Schrift, da Euler im Streit um das Prinzip der kleinsten Aktion die Aussage auf Minimalität einschränkte; anders Truesdell in: [*77: II/12 p. C]). Weiter vergleicht Euler den Impuls mit der lebendigen Kraft (kinetische Energie) (§ 76) und untersucht genauer das Verhältnis von Trägheit und Krafteinwirkung (§ 84-90).

Breiten Raum nimmt die Gravitationstheorie ein (§ 91-146). Hier greift Euler auf seine 1744 vor der Akademie verlesene Abhandlung «Recherches physiques sur la nature des moindres parties de la matière» [*52] zurück; die anonyme Schrift

«De causa gravitatis» [*44] von 1743, die ihm erst kürzlich zugeordnet worden ist, kommt als Bezugspunkt ebenfalls in Frage. Jeder Körper ist durch eine gewisse Menge an Materie charakterisiert, die dessen Trägheit bestimmt. Neben dieser «körpereigenen» Materie gibt es eine weitere, die unter hohem Druck steht und das gesamte Universum erfüllt. Sie durchdringt die Poren der Körper, d.h. den Raum zwischen den Molekülen und bewegt sich reibungslos in diesen (Äther oder subtile Himmelsluft). Moleküle gleichen Volumens weisen gleiche Druckkräfte auf, sie sind also gleich schwer. Die Masse eines Körpers ist demnach proportional zum Volumen. Euler geht davon aus, dass Ausdehnung und Trägheit bei Körpern messbare Größen sind (§ 91-97), dass sich jedoch die Undurchdringlichkeit dieser Forderung entzieht (und damit keine physikalische, sondern eine metaphysische Größe ist). Die Dichte ist das Verhältnis von Materie zu dem von ihr eingenommenen Volumen (§ 92); die wahre Größe betrifft nur den Teil, den die Materie tatsächlich einnimmt und schließt die Poren aus (§ 93). Die subtilere Materie hat eine wesentlich kleinere Dichte als die Materie von Körpern (§ 96). Die grobe Materie lässt sich nicht komprimieren, man kann lediglich die Poren zusammendrücken (§ 98); anders verhält es sich mit der subtilen Materie (§ 100), die zwar eine natürliche Dichte besitzt (§ 101), deren Volumen aber durch Kräfte verändert werden kann. In diesem Fall übt die komprimierte subtile Materie Druckkräfte aus (§ 102), und sofern die subtile Materie nicht im Gleichgewicht ist, entstehen Bewegungen (§ 109). Euler unterscheidet ferner flüssige und feste Körper, wobei letztere nochmals in harte und elastische unterteilt werden (§ 112-118, 126-132). Die Unterscheidung der festen Körper geschieht im Hinblick auf deren unterschiedlichen Grad an Federkraft (§ 133-139). Vor diesem Hintergrund erklärt er die Gravitation: Der Druck des Äthers nimmt in der Umgebung der Himmelskörper ab, woraus eine Gravitationswirkung der Himmelskörper resultiert. Er gelangt nicht zu einem atomistischen Modell mit (okkulten) Zentralkräften, sondern findet die Erklärung in der Elastizität des Äthers. Auf die Frage, wie sich die Unendlichkeit des Raums zur Komprimierbarkeit verhält, geht er nicht ein (§ 106), da laut ihm solche Fragen in die Schöpfungs- und nicht in die Naturlehre gehören.

In den Kapiteln zur Hydrodynamik legt Euler das Gleichgewicht von Flüssigkeiten dar (§ 147-154) und leitet die Bewegungsgesetze ab (§ 155-161), wobei er die sogenannte Eulersche Kontinuitätsgleichung einführt (§ 156).

Lettres à une princesse d'Allemagne [*65]

Die 1760-1762 geschriebenen Briefe waren für den Unterricht der Markgräfin Friederike Charlotta von Brandenburg-Schwedt bestimmt. Da sie aber das Verständnis der jugendlichen Leserin zumindest teilweise überstiegen haben dürften, kann man davon ausgehen, dass sich Euler schon früh mit dem Gedanken an eine Veröffentlichung getragen hat. Die Abfolge der Briefe weist keine streng systematische Ordnung auf.

Band 1 enthält zahlreiche, meist elementare Erklärungen physikalischer Begriffe und Phänomene: Geschwindigkeit (lettre 2); Elastizität, Schwere und Dichte der Luft, Barometer und Luftgewehr (9-12); Wärme (14-16); Farben (28-32); Linsen (37-40); Konstruktion des Auges (41-44); Schwere der Körper (45-47); Erde, Mond und Sonnensystem (48-51, 59-61); Gravitation (52-58, 68); Ebbe und Flut (62-67); Ruhe, Bewegung, Kraft, das Prinzip der kleinsten Aktion (71-79). Euler schließt sich Descartes' Theorie an, dass sich das Licht in Form von Schwingungen einer feinen, das ganze Universum ausfüllenden Materie (Äther) ausbreitet, und greift Newtons These an, wonach das Licht aus einem Ausfluss (émation) von Partikeln des leuchtenden Gegenstandes bestehe (17-27). Gegen die Skeptiker argumentiert er, dass uns die Sinne nicht täuschen, da Distanzen und Größe von Gegenständen nicht gesehen, sondern beurteilt werden (33-36). Ein Körper besitzt für ihn im Unterschied zu den Cartesianern nicht allein Ausdehnung, sondern auch Undurchdringlichkeit; letztere bildet die große Triebfeder, durch welche – neben dem für die Mechanik grundlegenden Prinzip der Trägheit – die Natur ihre Produkte hervorbringt (69-70, 74). Gegen Ende des Bandes beginnt eine gründliche Auseinandersetzung mit den Wolffianern, die sich mit Unterbrüchen noch bis weit in den nächsten Band hinein fortsetzt (72-132).

In *Band 2* handelt er zunächst von den Geistern (esprits), die er scharf von der Materie trennt. Sie allein verfügen über die Fähigkeit zu denken, zu urteilen, zu schließen, zu fühlen, zu überlegen und zu wollen. Der Körper hat dem Geist zu dienen. Die Verbindung zwischen beiden wird mit dem «influxus» erklärt: Die Seele (l'âme) wirkt auf die äußersten Spitzen der Nerven; die genaue Natur dieser Wirkung bleibt jedoch unbekannt. Die Theorien der occasionellen Ursachen und der prästabilierten Harmonie lehnt Euler ab, da er es für unbewiesen hält, dass Geist und Materie nicht aufeinander wirken können (80-93). Die Entstehung von Erkenntnis erklärt er zunächst anhand

eines Gedankenexperiments, bei dem ein Mensch nur mit dem Geruchssinn ausgestattet ist. Die Düfte einer Rose reizen die Nerven der Nase, dann des Gehirns und werden anschließend von der Seele wahrgenommen (apperçu), die auf diese Weise zu Ideen kommt. Das Urteil, ob die Empfindung angenehm oder unangenehm ist, schreibt er der Seele zu, ebenso das Vermögen der Erinnerung und die Ausbildung der Ideen von Dauer und Zeit (94-95). Weiter führt er den Unterschied zwischen sinnlichen (idées sensibles) und erinnerten Ideen (idées rappellées) sowie zwischen einfachen und zusammengesetzten Ideen ein. Durch Aufmerksamkeit werden aus dunklen (idées obscures) deutliche Ideen (distinctes) (98-99). Mittels Abstraktion gewinnt man allgemeine Ideen (notions) (100). Die Sprache dient nicht nur der Kommunikation, sondern auch der Entwicklung der eigenen Gedanken (101). – Die Herleitung der 19 gültigen Schlussarten wird mithilfe von Kreisdiagrammen (Mannigfaltigkeiten und Teilmannigfaltigkeiten) veranschaulicht (104-106) und gezeigt, dass diese Syllogismen auf den beiden Grundsätzen «Alles, was in dem Enthaltenden ist, findet sich auch in dem Enthaltenden» (Barbara) und «Alles, was außer dem Enthaltenden ist, ist auch außer dem Enthaltenden» (Celarent) beruhen (104). Die Aussagenlogik reduziert Euler auf den modus ponens und den modus tollens: «I. Wer die Bedingung zugeibt, der muss auch die Folge zugeben. II. Wer die Folge verneint oder verwirft, der muss auch die Bedingung verwerfen» (108). – Zur Lösung des Problems der Existenz des Bösen angesichts eines allmächtigen, gerechten Gottes räumt er ein, dass Gott die Sünde zulässt, hält das aber für weise,

weil Ungerechtigkeit viele zur Tugend und so zur Glückseligkeit führe. Das dem Tugendhaften vorbehaltene wahre Glück finde die Seele erst nach dem Tode. Die Ungerechten seien an ihrem Schicksal selbst schuld, an dieser ihrer Natur könne auch ein allmächtiger Gott nichts ändern. Unsere Welt sei die beste (110-114). – Erkenntnis besitzt für Euler drei Quellen, die er als etwa gleichwertig beurteilt: Wahrnehmung durch die Sinne, Folgerung durch den Verstand und historische Überlieferung. Jede Quelle führt zu Wahrheiten, aber auch zu Fehlern und Irrtümern: Die Sinne können trügen, das Denken kann irren und geschichtliche Berichte können gefälscht sein. Die jeweilige Erkenntnisart ist auf ihre je eigene Quelle verwiesen, es wäre abwegig, z.B. geometrische Beweise für historische Tatsachen zu verlangen (115-120). – Nach einem letzten Angriff auf die Wolffianer, bei dem er die Auffassung verteidigt, dass die geometrische Teilbarkeit des Raumes ins Unendliche auch allen Körpern im Raum zukommt und es demzufolge keine unteilbaren Monaden als letzte Punkte geben kann (122-132), kehrt Euler zu rein physikalischen Themen zurück und erörtert vor allem die Elektrizität (138-154), die er ähnlich wie die Verbreitung von Licht und Schall unter Rückgriff auf den Äther erklärt und als «eine Störung des Gleichgewichts des Äthers» (140) definiert; die gängige Annahme einer elektrischen Flüssigkeit (fluide électrique) lehnt er ab.

Band 3 behandelt die Grundlagen der Geographie, den Magnetismus, den Euler nicht als Wirkung des Äthers auffasst, sondern einer magnetischen Materie zuschreibt (169-186), und das Funktionieren optischer Instrumente (187-234).

LEHRE

Euler beschäftigte sich vor allem dann mit philosophischen Fragen, wenn es um die Grundlagen der Naturwissenschaft oder um seine Glaubensüberzeugung ging. Im letzteren Fall wandte er sich insbesondere gegen deistische Kritik an der Bibel. Gegen die «Rotte der Freygeister», diese «elenden Leute» (Rettung der Göttlichen Offenbarung [*53: 46; *77: III/12 286]), argumentierte er, dass die Offenbarung nicht in erster Linie den Verstand, sondern den Willen zu bessern suche. Im Blick auf die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaften kritisierte er vor allem die Monadenlehre in ihrer Wolff'schen Ausprägung. Der Geist sei keine Monade, und Monaden könnten keine Körper konstituieren (Lettres [*65: lettre 92. 126-127]). Die Körper besäßen keine eigene Fähigkeit, ihren Ort zu wechseln; die Wolffianer verwickelten sich in Widersprüche, wenn sie sowohl das Trägheitsgesetz als auch das Prinzip, dass Körper stets bestrebt seien,

ihren Zustand zu ändern, akzeptierten (lettres 73. 76). Weiter störte er sich an der Behauptung der Existenz unteilbarer Elemente, aber auch und vor allem am Argument seiner Gegner, dass die mathematische Teilbarkeit des Raumes ins Unendliche für den Begriff der Körper ohne Konsequenzen sei, da die Sätze der Mathematik für reale Dinge keine Gültigkeit hätten (lettres 122-126). Er wies ferner die Behauptung zurück, dass man Unendlichkeit allein auf Gott beziehen dürfe (lettre 132) (vgl. Schulthess 1984 [*157: 14-20]).

Positiv ging Euler davon aus, dass alle Erkenntnis ihren Ursprung in Empfindungen hat, die durch äußere Dinge veranlasst werden: «Unsere Sinne stellen nur Gegenstände vor, die in der Tat außer uns existieren» (lettre 100). Die Empfindungen werden von den Seelenvermögen der Erinnerung oder Einbildungskraft (*réminiscence* ou *l'imagination*), der Aufmerksamkeit und der Abstraktion bearbeitet, die insgesamt dafür verantwortlich sind, dass die zunächst dunklen Ideen zunehmend klar und deutlich gemacht und schließlich sprachlich als Einzel- und Allgemeinbegriffe gefasst werden. Die Gewissheit der Außenwelt ist also wesentlich mit dem Wahrnehmungsvorgang selbst verbunden, aber das Bild der Außenwelt ist zugleich ein Ergebnis entsprechender Reflexionen (lettre 96). Streng genommen ist für Euler die Realität der Außenwelt zwar unbeweisbar, aber allemal eine vernünftigeren Annahme als eine diesbezügliche Skepsis. Pyrrhonistische Lehren, die an der Gewissheit der Außenwelt zweifeln, indem sie u.a. die Täuschungsmöglichkeit Traum anführen, werden generell nicht geglaubt und zerstören sich selbst, da bereits eine Mitteilung des Zweifels die Existenz des Adressaten voraussetzt. «Diese Überzeugung von der Existenz der Dinge ist wesentlich mit unseren Empfindungen verbunden, und die Wahrheiten, welche uns die Sinne aufdecken, sind ebenso gut begründet, wie die sichersten Wahrheiten der Mathematik» (lettre 117).

Noch entschiedener als vom Pyrrhonismus distanziert sich Euler vom Materialismus, insofern er sich vom Vorrang der Geister gegenüber der Materie fest überzeugt gibt (lettres 80. 93). Nach seinem Verständnis betrachtet der Materialismus die räumliche Existenz als einzige Daseinsform. Geistige Wesen sind aber nicht räumlich ausgedehnt, da sie im Gegensatz zu Körpern eine unteilbare Einheit bilden (lettre 92). Überdies bestreitet Euler, dass die Materie denken könne, weil das ihrer Ausgedehtheit, Trägheit und Undurchdringlichkeit widerspräche; Geistigem kommt im Gegensatz zu Körperlichem im Raum kein Ort zu (*Enodatio questionis* [*51], *Lettres* [*65: lettres 80. 92-93]). Er bekennt sich damit zu einem Dualismus, für den es zwei Arten von Wesen (*êtres*) gibt, die beide gänzlich verschiedener Natur und gleichwohl aufs engste untereinander verbunden sind (lettres 80; vgl. 92. 94). Die Verbindung von Leib und Seele steht für ihn also außer Frage und erscheint ihm dennoch mysteriös (lettres 80. 82. 97). Das «größte Geheimnis der göttlichen Allmacht» (lettre 80) zeigt sich darin, dass sich die körperlose Seele ebenso wenig wie die Zeit an einem Ort befindet und trotzdem in der Lage ist, «in einem gewissen Orte» zu wirken (lettre 92). Der Tod löst das Band zwischen Leib und Seele, man muss ihn sich wie einen Schlaf vorstellen, in dem die Seele keinen der Sinnlichkeit geschuldeten Störungen unterworfen ist und also über die vollkommensten zusammenhängenden Ideen und Schlussfolgerungen verfügt (lettre 93).

Der Mensch besitzt neben dem Verstand auch einen freien Willen: «Der Mensch bleibt Herr des Wollens» (lettre 91). Im System der prästabilierten Harmonie hingegen, meint Euler, sei keine Freiheit möglich, weil nicht nur der Körper, sondern auch die Seele stets durch vorhergehende Zustände vollständig determiniert würden, womit der Moral die Grundlage fehle (lettre 84). Da aber Freiheit so zum Wesen der Geister gehört wie beispielsweise die Ausdehnung zum Begriff des Körpers, kann auch aus Gottes Vorsehung (préscience) kein Zwang folgen: Der Wille ist frei und damit Sünde möglich (lettres 85-86. 89. 110). Die Körperwelt unterliegt dagegen dem Zwang der Notwendigkeit (lettre 87).

Mechanik. – Als Naturwissenschaftler reduzierte Euler die Naturlehre nicht auf eine bloß mathematische Beschreibung des Naturgeschehens, sondern reflektierte die Natur der mathematisch behandelten Gegenstände und die Ursachen der Veränderungen (insbesondere Materie und Kraft). Er verlangte, dass der rationalen Mechanik eine passende metaphysische Analyse des Körperbegriffs zugrunde gelegt wird. Dazu sei es nötig, «dass man sich bemühe, das Wesen und die Eigenschaften der Körper zu erforschen» (Opera [*77: III/1 18]). Hingegen bedürften unbezweifelbare naturwissenschaftliche Prinzipien keiner metaphysischen Rechtfertigung im Stil von Leibniz und Wolff; denn auch wenn eine solche Legitimation fehlte, würde das deren Zuverlässigkeit nicht erschüttern (Réflexions sur l'espace et le tems [*57: § 2]) – die Metaphysik habe in ihren Betrachtungen vielmehr von solchen Grundsätzen auszugehen bzw. sie zu berücksichtigen.

Anfänglich diene Euler die «Standhaftigkeit» (d.h. Trägheit) der Körper als Ausgangspunkt der Analyse. Er begriff sie als eine Art Kraft, die benötigt wird, um einen gegenwärtigen Zustand zu bewahren oder um Bewegungen zu bewirken. Beispielsweise bestimmte er die Trägheit(skraft) eines stoßenden Körpers infolge der Undurchdringlichkeit als eine bezüglich des gestoßenen Körpers äußere Kraft. 1750 veränderte er seine Auffassungen radikal (vgl. Pulte 1989 [*38: 170-181]). In der «Découverte d'un nouveau principe de mécanique» erklärte er den Impulsänderungssatz (Newtons zweites Bewegungsgesetz) zum Fundament der Mechanik: Er sei «diejenige Formel, welche allein alle Prinzipien der Mechanik enthält» [*58: § 20]. Diesen physikalischen Satz begründete er in den «Recherches sur l'origine des forces» [*59] mit einer Betrachtung, die über das Physikalische hinausführte. Alle Kräfte, über die der Impulssatz redet, ließ er nun aus der Undurchdringlichkeit der Körper folgen. «Die ganze Naturlehre besteht also darin, dass man bei einer jeglichen vorkommenden Veränderung zeige, in was für einem Zustand sich die Körper befunden haben, und dass wegen ihrer Undurchdringlichkeit eben diejenige Veränderung habe entstehen müssen, welche wirklich vorgegangen» (Anleitung [*72: Kap. 6, § 50]). Damit war ein dynamisches Weltbild skizziert, das begründungstheoretisch hinter einen bloßen Mechanismus zurückführte. Seine Grundzüge lauteten: Anders als die Trägheit ist die Undurchdringlichkeit nicht quantifizierbar. Sie steht jedoch in direkter Beziehung zum (Euler'schen) Wirkungsprinzip (vgl. Methodus inveniendi [*45: Additamentum II]; Maupertuis' Prinzip der kleinsten Aktion), da bei Druck- und Stoßvorgängen nur die kleinstmögliche Wirkung erforderlich ist, d.h. lediglich Kräfte benötigt werden, die eine Durchdringung verhindern (Lettres [*65: lettre 78]). In Verbin-

dung mit dem Wirkungsprinzip kann also die Undurchdringlichkeit die Beschreibung der kleinsten Kraft gewährleisten, die zur Vermeidung einer Durchdringung erfordert wird (Minimalität des Aufwandes). Minimale Wirkung ist in Eulers Verständnis nicht wie bei Maupertuis eine Absicht des lenkenden Schöpfers, sondern eine innere Eigenschaft der geschaffenen Materie. Denn «alle Veränderungen, welche sich an den Körpern ereignen, [haben] ihren Grund in dem Wesen und den Eigenschaften der Körper selbst» (Anleitung [*72: Kap. 1, § 2]).

Zu den Grundlagen von Eulers Mechanik gehörte die Überzeugung, dass die Welt ganz mit Materie angefüllt ist, wobei zwischen den groben Körpern und einer feinen Materie (Äther) zu unterscheiden sei (Lettres [*65: lettres 17-27. 78-79]). Die Hypothese des Ätherdrucks hatte er schon in seiner Preisschrift «Dissertatio de magnete» [*50: § 23] skizziert, sodass ihn Georges-Louis Lesage als Autor der anonymen Schrift «De causa gravitatis» [*44] identifizierte. Er kritisierte in einem Brief an Euler vom 9. August 1765 dessen Ansatz, indem er die Einführung des Äthers in der «Dissertatio de magnete» mit derjenigen in zwei weiteren Arbeiten (Nova theoria lucis [*48], De relaxatione motus planetarum [*49]) aus dem Jahr 1746 verglich und konstatierte, dass für die optische und mechanische Theorie zwei verschiedene Ätherarten benutzt wurden. Euler hatte in der «Nova theoria lucis» versucht, übereinstimmende Gesetze für Licht- und Schallwellen zu ermitteln. Auch wenn er die Newtonsche Gravitationsformel als formal zutreffendes Naturgesetz akzeptierte, beabsichtigte er weiterhin, die Schwerkraft mechanisch mithilfe der Undurchdringlichkeit von Körpern und des Ätherdrucks zu erklären (Lettres [*65: lettres 58. 68. 75]). Bereits in der «Anleitung» hatte er seinen Standpunkt dargelegt: Obwohl man «kaum hoffen könne, jemals die wahre Ursache dieser Verminderung der elastischen Kraft des Äthers zu ergründen», so wäre das doch leichter zu verkräften, als wenn man eine Gravitationskraft durch den leeren Raum annehme [*72: § 146]. Der in dieser Hinsicht aufschlussreiche Briefwechsel mit Daniel Bernoulli [*27: Briefe vom 25. Dezember 1743, 4. Februar, 13. Juni, 29. August 1744] vermochte Euler nicht von seinen Vorstellungen abzubringen, wie sich in den «Lettres» unter dem Datum vom 18. Oktober 1760 zeigt. Er schreibt dort gegen Anhänger der Gravitationslehre, die sich auf die göttliche Allmacht berufen und behaupten, «daß Gott alle Körper mit einer Kraft begabt hat, sich gegenseitig anzuziehen»: «Abgesehen davon, daß es gefährlich ist, über das zu streiten, was Gott möglich sei, so ist es doch gewiß, wenn die Attraktion ein unmittelbares Werk der göttlichen Allmacht wäre, ohne in der Natur der Körper gegründet zu sein [als Folge der Undurchdringlichkeit], dies ebensoviel heißen würde, als wenn man sagte, daß Gott unmittelbar die Körper gegeneinander stieße, welches beständige Wunder wären» [*65: lettre 68]. Selbst nach dem Briefwechsel mit Lesage hielt er grundsätzlich an seinem Konzept fest und schlug als Korrektiv einzig die Annahme von zwei Äther-Arten vor (Briefe vom 9. August und 8. September 1765 [*77: IVA/1 Briefe 2069-2070]).

Schon in der «Mechanica sive motus scientia» vertritt Euler die Auffassung, dass die ganze Körperwelt im unendlichen Raum enthalten ist. Unter Ausklammerung der Frage nach dem ontologischen Status des absoluten Raumes hält er fest, dass man ihn postulieren muss, will man von absoluter Ruhe und absoluter

Bewegung sprechen [*42: def. II, scholion 1-2; *77: II/1 14]. In den *«Réflexions sur l'espace et le tems»* verfeinert er diese Argumentation insofern, als er behauptet, dass man die für die Mechanik unentbehrlichen Bewegungsgesetze, vor allem das Trägheitsgesetz, *ohne* die Begriffe des absoluten Raumes und der absoluten Zeit (also *mit* dem Raum-Zeit Konzept der Wolffianer) gar nicht formulieren könnte [*57: § 11-13. 19]. Also rechtfertigen für Euler nicht sinnliche Beobachtung oder eine Zergliederung der Vorstellungen den Begriff des absoluten Raumes, sondern seine Funktion in der Mechanik. Die deutlichste Äußerung zum Raumbegriff findet sich in der *«Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum»*: «Der Ort hängt nicht von den Körpern ab und ist auch nicht bloß ein Begriff unseres Geistes; welche Realität er aber außerhalb unseres Geistes besitzt, wage ich nicht zu bestimmen, wenn wir auch eine gewisse Realität in ihm annehmen müssen. ... Mit der Zeit verhält es sich ebenso» [*63: § 128] (vgl. Cassirer 1922 [*8: 473-485]).

In Verbindung mit dem Schnittprinzip in der Festkörpermechanik, das ein Kräftegleichgewicht (und später auch eine Momentengleichheit, 1775) im Schnitt verlangte, stellte Euler 1750 in *analytischer* Form die grundlegende mechanische Gleichung für den Impulssatz auf (*Découverte* [*58]). Von hier aus suchte er, insbesondere über Rotationsbewegungen von Festkörpern (wie der Erdbewegung), allgemeine Bewegungsgleichungen zu finden. 1755 formulierte er in *«Nova methodus motum corporum rigidorum determinandi»* [*77: II/9 99-125] den Drehimpulssatz für feste (starre) Körper, der ein Analogon zu Newtons Impulssatz (*lex secunda*) darstellt und für die Festkörpermechanik die gleiche fundamentale Rolle spielt wie jener für die Punktmechanik. – In der Himmelsmechanik wurden seine Mondtheorie sowie die Methode zur Lösung des Dreikörperproblems (Gravitationseinfluss der Sonne, der Erde und des Mondes aufeinander) wichtig.

In der Physik stellte Euler häufig Modelle auf, die nur kurzlebig waren und teilweise lediglich dazu dienten, mathematische Methoden mit dem Vehikel physikalischer Fragen zur Darstellung zu bringen (z.B. die von Lesage und Daniel Bernoulli kritisierte Äthertheorie). Sein Interesse reichte jedoch von theoretischen Ansätzen bis zu technischen Ausführungen, wofür das ideale Zahnradprofil, die Turbinentheorie, die Schießkunst u.a. beispielhaft stehen. Ein *perpetuum mobile* hielt Euler für physikalisch unmöglich, und er setzte durch, dass die St. Petersburger Akademie hierzu keine Arbeiten überprüfte.

Mathematik. – Wie schon Zeitgenossen bemerkten, spielte die Analysis eine entscheidende Rolle in Eulers Werk (vgl. Thiele 1997 [*163: 16]). In deren Zentrum rückte er den Begriff der Funktion, sodass sie zur Lehre von den Funktionen wurde (Thiele 2000 [*45: 170-179]). Zunächst übernahm er die Auffassung seines Lehrers Johann Bernoulli und erweiterte dessen konstruktiv gefassten Funktionsbegriff schrittweise zum analytischen Rechenausdruck (*expressio analytica*). Ausgangspunkt und Vorbild seines Funktionsbegriffs waren die algebraischen Funktionen (Polynome), die aus endlich vielen Rechenoperationen aus den vier arithmetischen Spezies (Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division) gebildet werden. Geleitet von seinem ausgeprägten algorithmischen Denken erweiterte er durch unbegrenzte Ausübung der arithmetischen Operationen Polynome zu unendlichen Reihen, wofür Newtons binomische Reihe (1669, publiziert 1711) den

Weg gewiesen hatte, und verstand diese Reihen wiederum als Funktionen. Mit der unendlichen Reihe hatte er einen ersten tragfähigen Rechenausdruck für die Darstellung von Funktionen zur Verfügung. Sodann schritt er von den elementaren vier Spezies über algebraische Operationen (wie Wurzelziehen) bis zu transzendenten Operationen (wie Logarithmieren) fort (*Introductio in analysin infinitorum* [*54: I cap. 1-9]). Er betrachtete aber auch umgekehrt jede Funktion als durch eine solche unendliche Potenzreihe darstellbar (cap. 4, Einleitung in die *Analysis* [*85 (1885): 49]). Durch unendliche Potenzreihen charakterisierte analytische Funktionen sind jedoch durch ihr Verhalten (d.h. durch die Vorgabe der Funktionswerte) auf beliebig kleinen Intervallen für den Rest ihres Definitionsbereiches bereits völlig festgelegt. Spätestens das Problem der schwingenden Saite zeigte Euler, dass dieser Funktionsbegriff zu eng war, denn eine auf irgendeinem Stück der Saite vorgegebene Auslenkung (Elongation) bestimmt den weiteren Verlauf der Auslenkung außerhalb dieses Stücks in keiner Weise, was bei einer Beschreibung durch Potenzreihen der Fall wäre; insbesondere entzog sich die «gezupfte» Saite, ein physikalisch unproblematischer Fall, der Darstellung durch Potenzreihen.

Vor Euler war funktionales Denken vornehmlich geometrisch orientiert. Die Verwendung von komplexen anstelle von reellen Zahlen als Argument in Funktionen zeigt die Dominanz des formalen und algorithmischen Denkens gegenüber geometrischen Vorstellungen bei ihm deutlich, obwohl der geometrische Hintergrund noch nicht gänzlich verschwand. Wenn, wie üblich, die in der Einleitung zu den *«Institutiones calculi differentialis»* [*62] gegebene Definition einer Funktion als *beliebige* Zuordnung zweier (Zahlen-)Mengen gedeutet wird, gibt das nicht seine Auffassung wieder. Er beschränkte sich auf konstruktive rechnerische Ausdrücke und ließ – falls das unzureichend war – auch das (konstruktive) Ziehen von «willkürlichen» Funktionslinien (Kurven) per Hand zu.

Euler verstand die Differenzialrechnung – ein Kernstück der *Analysis* – als Grenzfall der endlichen Differenzenrechnung. Das Verfahren, infinitesimale Größen zu vernachlässigen, betrachtete er als beweisbedürftig (*Institutiones calculi differentialis* [*62: I § 122-123], Einleitung in die *Analysis* [*85 (1885): 107-109]); er gestand jedoch zu – genau wie Johann Bernoulli –, dass Größen, die um Differenziale vermehrt oder vermindert werden, ihren Wert nicht ändern [*62: I § 87]. Er zeigte, wie man mit Differenzialen rechnet (Kalkül des Rechnens mit Nullen), wobei er zwischen arithmetischen und geometrischen Verhältnissen von Infinitesimalien unterschied (*Institutiones* [*62: I § 84], Einleitung [*85 (1885): 80]). Die moderne Nichtstandard-*Analysis* hat für sein Vorgehen Rechtfertigungen geliefert, doch lassen sich seine Überlegungen auch mithilfe von klassischen Argumentationen streng fassen (Juschkevitsch 1959 [*149: 224-244], Laugwitz 1983 [*154: 185-198]).

WIRKUNG

In der Mathematik und Mechanik des 18. Jahrhunderts war Euler eine prägende Gestalt. Dies zeigt sich schon an den von ihm eingeführten mathematischen

Bezeichnungen wie e , i oder $f(x)$ als auch an den rund 50 mathematischen Sätzen oder Begriffen, die seinen Namen tragen. Mit seinem analytisch gefassten Funktionsbegriff konstituierte er die grundlegende mathematische Disziplin Analysis im modernen Sinn, indem er sie aus dem geometrischen Kontext herausführte. Aufgrund seiner Tätigkeit an Akademien brachte er jedoch keine eigentliche Schule hervor, sondern wirkte – in der Mathematik wie in der Mechanik – überwiegend durch seine grundlegenden Lehrbücher.

Vor allem dank seiner Tätigkeit an der Berliner Akademie übte er erheblichen Einfluss auf das wissenschaftliche Naturverständnis des 18. Jahrhunderts aus. Auch die *«Lettres à une princesse d'Allemagne»* [*65] wurden breit rezipiert (vgl. Elkana 1974 [*151: 293]). Seine Vorstellungen vom Äther samt der Ablehnung einer Gravitationskraft wirkten auf die zeitgenössische Naturphilosophie, z.B. auf Lichtenberg. In differenzierter Abwägung von Newtons Emanationstheorie und Eulers Undulationstheorie des Lichts ergriffen Segner (Einleitung in die Naturlehre [*214 (1770): 455-457]), Johann Peter Eberhard (Erste Gründe der Naturlehre [*256 (1759): 293. 301-305]), Erxleben (Anfangsgründe der Naturlehre [*276 (1787): 263]) und Kant (AA, IV 519-520) Partei für Euler (vgl. Pollok 2001 [*47: 321-328]).

Kant, der Euler sein Erstlingswerk (Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte, 1749) zukommen ließ (Fischer 1985 [*159]), war nachhaltig von dessen Einsicht beeinflusst, dass Raum und Zeit eine Sonderstellung in der Erkenntnislehre einnehmen müssen, da sie sich weder durch sinnliche Erfahrung noch durch Abstraktion im Denken rechtfertigen lassen (*Réflexions sur l'espace et le tems* [*57]; vgl. Timerding 1919 [*145: 19-27], Cassirer 1922 [*8: 476-485], Harman 1983 [*155]). In der Schrift *«Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raum»* (1768) argumentierte er unter Nennung Eulers (AA, II 378) für die Existenz des absoluten Raums mit Verweis auf inkongruente Gegenstücke (z.B. linke und rechte Hand), die sich sonst nicht unterscheiden ließen. Auch wenn er sich von einem solchen Begriff des absoluten Raumes bereits in der Inauguraldissertation *«De mundi sensibilis atque intelligibilis forma et principiis»* (1770, § 15) distanzierte, hielt er doch an der Auffassung fest, dass Raum und Zeit einen Sonderstatus besitzen. Die gegen die Anhänger der Monadenlehre gerichtete Argumentation Eulers, dass es absurd sei, für Körper die mathematische Teilbarkeit ins Unendliche zu leugnen, wurde von Kant im *«Versuch, den Begriff der negativen Größen in die Weltweisheit einzuführen»* (1764, AA, II 168) wiederholt und fand Eingang in die Antithesis der zweiten Antinomie der *«Kritik der reinen Vernunft»* (A 439-442/B 467-470) (vgl. Cassirer 1922 [*8: 502-505]).

4. DIE LEHRER DER NATURWISSENSCHAFTEN
AN DEN UNIVERSITÄTEN*Konstantin Pollok*

Primärliteratur. – Darstellung.

PRIMÄRLITERATUR

Georg Erhard Hamberger [*201-*205]. – Johann Andreas von Segner [*211-*215]. – Johann Tobias Mayer [*231-*238]. – Johann Peter Eberhard [*251-*260]. – Johann Christian Polycarp Erxleben [*274-*280].

Die folgende Liste enthält für jeden Autor eine Auswahl der naturphilosophisch bzw. naturwissenschaftlich relevanten Titel.

Georg Erhard Hamberger

- 201 *Dissertatio mechanico medica de respirationis mechanismo atque usu genuino quam ... sub praesidio Georgii Erh. Hambergeri defendet Iustinus Gerhardus Duising ...* (Jena 1727) 44. – Weitere Aufl.: 1737.
- 202 *Elementa physices, methodo mathematica in usum auditorii conscripta, cum figuris aeneis atque indice* (Jena 1727) 434, 18 Ill. – Weitere Aufl.: 1735; 1741; 1750; 1761.
- 203 *Uberior dilucidatio legum suarum adhaesionis atque transitus ignis ex uno corpore in aliud ...* (Jena 1728) (14), 136.
- 204 *De respirationis mechanismo et usu genuino dissertatio: una cum scriptis quae vel illi opposita sunt vel ad controversiam de mechanismo illo agitatam pertinent. Accedunt his notae in quibus ad argumenta, dubia et criminationes respondetur ...* (Jena 1748) 182. – Weitere Aufl.: 1749.
- 205 *Physiologia medica seu de actionibus corporis humani sani doctrina principii physicis a se editis, itemque mathematicis atque anatomicis superstructa cum figuris aeneis et indice* (Jena 1751) 24, 804, (68), VIII.

Johann Andreas von Segner

- 211 *Dissertatio epistolica ... qua regulam Harrioti, de modo ex aequationum signis numerum ra-*

dicum eas componentium cognoscendi demonstrare ... conatur ... (Jena [1728]) 23.

- 212 *De natura ac principii medicinae* (Jena [1730]) 44.
- 213 *Specimen logicae universaliter demonstratae* (Jena 1740) (16), 198. – Moderne Ausgabe: a cura di Mirella Capozzi, Bologna 1988, CLXXII, 281.
- 214 *Einleitung in die Naturlehre* (Göttingen 1746) (16), 554, 14 Tafeln. – 2., verbesserte Aufl.: 1754; 3., sehr verbesserte Aufl.: 1770.
- 215 *Cursus mathematici, I-V* (Halle 1756-1768). – I: *Elementa arithmeticae, geometriae et calculi geometrici* (1756), dt. von Johann Wilhelm von Segner: *Anfangsgründe der Arithmetik, Geometrie und der geometrischen Berechnungen* (1764) 12, 446, XI; 2., von dem Verfasser selbst durchaus gebesserte und vermehrte Aufl.: 1773.

Johann Tobias Mayer

Bibliographie: Roth 1993 [*237].

- 231 *Neue und allgemeine Art, alle Aufgaben aus der Geometrie vermittelst der geometrischen Linien leichte aufzulösen ...* (Eßlingen 1741). – Weitere Aufl.: hg. von Johann Friedrich Benzenberg, Düsseldorf 1812, LXXI, 56.
- 232 *Mathematischer Atlas, in welchem auf 60 Tabellen alle Theile der Mathematic vorgestellt ...* (Augsburg 1745) LX.

- 233 (Hg.) Kosmographische Nachrichten und Sammlungen auf das Jahr 1748 (Nürnberg 1750) XXVIII, 419. – Enthält u.a. von J. T. M.: Beschreibung eines neuen Mikrometers (1-11); Astronomische Beobachtung der großen Sonnenfinsterniß vom J. J. 1748, den 25. Julius zu Nürnberg in dem Homannischen Hause angestellt ... (11-40); Beobachtung einiger Zusammenkunften des Mondes mit Fixsternen im Jahr 1747 und 1748 zu Nürnberg in dem Homannischen Hause angestellt (41-51); Abhandlung über die Umwälzung des Mondes um seine Axe, und die scheinbare Bewegung der Mondsflecke, worinnen der Grund einer verbesserten Mondsbeschreibung aus neuen Beobachtungen gelegt wird, Ister Theil (52-183); Tobias Mayer's Beweis, daß der Mond keinen Luftkreis hat (397-419).
- 234 *Theoria Lunae iuxta systema Newtonianum* (London 1767) 58.
- 235 *Opera inedita*. Vol. I. ... Edidit et observatum appendicem adiecit Georgius Christophorus Lichtenberg ... (Göttingen 1775) (8), 110. – Engl.: trans. Eric G. Forbes, London 1971, IX, 166.
- 236 *The Euler-Mayer correspondence, 1751-1755: a new perspective on 18th-century advances in the lunar theory*, ed. Eric G. Forbes (London 1971) 128.
- 237 *The unpublished writings*, ed. Eric G. Forbes, I-III (Göttingen 1972).
- 238 *Schriften zur Astronomie, Kartographie, Mathematik und Farbenlehre, I-III* (Hildesheim 2006) 412; 492; XIV, 708. – I: Eßlinger, Augsburger und Nürnberger Arbeiten, hg. von Eberhard Knobloch; II: Göttinger Arbeiten, Briefwechsel mit Leonhard Euler und Joseph-Nicolas Delisle, hg. von Erhard Anthes; III: *Opera posthuma et inedita*, hg. von Karin Reich.
- Johann Peter Eberhard*
- 251 *Dissertatio inauguralis medica de sanguificatione* (Halle 1749) 63.
- 252 *Versuch einer nähern Erklärung von der Natur der Farben zur Erläuterung der Farbentheorie des Newton* (Halle 1749) (12), 95. – 2. Aufl.: 1762.
- 253 *Gedanken von der Wirkung der Arzneimittel im menschlichen Leibe überhaupt* (Halle 1750) (8), 212.
- 254 *Gedanken vom Feuer und denen damit verwandten Körpern, dem Licht und der elektrischen Materie. Nebst einem Anhang Vom alchimistischen Feuer worin ein rares Sendschreiben des Pontanus mitgetheilt und erklärt wird* (Halle 1750) 208.
- 255 *Betrachtungen über einige Materien aus der Naturlehre. Nebst einem Anhang von einer besonderen Entstehungsart des Schalles* (Halle 1752) (14), 134.
- 256 *Erste Gründe der Naturlehre* (Halle 1753) (46), 702, (18), 10 III. – Weitere Aufl.: 1759; 1767; 1774; 1787.
- 257 *Samlung derer ausgemachten Wahrheiten in der Naturlehre* (Halle 1755) (14), 366, (4).
- 258 *Vermischte Abhandlungen aus der Naturlehre, Arzneygelahrtheit und Moral, I-III* (Halle 1759-1779).
- 259 *Versuch eines neuen Entwurfs der Thiergeschichte ...* (Halle 1768) (16), 318.
- 260 *Neue Beyträge zur Mathesi applicata* (Halle 1773). – Weitere Aufl.: 1786, (16), 398, XXVI.
- Johann Christian Polycarp Erxleben*
- 274 *Dissertatio inauguralis physica sistens diudicationem systematum animalium mammalium ... praeside ... Abraham Gotthelf Kaestner* (Göttingen 1767) 14.
- 275 *Anfangsgründe der Naturgeschichte, zum Gebrauche Akademischer Vorlesungen, I-II* (Göttingen 1768) (16), 271; (8), 281. – 2. Aufl.: 1773. Weitere Aufl., hg. von Johann Friedrich Gmelin: 1782; Wien 1787; 1791.
- 276 *Anfangsgründe der Naturlehre* (Göttingen, Gotha 1772) (24), 648, VIII. – 2. Aufl.: Frankfurt, Leipzig 1777; 3. Aufl.: mit Zusätzen von Georg Christoph Lichtenberg (Göttingen 1784) XLVIII, 727; 4. Aufl.: 1787; 5. Aufl.: 1791; Wien 1793; Frankfurt, Leipzig 1796; 6. Aufl.: Göttingen 1794; Wien 1801. – Moderne Ausgabe: *Vorlesungen zur Naturlehre. Lichtenbergs annotiertes Handexemplar der vierten Auflage von Johann Christian Polycarp Erxlebens <Anfangsgründen der Naturlehre>* (= Georg Christoph Lichtenberg: *Gesammelte Werke*, I) (Göttingen 2005) XXX, 1103.
- 277 *Physikalische Bibliothek, oder Nachricht von den neuesten Büchern, die in der Naturkunde einschlagen, I-IV* (Göttingen 1774-1779).
- 278 *Anfangsgründe der Chemie* (Göttingen 1775) (32), 472, (52). – Weitere Aufl.: mit neuen Zu-

sätzen vermehrt von Johann Christian Wieg-
leb, 1784; Wien 1785; Göttingen 1793.
279 Physikalisch-chemische Abhandlungen (Leip-
zig 1776) (10), 357.

280 *Systema regni animalis per classes, ordines,
genera, species, varietates cum synonymia et
historia animalium. Classis I. Mammalia*
(Leipzig 1777) XLVIII, 636, (64).

DARSTELLUNG

1. Georg Erhard Hamberger. – 2. Johann Andreas von Segner. – 3. Johann Tobias Mayer. – 4. Johann Peter Eberhard. – 5. Johann Christian Polycarp Erxleben.

1. Georg Erhard Hamberger

Georg Erhard Hamberger wurde am 13. Dezember 1697 in Jena geboren. Er interessierte sich bereits in jungen Jahren mehr für Mathematik als für Sprachgelehrsamkeit und Theologie, die er gemäß dem Wunsch seines Vaters Georg Albrecht Hamberger studieren sollte. 1714 begann er ein Medizinstudium in Jena, hörte daneben aber auch mathematische und physikalische Vorlesungen; 1717 erwarb er den Magister- und 1721 den medizinischen Doktorgrad. 1724 wurde er Landphysikus (Bezirksarzt) in Weimar, kehrte aber bereits 1726 nach Jena zurück, wo er eine außerordentliche Professur für Medizin erhielt. Zu seinen Schülern in Jena zählte zu dieser Zeit Johann Andreas von Segner. Nachdem ihn seine 1727 publizierte, theoretisch abgeleitete Deutung des Atemmechanismus als Kontraktion der Zwischenrippenmuskeln bekannt gemacht hatte (*Dissertatio mechanico medica* [*201]), geriet er nach 1740 mit Albrecht von Haller in einen Streit über seine Theorie eines Luftpolsters im Pleuraraum und die Beteiligung der Interkostalmuskulatur am Atemvorgang, wobei es weniger um die vordergründige Widerlegung einer Hypothese ging als um den methodologischen Primat der mathematisch-physikalischen Deduktion (Hamberger) oder des beweiskräftigen Tierversuchs (Haller) (vgl. *De respirationis mechanismo* [*204]). Hamberger schlug mehrere Angebote auswärtiger Universitäten aus, darunter 1733 den Ruf auf eine Professur in Göttingen, die schließlich Haller antrat. 1737 wurde er ordentlicher Professor der Mathematik und Physik in Halle. In seinem medizinischen Ordinariat, das er seit 1744 darüber hinaus innehatte, lehrte er zunächst Botanik, Anatomie und Chirurgie, seit 1748 auch Pathologie und seit 1749 Physiologie. Seit 1731 war er Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina. Er starb am 22. Juli 1755 in Jena.

Hambergers Verdienste als philosophischer Arzt erkannte Wiedeburg (1755 [*201: 5. 8]) darin, dass er die Beobachtung der Natur mit dem Auffinden ihrer Geheimnisse kombinierte und es ihm zu verdanken war, dass die «Naturlehre» zu einer «Wegweiserin des Arztes» wurde. Neben den medizinischen und physiologischen Untersuchungen, in denen er die physikotheologische Sicht durch Erklärungen aller Lebensvorgänge aus einfachen physikalischen, mathematisch analy-

sierbaren Gesetzen ersetzte, besteht seine Leistung in der Verknüpfung von Naturlehre und Mathematik und deren populärer Darstellung in seinen *«Elementa physices»* [*202], die zeitweise das weitest verbreitete Physiklehrbuch an deutschen Universitäten waren (Lind 1992 [*39: 123]). Deutlich erkennbar sind darin die (gegen Newtonianer gerichteten) Kontinuumsbegriffe von Kraft und Materie, bei deren Herausarbeitung Hamberger einerseits systematischer und andererseits stärker erfahrungsorientiert als Wolff verfährt. Im Gegensatz zu den von Wolff im Gefolge Descartes' angenommenen Ätherströmungen ließ sich sein Kohäsionsbegriff, der das Zentrum seiner Theorie darstellt, leichter mit dem Leibniz'schen Kraftbegriff vereinbaren. Kohäsion drückt für ihn direkt die kontinuierliche Kraft eines Körpers aus und ist so eine ursprüngliche Eigenschaft der Materie. Ihre Größe steht im Verhältnis zwischen den inneren Kräften der beteiligten Körper und der Anzahl der Berührungspunkte. Im Hauptstück *«De cohaesione corporum»* gelangt er zu dem nach ihm benannten (wenngleich nicht allgemein geltenden) Gesetz: Eine Kohäsion zwischen einer Flüssigkeit und einem Festkörper ist dann zu beobachten, wenn die Dichte der Flüssigkeit kleiner oder gleich der Dichte des festen Körpers ist [*202: § 161]. Der im Kohäsionsbegriff vorausgesetzte Begriff der Dichte (§ 62) spielt eine so prominente Rolle, dass sich begründet behaupten lässt, für Hamberger sei die spezielle Physik *«eine Mechanik dichter, subtiler Fluida»* (Lind 1992 [*39: 137]). Das ist bereits an dem von anderen Lehrbüchern der Zeit abweichenden Aufbau zu erkennen: Im Vordergrund stehen nicht mechanische Bewegungsphänomene, sondern stabile Zustände und Zustandsveränderungen von flüssigen und festen Körpern bei deren Mischung und Trennung (vgl. die Kapitel *«De aequilibrio fluidorum et solidorum»* und *«De mixtione et separatione»*). So führt er beispielsweise auch das Phänomen der Schwere auf Bewegungen in Richtung größerer Ätherdichte zurück, und zwar dynamisch, nicht mechanisch nach der cartesischen Wirbeltheorie [*202: § 57. 109-110. 148].

Sein Sohn Adolph Albrecht, ebenfalls Naturphilosoph, erreichte das Format des Vaters nicht. Seine Lehrbücher *«Allgemeine Experimental-Naturlehre auf eigene Erfahrung und Vernunftschlüsse gegründet»* (1774) und *«Kurzer Entwurf einer Naturlehre, worinnen alles aus dem einzigen Begriffe, dass Kraft nichts anders als Druck sey, erwiesen ist»* (1780) enthalten eine cartesianisch-rationalistisch geprägte kinematische Physik, die *«originell, aber von einer fast rührenden Unzulänglichkeit»* ist (Lind 1992 [*39: 124]). Naturphilosophen, die mehr oder weniger deutlich von Georg Erhard Hamberger beeinflusst wurden, sind Jacob Friedrich Maler (*Physik oder Naturlehre zum Gebrauch hoher und niederer Schulen*, 1767) sowie im Anschluss an ihn Johann Lorenz Boeckmann (*Naturlehre, oder: die gänzlich umgearbeitete Malerische Physik*, 1775), Christian Gottlieb Kratzenstein (*Systema physicae experimentalis*, 1758; Vorlesungen über die Experimentalphysik, 1758) und vor allem Laurenz Johann Daniel Suckow (*Entwurf einer Naturlehre*, 1761), der Hamberger folgend die methodische Trennung von dogmatischer und experimenteller Physik vorantrieb (Lind 1992 [*39: 135]). – Kant besaß die dritte Auflage der *«Elementa physices»* [*202] und kommt in den *«Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte»* (AA, I 26. 60-61)

namentlich, in den *Metaphysischen Anfangsgründen* (IV 526-527) sowie vermehrt im *Opus postumum* (z.B. XXI 281) auf Hambergers Theorie des Zusammenhangs (Kohäsion) zu sprechen.

2. Johann Andreas von Segner

Johann Andreas (János-András) von Segner wurde am 9. Oktober 1704 als Sohn eines Kaufmanns in Preßburg geboren. Er studierte in Preßburg, Raab (Győr), Debreczin und ab 1725 in Jena Medizin, Physik und Mathematik. 1729 erlangte er dort die medizinische Doktorwürde (*De natura ac principii medicinae* [*212]). Zwischen 1730 und 1732 praktizierte er in Preßburg und Debreczin als Stadtphysikus, kehrte jedoch 1732 als Magister und ab 1733 als Extraordinarius für Mathematik und Physik an die Philosophische Fakultät der Universität Jena zurück. Nachdem ihm auf Betreiben von Friedrich Hoffmann eine Professur in Halle zunächst in Aussicht gestellt, schließlich aber wegen zu starker Affinität zu Freigeisterei und Atheismus (gemeint war der Wolffianismus) doch verwehrt wurde, nahm er 1735 einen Ruf an die Universität Göttingen auf die Professur für Naturlehre und Mathematik innerhalb der Medizinischen Fakultät an. In die darauf folgende Schaffensperiode fallen nicht nur die Aufnahme in die Londoner Royal Society (1739) und die Berliner Akademie (1747), sondern auch der Beginn eines etwa 25 Jahre andauernden Briefwechsels und gelegentlichen persönlichen Kontakts mit Euler (Kaiser 1977 [*214: 47]). 1755 wechselte Segner als Nachfolger Christian Wolffs auf die Professur für Mathematik und Physik an die Universität Halle, wo er zum königlich preußischen Geheimrat ernannt wurde und den preußischen Adelstitel erhielt. Er starb am 5. Oktober 1777 in Halle.

Philosophisch ist Segner dem Newtonianismus zuzurechnen, wie schon seine Verteidigung der Emanationstheorie des Lichts nahelegt. Im Gegensatz zu wolffianischen Begriffsanalysen und daraus abgeleiteten ontologischen Aussagen über die natürlichen Dinge verfährt er in seiner *Einleitung in die Naturlehre* [*214], orientiert an Willem Jacob 's Gravesande (*Physices elementa mathematica*, I-II, 1720-1721) und Petrus van Musschenbroek (*Elementa physicae*, 1734), einerseits mathematisch, indem er elementare geometrische Beweise führt, andererseits experimentell. Als verlässliche Erkenntnisquelle akzeptiert er letztlich nur die Sinnlichkeit, woraus folgt, dass fehlerhafte Erkenntnisse vor allem auf falsche Schlüsse zurückzuführen sind.

Von seinen zahlreichen naturwissenschaftlichen Abhandlungen erlangten insbesondere seine Forschungen zur Hydraulik größere Bedeutung. Das nach ihm benannte Wasserrad (auch Wasserwerk, -maschine) und die damit verbundene, von Daniel Bernoulli (*Hydrodynamica* [*12]) vorbereitete Theorie der drei rechtwinklig zueinander stehenden Rotationsachsen fester Körper markieren den Beginn der technischen Turbinenentwicklung. Euler, der die Genialität des Segner'schen Wasserrades erkannte, referierte 1750 und 1752 vor der Berliner Akademie über dessen Entdeckung. – Segners nahezu vollständiger und 1745 von Abraham Gotthelf Kästner unter Verweis auf ihn abgeschlossener Beweis der von

Descartes (*La géométrie*, 1637) aufgestellten und fälschlicherweise nach dem Engländer Thomas Harriot benannten Vorzeichenregel begründete seine Anerkennung als Mathematiker: Besitzt das Polynom $P(x)$ lauter reelle Nullstellen, dann hat das Produkt $(x-m)P(x)$ für $m > 0$ genau einen Zeichenwechsel mehr als $P(x)$ (*Dissertatio epistolica* [*211]; vgl. Karady 1977 [*215: 144-145], Jentsch 1977 [*215: 152-153]).

Segner erzielte auch eine erhebliche Breitenwirkung. Sowohl die *«Einleitung in die Naturlehre»* [*214] als auch die von seinem Sohn Johann Wilhelm von Segner übersetzten *«Anfangsgründe der Arithmetick»* [*215], die unter anderen Kant heranzog (*Prolegomena*, AA, IV 269; KrV B 15), waren Lehrbücher, die wiederholt aufgelegt und häufig verwendet wurden. Noch Johann Samuel Traugott Gehler (*Physikalisches Wörterbuch*, III, 1790, 488) führt bei der Definition der Physik als erstes Segners Bestimmung an, dass *«zur Naturlehre alles [gehört], was wir von Körpern überhaupt und von den besondern Arten derselben wissen können»* (*Einleitung in die Naturlehre* [*214: Abschn. I, § 1]).

3. Johann Tobias Mayer

Johann Tobias Mayer wurde am 17. Februar 1723 in Marbach (Württemberg) als Sohn eines Wagenbauers geboren. Nach dem Tod des Vaters (1731) und der Mutter (1737) lebte er in einem Waisenhaus in Eßlingen. Hier erwarb er sich im Selbststudium mathematische Kenntnisse und erhielt daneben von einem Artillerieunteroffizier Unterricht in Geometrie, Fortifikation und Artillerie. Auf der Basis dieses Wissens veröffentlichte er 1741 seine *«Neue und allgemeine Art, alle Aufgaben aus der Geometrie vermittelt der geometrischen Linien leichte aufzulösen»* [*231], worin er die analytische Methode auf geometrische Probleme anwandte. Dieses Erstlingswerk ist nicht nur Christian Wolff gewidmet, sondern verrät auch eine intensive Lektüre von dessen *«Anfangs-Gründen aller mathematischen Wissenschaften»*, einem zu dieser Zeit überaus populären Kompendium der Mathematik, das Mayer später selbst noch als Grundlage seiner eigenen Vorlesungen verwendete (Forbes 1980 [*233: 32]). Nach einer Anstellung in einer Landkartenoffizin in Augsburg übersiedelte er 1746 nach Nürnberg, wo er von Johann Michael Franz in der Homannischen Landkartenoffizin angestellt wurde. Hier konnte er geographische und astronomische Untersuchungen anstellen, die er schließlich 1750 in den *«Kosmographischen Nachrichten»* [*233] publizierte. 1751 wurde er als ordentlicher Professor der Ökonomie und Mathematik nach Göttingen berufen. Während des Siebenjährigen Krieges und der französischen Belagerung Göttingens erkrankte er 1761 an einer Gangrän und starb dort am 20. Februar 1762.

Unter seinen Arbeiten ragen deutlich die Untersuchungen zur Mondoberfläche heraus. Im Zuge der kartographischen Erfassung des Mondes und der Erstellung von Mondtabellen leistete er theoretische und experimentelle Pionierarbeit, weshalb er als *«einer der bedeutendsten Astronomen des 18. Jahrhunderts, als Theoretiker und auch als praktischer Beobachter»* (Hamel 2004 [*52: II 473]) angese-

hen wird. Die Tabellen erlaubten eine überaus genaue Positionsbestimmung des Mondes und damit der geographischen Länge eines Schiffes auf hoher See. Er schloss aus seinen Untersuchungen, dass der Mond keine Atmosphäre hat, stellte mit seinem Mauerquadranten Sternbeobachtungen an, die als erste die Eigenbewegung einiger Fixsterne nachwiesen und ihm große Reputation in der Fachwelt eintrugen, und erfand eine einfache Methode zur Berechnung von Sonnenfinsternissen. Auf der Suche nach einer Methode, geographische Koordinaten ohne astronomische Beobachtungen bestimmen zu können, entwickelte er eine neue Theorie des Magnetismus, die die Gültigkeit des von John Michell (*A treatise of artificial magnets*, 1750) gefundenen inversen Abstandsgesetzes magnetischer Anziehung und Abstoßung bestätigte (Wolf 1938 [*232: 269]).

Mayer hatte trotz seines kurzen Lebens eine große Wirkung. Er fand Anerkennung bei Abraham Gotthelf Kästner, der als Direktor der Göttinger Sternwarte Mayer nachfolgte und die Grabrede auf ihn hielt (1762 [*231]), bei Leonhard Euler, mit dem er über astronomische Probleme zeitweise in engem Briefkontakt gestanden hatte [*236] und bei Georg Christoph Lichtenberg, der die *Opera inedita Tobiae Mayeri I* (1775) herausgab [*235]. Von Mayers Kindern ist der gleichnamige Sohn Johann Tobias Mayer zu erwähnen, Professor für Mathematik und Physik, zunächst an der Universität Altdorf bei Nürnberg, später als Nachfolger Georg Christoph Lichtenbergs an der Universität Göttingen. Er befasste sich in erster Linie experimentalphysikalisch mit dem Problem der Imponderabilien (Anfangsgründe der Naturlehre zum Behuf der Vorlesungen über Experimental-Physik, 1801).

4. Johann Peter Eberhard

Johann Peter Eberhard wurde am 2. Dezember 1727 als Sohn eines Predigers in Altona geboren. 1742 immatrikulierte er sich an der Universität Gießen, setzte seine Studien bei Johann Andreas von Segner und dem Theologen Christoph August Heumann in Göttingen fort, wechselte wenige Jahre später an die Universität Helmstedt und schloss 1749 sein Studium in Halle mit dem medizinischen Doktorat ab (*De sanguificatione* [*251]), um ebenda Privatdozent der Medizin zu werden. 1753 wurde er zum außerordentlichen Professor für Mathematik und Physiologie an der Philosophischen Fakultät ernannt und gehörte seitdem der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina an. Ab 1753/54 hielt er Vorlesungen über Medizin und vor allem über reine und angewandte Mathematik sowie theoretische und experimentelle Physik. 1756 übernahm er eine ordentliche Professur für Medizin, 1766 für Mathematik und 1769 – in einem Doppelordinariat – die ordentliche Professur für Physik. Er starb am 17. Dezember 1779 in Halle.

Sein naturphilosophisches Hauptwerk, die *Ersten Gründe der Naturlehre* [*256], ist ein Universitätslehrbuch, das für ein breites Publikum geschrieben wurde und deshalb der zeitgenössischen Tendenz folgend über viele eindrucksvolle Experimente berichtet. Eberhard kann als einer der meistgelesenen naturphilosophischen Eklektiker angesehen werden; er folgte der Newton'schen Physik

(z.B. Akzeptanz von Fernkräften, Erfahrungsbezug, Wichtigkeit des Demonstrationsexperiments), behielt gleichzeitig inhaltliche und methodische Elemente der cartesischen Mechanik bei (Suche nach mechanischen Ursachen statt bloßer Subsumtion unter Naturgesetze) und anerkannte Eulers Theorie des Lichts (Undulationstheorie). Grundlage unserer Naturkenntnis müsse die Erfahrung sein, weshalb die Experimentalphysik den wichtigsten Teil der Naturlehre ausmache. Dennoch sei es auch die Aufgabe des Naturlehrers, eine philosophische Erklärung der (nicht wahrnehmbaren) Ursachen und des Wesens der natürlichen Dinge zu liefern. Derartige Erklärungen finden sich sowohl im allgemeinen Teil der *«Ersten Gründe der Naturlehre»*, in dem Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Teilbarkeit, Bewegbarkeit und Kraft, wie im besonderen Teil, in dem u.a. flüssige und feste Körper, Luft, Erde und das Weltgebäude behandelt werden. Was Argumentationsweise und Erklärungsart anbelangt, steht Eberhard damit auch in der Wolff'schen Tradition der *«dogmatischen Physik»*. Im Anhang zu seiner *«Samlung derer ausgemachten Wahrheiten in der Naturlehre»* [*257] führt er zwei Arten von Ursachen ein, nämlich einerseits das Naturgesetz und andererseits mechanische Gründe, wobei Letztere nicht umstandslos zu allgemeinen Gesetzen führen: *«Es ist gewis, daß das Wasser bei der Fluth gegen den Mond zu in die Höhe gehoben werde. Folgt aber daraus, daß allezeit der Zug des Mondes die Ursache dieses Aufschwellens sei?»* (354). Aufgabe der experimentellen Physik ist daher eher die Aufstellung des Gesetzes, unter das Erscheinungen subsumiert werden, als die Bestimmung der Ursache.

Kant benutzte Eberhards *«Naturlehre»* zwischen 1756/57 und 1787/88 als Vorlesungskompendium; er stimmte mit dem Autor darin überein, dass in der Naturlehre *«nur die ersten Gründe»* erklärt werden sollten, *«aus welchen alle übrige Begebenheiten hergeleitet werden können»* (Erste Gründe [*256 (1759): 4]). In seinen *«Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft»* (1786) weicht er jedoch signifikant von Eberhard und anderen deutschen Naturlehrern des 18. Jahrhunderts ab, insofern er die Explikation solcher *«ersten Gründe»* nicht als Beschreibung natürlicher Phänomene versteht, sondern sie im Rahmen einer erkenntniskritischen Metaphysik der Natur liefert.

4. Johann Christian Polycarp Erxleben

Johann Christian Polycarp Erxleben wurde am 22. Juni 1744 in Quedlinburg geboren. Während seiner Jugend erhielt er naturwissenschaftlichen und naturgeschichtlichen Unterricht durch seine Mutter Dorothea Christiane (geb. Leporin), die 1754 als erste Frau in Deutschland den medizinischen Dokortitel erwarb. 1763-1767 studierte er Medizin, Mathematik und Physik in Göttingen, und zwar in erster Linie bei Abraham Gotthelf Kästner, der in seinem Unterricht das Gewicht von der Physik auf die *«angewandte Mathematik»* verschob und für diese anstelle der Wolff'schen seine eigenen Kompendien verwendete. Nach dem Studienabschluss mit einer zoologischen Arbeit [*274] lehrte er in Göttingen ab 1767 Naturgeschichte, wobei er in seinen Vorlesungen weit über dieses Gebiet hinaus-

ging, 1770 erhielt er die erste (außerordentliche) Professur für Veterinärmedizin in Deutschland; 1775 wurde er nach der Teilung der Professur Kästners ordentlicher Professor für (Experimental-)Physik an der Philosophischen Fakultät und darüber hinaus Mitglied der Königlichen Sozietät der Wissenschaften zu Göttingen. Er starb am 19. August 1777 in Göttingen.

Erxlebens drei Hauptwerke behandeln die naturphilosophischen Themen seiner Vorlesungen. Die *«Anfangsgründe der Naturgeschichte»* [*275] befassen sich mit der zu dieser Zeit so genannten *«physica specialis»* und beschreiben – wenn gleich stärker systematisiert als vergleichbare Kompendien – die *«drei Naturreiche»* der Mineralien, Pflanzen und Tiere. Die *«Anfangsgründe der Naturlehre»* [*276], vielleicht sein erfolgreichstes Buch (vgl. Beaucamp 1991 [*265]), beinhalten eine an Newton und Euler orientierte *«physica generalis»*. Erxleben betrachtet – gewissermaßen noch im Stil der alten Physik – diese beiden Werke als eine Einheit und ist bestrebt, der Tendenz zum isolierten Studium einzelner Naturerscheinungen entgegenzuwirken; in diesem Sinne lehnt er Arbeiten wie Carl von Linnés *«Systema naturae»* als bloße *«Register über die bekannten natürlichen Körper»* (*Anfangsgründe der Naturlehre* [*276: Vorrede, XVII]) ab. Seine von der Naturlehre streng geschiedenen *«Anfangsgründe der Chemie»* [*278] können als einer der ersten erfolgreichen Versuche angesehen werden, die Chemie als eine eigenständige Disziplin zu etablieren, d.h. sie von ihren medizinischen und ökonomischen Vereinnahmungen zu befreien. Mit diesem Kompendium schlug er sich auf die Seite der Antiphlogistik (vgl. unten § 39).

Die Einbeziehung der Mathematik in die Naturwissenschaft beinhaltete für Erxleben nicht, die mathematische Methode, wie sie Wolff für die gesamte Philosophie gefordert und praktiziert hatte, zu übernehmen, sondern quantitative statt qualitative Wissenschaft zu betreiben: *«Eigenschaften und Kräfte der Körper gehören also für die Naturlehre, auch selbst der Größe nach; denn ohne auf die Größe der Kräfte zu sehen, kann Niemand von ihnen gehörig urtheilen oder reden. So ist also freilich die Wissenschaft der Größen, die Mathematik, von der Naturlehre ihrem Wesen nach unzertrennbar»* (*Anfangsgründe der Naturlehre* [*276: § 3]). Daneben begrüßte er ausdrücklich die zu diesem Zeitpunkt zu beobachtende Schwerpunktverschiebung von der *‘dogmatischen Physik’* hin zur Experimentalphysik: *«daß die übermäßige Liebe zum System nach und nach unterdrückt, der Beobachtungstrieb dagegen mehr erweckt wurde»* (§ 17).

Die fortdauernde Erweiterung und Aktualisierung der Literaturangaben zur *«Naturlehre»* [*276] durch Lichtenberg, der in seinen Anmerkungen bisweilen beträchtlich von Erxleben abweicht (z.B. Ablehnung einer attraktiven Gravitationskraft, Ablehnung von Eulers Wellentheorie und Befürwortung von Newtons Korpuskulartheorie des Lichts), bewahrten bzw. erhöhten noch den Wert dieses Lehrbuchs (vgl. Herrmann 1969 [*262]). Erxlebens Kompendien wurden auch nach seinem Tod verwendet, neu gedruckt und ins Polnische, Russische und Dänische übersetzt (Beaucamp 1991 [*265], Clark 1997 [*43: 350]). Kant beispielsweise legte Erxlebens *«Anfangsgründe der Naturlehre»* zwischen 1776 und 1783 seinen Vorlesungen zugrunde, er verfolgte auch deren Weiterentwicklung durch Lichtenberg und verwendete 1787/88 deren dritte Auflage. Johann Friedrich Gme-

lin überarbeitete die *«Anfangsgründe der Naturgeschichte»* [*275], Johann Christian Wiegleb die *«Anfangsgründe der Chemie»* [*278], obwohl er noch ein Anhänger der Phlogistontheorie war. Kritische Bemerkungen zur Oxidationstheorie von Antoine Laurent Lavoisier sowie neue Entdeckungen in der Elektrizitätslehre – Lichtenberg spricht von einer *«Chemie der Elektrizität»* (*Anfangsgründe der Naturlehre* [*276 (1794): Vorrede, XXII]; Stichweh 1984 [*31: 103]) – wurden von Lichtenberg in seine Editionen der *«Naturlehre»* integriert; er hob damit der Tendenz der Zeit folgend Erxlebens strenge Unterscheidung von Naturlehre und Chemie auf.

SEKUNDÄRLITERATUR ZUM NEUNTEN KAPITEL

Allgemeine Literatur [*1-*52]. – Daniel Bernoulli [*101-*109]. – Leonhard Euler [*131-*172]. – Georg Erhard Hamberger [*201-*202]. – Johann Andreas von Segner [*211-*215]. – Johann Tobias Mayer [*231-*237]. – Johann Peter Eberhard [*251]. – Johann Christian Polycarp Erxleben [*261-*267]. – Chemie [*301-*313].

Allgemeine Literatur

- 1 Sigmund Günther: Die mathematische und Naturwissenschaften an der nürnbergischen Universität Altdorf, in: Mitteilungen des Vereins für Geschichte der Stadt Nürnberg 3 (1881) 1-36.
- 2 Ferdinand Rosenberger: Die Geschichte der Physik in Grundzügen mit synchronistischen Tabellen der Mathematik, der Chemie und beschreibenden Naturwissenschaften sowie der allgemeinen Geschichte. II: Geschichte der Physik in der neueren Zeit (Braunschweig 1884) 406.
- 3 Moritz Rühlmann: Vorträge über Geschichte der technischen Mechanik und der damit in Zusammenhang stehenden mathematischen Wissenschaften (Leipzig 1885) XII, 553. – Nachdruck: Hildesheim 1979.
- 4 Moritz Cantor: Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, III: 1668-1758 (Leipzig 1898) XIV, 893.
- 5 Adolf von Harnack: Geschichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, I/1: Von der Gründung bis zum Tode Friedrichs des Großen (Berlin 1900) VII, 492.
- 6 Josef Schaff: Geschichte der Physik an der Universität Ingolstadt (Erlangen 1912) VI, 234.
- 7 Friedrich Paulsen: Geschichte des gelehrten Unterrichts auf den deutschen Schulen und Universitäten vom Ausgang des Mittelalters bis zur Gegenwart, mit besonderer Rücksicht auf den klassischen Unterricht, I-II (Berlin ³1919-1921) XXVII, 636; XII, 834. – Nachdruck: 1960; 1965.
- 8 Ernst Cassirer: Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit, II (Berlin ³1922) XV, 832. – Nachdruck: Darmstadt 1994. – Ges. Werke, Hamburger Ausgabe, III, bearb. von Dagmar Vogel, 1999.
- 9 Hermann Weyl: Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft (München 1927) 162. – 3., wesentlich erweiterte Aufl.: 1966, 406. – Engl.: Philosophy of mathematics and natural science (Princeton 1949) X, 311.
- 10 Friedrich Gundel: Die Mathematik an den deutschen höheren Schulen. Teil II: Vom Anfang des 18. Jahrhunderts bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts (Leipzig 1929) IV, 150.
- 11 Götz von Selle: Die Georg-August-Universität zu Göttingen 1717-1937 (Göttingen 1937) 398.
- 12 Ernst Theodor Nauck: Zur Vorgeschichte der naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. Die Vertretung der Naturwissenschaften durch Freiburger Medizinprofessoren (Freiburg 1954) 71.
- 13 Alexandre Koyré: Newtonian studies (Cambridge, Mass./London 1965) VIII, 288.
- 14 Maria Reindl: Lehre und Forschung in Mathematik und Naturwissenschaften, insbesondere Astronomie, an der Universität Würzburg von der Gründung bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts (Neustadt an der Aisch 1966) VIII, 287.
- 15 Clifford Truesdell: Essays in the history of mechanics (Berlin 1968) X, 384.
- 16 Ronald S. Calinger: The Newtonian-Wolffian controversy (1741-1759), in: Journal of the History of Ideas 30 (1969) 319-330.
- 17 Margula R. Perl: Physics and metaphysics in Newton, Leibniz, and Clarke, in: Journal of the History of Ideas 30 (1969) 507-526.
- 18 Francis E. L. Priestley: The Clarke-Leibniz controversy, in: Robert E. Butts, John W. Davis (eds.): The methodological heritage of Newton (Oxford 1970) 34-56.
- 19 Walter Schöler: Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts im 17. bis 19. Jahrhundert (Berlin 1970) 373.
- 20 Roslind Hackenberg: Die Entwicklung der Naturwissenschaften an der Universität Marburg von 1750 bis zur westfälischen Zeit (Diss. Marburg 1972) 262.
- 21 Dorothea Goetz: Der naturwissenschaftliche Aspekt der deutschen Aufklärung an den

- Universitäten im 18. Jahrhundert (Diss. Potsdam 1973) 290.
- 22 Hans Fischer: Johann Jakob Scheuchzer (2. August 1672 – 23. Juni 1733). Naturforscher und Arzt (Zürich 1973) 168.
- 23 Irving I. Polonoff: Force, cosmos, monads and other themes of Kant's early thought (Bonn 1973) VII, 214.
- 24 Hans Schimank: Zur Geschichte der Physik an der Universität Göttingen vor Wilhelm Weber (1734-1830), in: Rete. Strukturgeschichte der Naturwissenschaften 2 (1973) 207-252.
- 25 Egill Snorrason: C. G. Kratzenstein, professor physices experimentalis Petropol. et Havn. and his studies on electricity during the eighteenth century (Odense 1974) 206.
- 26 Wolf Lepenies: Das Ende der Naturgeschichte. Verzeitlichung und Enthistorisierung in der Wissenschaftsgeschichte des 18. und 19. Jahrhunderts (München 1976) 277.
- 27 Fritz Krafft: Der Weg von den Physikern zur Physik an den deutschen Universitäten, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 1 (1978) 123-162.
- 28 Rudolf Schmitz et al.: Die Naturwissenschaften an der Philipps-Universität Marburg 1527-1977 (Marburg 1978) XXXIV, 540.
- 29 George S. Rousseau, Roy S. Porter (eds.): The ferment of knowledge: studies in the historiography of eighteenth-century science (Cambridge 1980) XIII, 500. – Enthält u.a.: Henk J. M. Bos: Mathematics and rational mechanics (327-355); John L. Heilbron: Experimental natural philosophy (357-387).
- 30 Fritz Krafft: Das Selbstverständnis der Physik im Wandel der Zeit (Weinheim 1982) 216.
- 31 Rudolf Stichweh: Zur Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen. Physik in Deutschland 1740-1890 (Frankfurt a.M. 1984) 558.
- 32 Clifford Truesdell: An idiot's fugitive essays on science: methods, criticism, training, circumstances (New York 1984) XVII, 654.
- 33 Martina Lorenz: Der Anteil Christian Wolffs an der Rezeption von Grundprinzipien der Newtonschen Physik in Deutschland zu Beginn des 18. Jahrhunderts. Ein Beitrag zum Verhältnis von Physik und Frühaufklärung (Diss. Leipzig 1985) 118, (60).
- 34 Rudolf Vierhaus (Hg.): Wissenschaften im Zeitalter der Aufklärung (Göttingen 1985) 282. – Enthält u.a.: Andreas Kleinert: Mathematik und anorganische Naturwissenschaften (218-248).
- 35 István Szabó: Geschichte der mechanischen Prinzipien, hg. von Peter Zimmermann, Emil A. Fellmann (Basel³1987) XV, 571.
- 36 Wolfgang Förster (Hg.): Aufklärung in Berlin (Berlin 1989) 412. – Enthält u.a.: Günter Kröber: Zu Leonhard Eulers philosophischen Ansichten (116-129); Cornelia Buschmann: Die philosophischen Preisfragen und Preisschriften der Berliner Akademie der Wissenschaften im 18. Jahrhundert (165-228).
- 37 Kathryn M. Olesko (ed.): Science in Germany: the intersection of institutional and intellectual issues (Philadelphia 1989) 313.
- 38 Helmut Pulte: Das Prinzip der kleinsten Wirkung und die Kraftkonzeptionen der rationalen Mechanik (Stuttgart 1989) 309.
- 39 Gunter Lind: Physik im Lehrbuch 1700-1850. Zur Geschichte der Physik und ihrer Didaktik in Deutschland (Berlin 1992) X, 403.
- 40 Victor J. Katz: A history of mathematics (New York 1993) XIV, 786.
- 41 Casper Hakfoort: Optics in the age of Euler. Conceptions of the nature of light, 1700-1795 (Cambridge 1995) 243. – Zuerst niederl.: 1986.
- 42 Friedrich Hund: Geschichte der physikalischen Begriffe, I-II (Heidelberg²1996) XXII, 212; 248.
- 43 William Clark: German physics textbooks in the «Goethezeit», in: History of Science 35 (1997) 219-239. 295-363.
- 44 Verena Goldt: Zentralbegriffe der Elektrizitätsforscher im 17. und 18. Jahrhundert (Frankfurt a.M. 1999) 237.
- 45 Rüdiger Thiele (Hg.): Mathesis. Festschrift für Matthias Schramm (Berlin 2000) 348. – Enthält u.a.: Marion Soreth: Die Eulerkreise in Eulers Briefen an eine deutsche Prinzessin (55-81); R. T.: Frühe Variationsrechnung und Funktionsbegriff (128-181).
- 46 Olaf Breidbach, Paul Ziche (Hg.): Naturwissenschaften um 1800. Wissenschaftskultur in Jena-Weimar (Weimar 2001) 294.
- 47 Konstantin Pollok: Kants «Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft». Ein kritischer Kommentar (Hamburg 2001) X, 545.
- 48 Dietrich von Engelhardt et al. (Hg.): Biographische Enzyklopädie deutschsprachiger Mediziner (München 2002) XII, 992.
- 49 Konstantin Pollok: «Fabricating a world in accordance with mere fantasy ...?». The origins of Kant's critical theory of matter, in: The Review of Metaphysics 56/1 (2002) 61-97.
- 50 Heiko Weber: Die Elektrisiermaschinen im 18. Jahrhundert (Berlin 2003) 160.

- 51 Jan Frercks: Disziplinbildung und Vorlesungsalltag. Funktionen von Lehrbüchern der Physik um 1800 mit einem Fokus auf die Universität Jena, in: *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 27 (2004) 27-52.
- 52 Dieter Hoffmann et al.: *Lexikon der bedeutenden Naturwissenschaftler, I-III* (München 2004). – Enthält u.a.: Jürgen Hamel: Johann Tobias Mayer (II 473).

Daniel Bernoulli

- Vgl. auch Zimmermann 1996 in: *Werke* [*25: I 5-41].
- 101 Marie-Jean-Antoine-Nicolas Caritat, marquis de Condorcet: *Éloge de M. Bernoulli*, in: *Histoire de l'Académie Royale des Sciences* 1782 (Paris 1785) 82-107. – Dt. von Daniel II. Bernoulli: *Vita Danielis Bernoulli*, in: *Acta Helvetica* 9 (1787) 1-32.
- 102 Rudolf Wolf: *Daniel Bernoulli*, in: *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz*, III (Zürich 1860) 151-202.
- 103 Carl Albrecht Bernoulli (Hg.): *Gedenkbuch der Familie Bernoulli zum 300. Jahrestage ihrer Aufnahme in das Basler Bürgerrecht* (Basel 1922) VII, 286.
- 104 Otto Spiess: *Die Basler Mathematiker* (Basel 1939) 51.
- 105 Friedrich Huber: *Daniel Bernoulli (1700-1782) als Physiologe und Statistiker* (Basel 1958) 104.
- 106 Joachim Otto Fleckenstein: *L'école mathématique bâloise des Bernoulli à l'aube du XVII-IIe siècle* (Paris 1959) 21.
- 107 René Bernoulli-Sutter: *Die Familie Bernoulli* (Basel 1972) 237.
- 108 Christoph J. Scriba: *On the so-called 'classical problems' in the history of mathematics*, in: Ivor Grattan-Guinness (ed.): *History in mathematics education* (Paris 1987) 73-99.
- 109 Hans Straub: *Daniel Bernoulli*, in: *Biographical dictionary of mathematicians*, I (New York 1991) 209-220.

Leonhard Euler

Bibliographie

- 131 Gustav Eneström: *Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers, I-II* (Leipzig 1910-1913) 222; 223-388.
- 132 Steven Boudewijn Engelsman: *What you should know about Euler's Opera omnia*, in: *Nieuw archief for wiskunde* 8 (1990) 67-79.

Biographie und Studien

- Vgl. auch Cassirer 1922 [*8: 472-485. 501-505], Truesdell 1984 [*32: 293-379], Kröber 1989 [*36: 116-129], Soreth 2000 [*45: 55-81], Thiele 2000 [*45: 128-181].
- 141 Marie-Jean-Antoine-Nicolas Caritat, marquis de Condorcet: *Éloge de M. Euler*, in: *Histoire de l'Académie Royale des Sciences* 1783 (Paris 1786) 37-68. – Opera [*77: III/12 287-310].
- 142 Nikolaus von Fuß: *Éloge de Monsieur Léonard Euler*, in: *Nova acta Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, I (1783) 159-212. – Dt. von Fuß: *Lobrede auf Herrn Leonhard Euler* (Basel 1786) 181, Opera [*77: I/1 p. XLIII-XCV].
- 143 Rudolf Wolf: *Leonhard Euler*, in: *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz*, IV (Zürich 1862) 87-134.
- 144 Edmund Hoppe: *Die Philosophie Leonhard Eulers. Eine systematische Darstellung* (Gotha 1904) VII, 167.
- 145 Heinrich Emil Timerding: *Kant und Euler*, in: *Kant-Studien* 23 (1919) 18-64.
- 146 Louis-Gustave du Pasquier: *Léonard Euler et ses amis* (Paris 1927) IX, 125.
- 147 Otto Spiess: *Leonhard Euler* (Frauenfeld, Leipzig 1929) 228.
- 148 Karl Euler: *Das Geschlecht der Euler-Schölpi* (Gießen 1955) 320.
- 149 Kurt Schröder (Hg.): *Sammelband der zu Ehren des 250. Geburtstages Leonhard Eulers der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vorgelegten Abhandlungen* (Berlin 1959) X, 336. – Enthält u.a.: Adolf P. Juschkewitsch: *Euler und Lagrange über die Grundlagen der Analysis* (224-244).
- 150 Adolf P. Juschkewitsch: *Leonhard Euler*, in: *Dictionary of scientific biography*, IV (New York 1971) 467-484. – Auch in: *Biographical dictionary of mathematicians*, II (New York 1991) 736-753.
- 151 Yehuda Elkana: *Scientific and metaphysical problems: Euler and Kant*, in: *Boston Studies in the Philosophy of Science* 14 (1974) 277-305.
- 152 Ronald Calinger: *Euler's 'Letters to a Princess of Germany' as an expression of his mature scientific outlook*, in: *Archive for History of Exact Sciences* 15 (1976) 211-233.
- 153 Rüdiger Thiele: *Leonhard Euler* (Leipzig 1982) 192. – Ital.: Bologna 2000.
- 154 Johann Jakob Burckhardt et al. (Hg.): *Leonhard Euler 1707-1783. Beiträge zu Leben und Werk* (Basel 1983) 553. – Enthält u.a.: Adolf

- P. Juschkewitsch: Euler's unpublished manuscript *Calculus differentialis* (161-170); Detlef Laugwitz: Die Nichtstandard-Analysis. Eine Wiederaufnahme der Ideen und Methoden von Leibniz und Euler (185-198); Bartel Leendert van der Waerden: Eulers Herleitung des Drehimpulssatzes (271-282); Wolfgang Breidert: Leonhard Euler und die Philosophie (447-457); Michael Raith: Der Vater Paulus Euler. Beiträge zum Verständnis der geistigen Herkunft Leonhard Eulers (459-470); J. J. B.: Euleriana – Verzeichnis des Schrifttums über Leonhard Euler (511-552).
- 155 Peter Michael Harman: Force and inertia: Euler and Kant's «Metaphysical foundations of natural science», in: *Nature mathematized: historical and philosophical case studies in classical modern natural philosophy*, I, ed. William R. Shea (Dordrecht 1983) 229-249.
- 156 Eberhard Knobloch et al. (Hg.): Zum Werk Leonhard Eulers. Vorträge des Euler-Kolloquiums im Mai 1983 in Berlin (Basel 1984) 238.
- 157 Peter Schulthess: Eulers Rolle in der Philosophie des 18. Jahrhunderts, in: *Gymnasium Helveticum* 38 (1984) 14-25.
- 158 Wolfgang Engel (Hg.): Festakt und Wissenschaftliche Konferenz aus Anlaß des 200. Todestages von Leonhard Euler 15./16. September 1983 in Berlin (Berlin 1985) 153. – Enthält u.a.: Jan Hult: Eulers Briefe an eine deutsche Prinzessin – Populärwissenschaft höchster Vollendung (83-90).
- 159 Harald-Paul Fischer: Kant an Euler, in: *Kant-Studien* 76 (1985) 214-218.
- 160 Emil A. Fellmann: Leonhard Euler (Hamburg 1995) 157. – Eulers Autobiographie: 11-13.
- 161 Ronald Calinger: Leonhard Euler: the first St. Petersburg years (1727-1741), in: *Historia mathematica* 23 (1996) 121-166.
- 162 Rüdiger Thiele: Euler und Maupertuis vor dem Horizont des teleologischen Denkens, in: Martin Fontius, Helmut Holzhey (Hg.): *Schweizer im Berlin des 18. Jahrhunderts* (Berlin 1996) 373-390.
- 163 Rüdiger Thiele: Leonhard Euler (1707-1783): episodes from his life and work, in: *Proceedings of the Canadian society for the history and philosophy of mathematics* 10 (1997) 1-26.
- 164 Giulio Maltese: On the relativity of motion in Leonhard Euler's science, in: *Archiv for History of Exact Science* 54 (2000) 319-348.
- 165 Ursula Goldenbaum: Das Publikum als Garant der Freiheit der Gelehrtenrepublik. Die öffentliche Debatte über den *Jugement de L'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres sur une Lettre prétendue de M. de Leibnitz 1752-1753*, in: Appell an das Publikum. Die öffentliche Debatte in der deutschen Aufklärung, 1687-1796 (Berlin 2004) 509-651.
- 166 Rüdiger Thiele: The mathematics and science of Leonhard Euler (1707-1783), in: Glen van Brummelen, Michael Kinyon (eds.): *Mathematics and the historian's craft* (New York 2005) 81-140.
- 167 Rüdiger Thiele: Leonhard Euler, in: Teun Koetsier, Luc Bergmans (eds.): *Mathematics and the divine: a historical study* (Amsterdam 2005) 509-521.
- 168 Roger Baker (ed.): *Euler reconsidered: tercentenary essays* (Heber City 2007) 474.
- 169 Robert E. Bradley, C. Edward Sandifer (eds.): *Leonhard Euler: life, work and legacy* (Amsterdam u.a. 2007) VIII, 534. – Enthält u.a.: Wolfgang Breidert: Euler and philosophy (97-108).
- 170 Charles Edward Sandifer et al. (ed.): *The MAA tercentenary Euler celebration, I-V* (Washington, D.C. 2007).
- 171 Eberhard Knobloch: Leonhard Euler als Theoretiker, in: *Berichte und Abhandlungen der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften* 13 (2007) 241-260.
- 172 Rüdiger Thiele: Über das Wirken Leonhard Eulers als Wissensvermittler, in: *Berichte und Abhandlungen der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften* 13 (2007) 261-289.

Georg Erhard Hamberger

Vgl. auch von Engelhardt 2002 [*48: 250].

- 201 Basilius Christian Bernhard Wiedeburg: Der Gelehrte der von der Vorsicht zu Behauptung außerordentlicher Vorzüge bestimmt ist in der Person des ... Herrn Georg Erhard Hambergers (Jena 1755) 12.
- 202 Johann Christian Blasche: Das Leben des ... Georg Erhard Hambergers, nebst einer Nachricht von seinen Schriften und gelehrten Streitigkeiten (Jena 1758) (12), 176, (8), 296.

Johann Andreas von Segner

- 211 Johann Thunmann: Nachrichten von dem Leben des seligen Herrn Geheimen Raths Johann Andreas von Segner, in: *Wöchentliche Hallische Anzeigen*, Nr. XLV (1777) 705-710.
- 212 Karl Keller: Johann Andreas Segner, in: Beiträge zur Geschichte der Technik und Indus-

- trie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 5 (Berlin 1913) 54-72.
- 213 Wolfram Kaiser, Karl-Heinz Krosch: Johann Andreas Segner (1704-1777), in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe 12 (1963) 471-489.
- 214 Wolfram Kaiser: Johann Andreas Segner. Der «Vater der Turbine» (Leipzig 1977) 89.
- 215 Wolfram Kaiser, Burchard Thaler (Hg.): Johann Andreas Segner (1704-1777) und seine Zeit. Hallesches Segner-Symposium 1977 (Halle 1977) 255. – Enthält u.a.: W. K.: Die Naturwissenschaften im halleschen Lehrprogramm des 18. Jahrhunderts (57-93); Pal Karady: Über Segners Tätigkeit in der Mathematik (144-151); Werner Jentsch: Die Bedeutung Johann Andreas Segners in der Geschichte der Mathematik (152-158).

Johann Tobias Mayer

- Arbeiten zu Mayer erscheinen im Rahmen der Schriftenreihe des Tobias-Mayer-Museum-Vereines, hg. von Erwin Roth (Marbach 1981ff.).
- 231 Abraham Gotthelf Kästner: Elogium Tobiae Mayeri (Göttingen 1762). – Nachdruck mit dt. Übers. von Friedrich Seck, Marbach 1984, 32.
- 232 Abraham Wolf: A history of science, technology, and philosophy in the eighteenth century (London 1938) 814. – Nachdruck: Bristol 1999. – 2. Aufl.: 1952; 1968.
- 233 Eric G. Forbes: Tobias Mayer (1723-62): pioneer of enlightened science in Germany (Göttingen 1980) 248. – Dt. von Maria Forbes, Hans H. Voigt, Erwin Roth, Marbach 1993, 184.
- 234 Franz Neumann: Tobias Mayer – Leben und Werk (Marbach 1983). – 2. Aufl.: 1986, 40.
- 235 Erhard Anthes, Werner Quehl, Erwin Roth: Tobias Mayer und die Zeit der Aufklärung (Marbach 1990) 190.
- 236 Erwin Roth: Reden und Vorträge über Tobias Mayer (Marbach 1992) 100.
- 237 Erwin Roth: Tobias Mayer in Büchern. Eine kommentierte Bibliographie, I-II (Marbach 1993) 215; 141.

Johann Peter Eberhard

- Vgl. auch von Engelhardt 2002 [*48: 141].
- 251 Friedrich Josef Wilhelm Schröder: Von der fysikalischen Theorie der Empfindungen,

Schmerzen und schmerzstillenden Mittel, an den Herrn Dr. Joh. Pet. Eberhard ... Nebst einer Nachschrift (Quedlinburg 1764) 142.

Johann Christian Polycarp Erxleben

- 261 Abraham Gotthelf Kästner: Elogium I. Christiani Polycarpi Erxleben ... qui rebus humanis excessit d. XVIII Augusti MDCCLXXVII ... (Göttingen 1777) 12.
- 262 Dieter B. Herrmann: Georg Christoph Lichtenberg als Herausgeber von Erxlebens Werk «Anfangsgründe der Naturlehre», in: NTM-Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin 6/1 (1969) 68-81; 6/2 (1969) 1-12.
- 263 Bernhard Gilles: J. Ch. P. Erxlebens «Anfangsgründe der Naturlehre» als Spiegelbild der physikalischen Wissenschaft im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts (Diss. Mainz 1978) IV, 170.
- 264 Andreas Kleinert: Physik zwischen Aufklärung und Romantik. Die «Anfangsgründe der Naturlehre» von Erxleben und Lichtenberg, in: Bernhard Fabian et al. (Hg.): Deutschlands kulturelle Entfaltung. Die Neubestimmung des Menschen (München 1980) 99-113.
- 265 Gerta Beaucamp: «Anfangsgründe der Naturlehre» von Johann Polycarp Erxleben. Ein bibliographischer Versuch, in: Lichtenberg-Jahrbuch (1991) 220-228.
- 266 Gerta Beaucamp: Johann Christian Polycarp Erxleben. Versuch einer Biographie und Bibliographie (Göttingen 1994) 87.
- 267 Veronika Weidenhöfer: Das tiermedizinische Werk von Johann Christian Polycarp Erxleben, dem ersten Lehrer der Tiermedizin in Deutschland (Diss. München 1998) 161.

Chemie

- 301 Hermann Kopp: Die Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit (München 1873) XXII, 854. – Nachdruck: New York 1965.
- 302 Georg Wilhelm August Kahlbaum, August Hoffmann: Die Einführung der Lavoisier'schen Theorie im besonderen in Deutschland. Über den Anteil Lavoisier's an der Feststellung der das Wasser zusammensetzenden Gase (Leipzig 1897) XI, 211. – Nachdruck: Leipzig 1970.
- 303 James R. Partington: A history of chemistry, III (London 1962) XXIV, 854.

- 304 Arnold Thackray: *Atoms and powers: an essay on Newtonian matter-theory and the development of chemistry* (Cambridge, Mass. 1970) XXIII, 326.
- 305 Dietrich von Engelhardt: *Hegel und die Chemie. Studie zur Philosophie und Wissenschaft der Natur um 1800* (Wiesbaden 1976) 252.
- 306 H. Gilman McCann: *Chemistry transformed: the paradigmatic shift from phlogiston to oxygen* (Norwood, N.J. 1978) VIII, 179.
- 307 Henricus Adrianus Marie Snelders: *Atomismus und Dynamismus im Zeitalter der Deutschen Romantischen Naturphilosophie*, in: Richard Brinkmann (Hg.): *Romantik in Deutschland. Ein interdisziplinäres Symposium* (Stuttgart 1978) 187-201.
- 308 James R. Partington, Douglas McKie: *Historical studies on the phlogiston theory* (New York 1981). – Gesondert paginierte Aufsätze.
- 309 Elisabeth Ströker: *Theoriewandel in der Wissenschaftsgeschichte. Chemie im 18. Jahrhundert* (Frankfurt a.M. 1982) VIII, 324.
- 310 Manfred Carrier: *Kants Theorie der Materie und ihre Wirkung auf die zeitgenössische Chemie*, in: *Kantstudien* 81 (1990) 170-210.
- 311 Peter Laupheimer: *Phlogiston oder Sauerstoff. Die pharmazeutische Chemie in Deutschland zur Zeit des Übergangs von der Phlogiston- zur Oxidationstheorie* (Stuttgart 1992) VIII, 444.
- 312 Manfred Durner: *Theorien der Chemie*, in: Jörg Jantzen et al.: *Wissenschaftshistorischer Bericht zu Schellings naturphilosophischen Schriften 1797-1800 [Ergänzungsband zu Werke Band 5 bis 9]* (Stuttgart 1994) 1-161.
- 313 Ralf Liedtke: *Das romantische Paradigma der Chemie. Friedrich von Hardenbergs Naturphilosophie zwischen Empirie und alchemistischer Spekulation* (Paderborn 2003).



Das Signet des 1488 gegründeten Druck- und Verlagshauses Schwabe reicht zurück in die Anfänge der Buchdruckerkunst und stammt aus dem Umkreis von Hans Holbein. Es ist die Druckermarke der Petri; sie illustriert die Bibelstelle Jeremia 23,29: «Ist nicht mein Wort wie Feuer, spricht der Herr, und wie ein Hammer, der Felsen zerschmettert?»