

## Leonhard Euler, 1707–1783 Mathematiker – Physiker – Ingenieur<sup>1</sup>

David Speiser, Université de Louvain

Leonhard Euler, am 15. April 1707 in Basel geboren, hat, nachdem er dort von seinem Vater, dem Pfarrer Paul Euler, einem Schüler Jacob Bernoulli's, die Anfangsgründe der Mathematik und später als Schüler Johann Bernoulli's die Höhe des mathematischen und physikalischen Wissens seiner Zeit erlernt hatte, seine Vaterstadt und seine Heimat verlassen, um sie nie wieder zu betreten. Die Städte seines Arbeitens, Lehrens und Wirkens wurden St. Petersburg und Berlin, weitab im Norden.

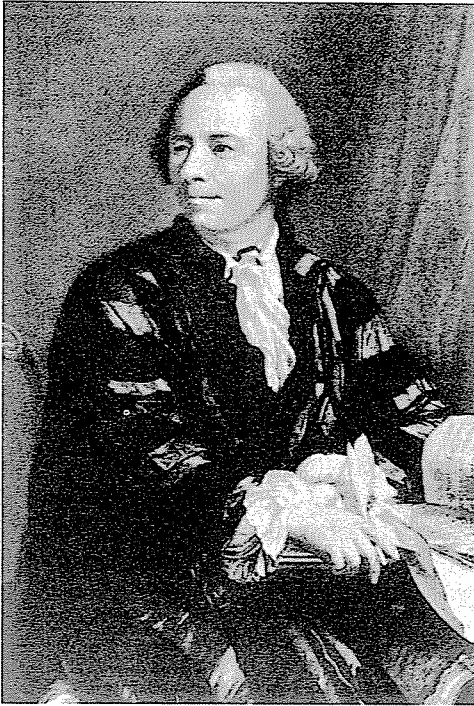


Bild 1 Leonhard Euler, 1707–1783.

Aber gerade die Eidgenössische Technische Hochschule hat ein besonderes Recht, ihn heute zu feiern. Hier an der ETH hat Ferdinand Rudio das kühne Projekt gefasst, Euler's Werke in einer Gesamtausgabe herauszugeben; und mit seinen Freunden Adolf Kratzer und Paul Staeckel in Karlsruhe ver-

<sup>1</sup> Festansprache am ETH-Tag 1983.

mochte er die nötige Begeisterung in der Schweiz zu entfachen, so dass die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft das Unternehmen unter ihre Obhut nahm. Nicht weniger als 6 Professoren der ETH haben an dieser Ausgabe mitgearbeitet und weder Zeit noch Kraft für diese Arbeit für zu kostbar gehalten. Sie seien hier namentlich erwähnt: Jakob Ackeret, Emil Cherbuliez, Henri Favre, Pierre de Haller, Ferdinand Rudio und Fritz Stüssi.

Zu ihnen gesellten sich von der Universität Zürich der Präsident der Eulerkommission, Rudolf Fueter, und sein Freund, der langjährige Generalredaktor Andreas Speiser, der, nachdem Rudios erster Anlauf wegen der schwierigen Zeitumstände zum Stillstand gekommen war, das Unternehmen zu neuem Leben erwecken konnte und es während langer Jahre betreute. Neben ihnen haben der Musikhistoriker Eduard Bernoulli, der leider kürzlich verstorbene Ernst Trost und der noch unter uns weilende Johann Jacob Burckhardt daran gearbeitet.

Darüber hinaus aber waren es Zürcher und Ostschweizer Handelsleute und Industrielle, die zu einer Zeit, als der Staat für eine derartige Aufgabe noch nicht zur Verfügung stand, die Mittel aufbrachten, um dieses Unternehmen zu ermöglichen. Von ihnen sei hier besonders Dr. h. c. Max Schmidheiny genannt, der, wie der ehemalige Generalredaktor immer wieder betonte, die Initiative ergriff und seine Freunde und Kollegen dazu brachte, zu diesem Werk regelmässig beizutragen und seine Veröffentlichung sicherzustellen. Wer selbst um eine Gesamtausgabe bemüht ist, kann das Erreichte vor allem mit Bewunderung und vielleicht auch mit etwas Neid zur Kenntnis nehmen. Den Promotoren ist aber in erster Linie zu danken, dass Euler's Werk nun fast vollständig vor uns steht: 68 Bände der Opera besitzen wir, weitere 4 dürfen wir noch erwarten und dazu noch einmal 14 mit den Briefen und Vorarbeiten. Alle Genannten haben eigentlich Euler für die Schweiz «zurückgewonnen, um ihn zu besitzen»: Es ist dies vielleicht das schönste Geschenk, das die Stadt an der Limmat und die Ostschweiz der Stadt am Rhein gemacht haben.

Der äussere Ablauf von Euler's Leben verlief undramatisch und einfach genug. Im Alter von 20 Jahren verliess der Schüler Johann Bernoulli's, den dieser an die von Peter dem Grossen gegründete kaiserliche Akademie von St. Petersburg empfohlen hatte, Basel. Dort waren schon sein Freund, Johann Bernoulli's Sohn David – der ältere Sohn Nicolaus war kurz vorher gestorben – und sein Landsmann Jacob Herrmann, ein Schüler Jacob Bernoulli's. Damals begann Euler's Zusammenarbeit mit Daniel Bernoulli, die er später während Jahren brieflich fortsetzte. Euler arbeitete an der Academie als Mathematiker, Physiker und Astronom. Er hat dort, wie wir dank russischer Forscher seit kurzem wissen, auch experimentiert und zweimal täglich astronomische Beobachtungen durchgeführt. Als Astronom war er auch für die Erstellung der russischen Karten verantwortlich und hat an zwei Expeditionen teilgenommen, die ihn weit ins Innere Russlands führten.

Die äusseren politischen Umstände waren allerdings ungünstig und wurden immer schwieriger, so dass er gerne im Jahre 1740 einen Ruf Friedrich's

des Grossen an die königliche Akademie nach Berlin annahm, die er zu neuem Leben erwecken sollte. 27 Jahre arbeitete er dort, um dann, vor allem offenbar durch Meinungsverschiedenheiten mit dem König veranlasst, einem Ruf Katharina's der Grossen folgend, erneut nach St. Petersburg zu übersiedeln. Dieser letzte Abschnitt scheint, was äussere Anerkennung betrifft, von der er allerdings in singulärer Weise unabhängig war, sein glücklichster gewesen zu sein. Nach 16 Jahren Arbeit in St. Petersburg traf ihn am 18. September 1783, mitten in der Arbeit, schmerzlos ein Schlaganfall.

Von Euler's Leben zu berichten heisst also, von seinem Werk zu berichten. Seine wichtigsten Bücher seien hier aufgezählt, da sie von dem äusseren und inneren Umfang seines Schaffens einen Begriff geben.

In die erste Petersburger Zeit fällt die Entstehung:

- der zweibändigen *Mechnanica*, nach Newton's *Principia* und Jacob Hermann's *Phoronomia* der ersten systematischen Darstellung der Mechanik, ja der ersten leicht verständlichen Darstellung dieses Gebietes in der neuen analytischen Sprache überhaupt, die darum für lange Zeit das Lehrbuch der Dynamik wurde;
- der Abhandlungen über die neue Musiktheorie, die heute wieder erneut Aufmerksamkeit gefunden hat;
- seiner zweibändigen *Rechenkunst*, eines Schulbuches, das von seinem besonderen pädagogischen Genie zeugt.

In die Berliner Zeit fallen:

- die Veröffentlichung des «*Methodus inveniendi lineas curvas*», des Lehrbuches der sogenannten Variationsrechnung;
- die «*Theoria motuum planetarum et cometarum*», also seine Himmelsmechanik;
- die Übersetzung der «*Gunnery*» des Engländers Robins, ergänzt durch Anmerkungen, die eine seiner wichtigsten Entdeckungen enthalten;
- «*Rettung der göttlichen Offenbarung gegen die Einwürfe der Freygeister*». Berlin, bey A. Haude und Joh. Carl Spener, 1747;
- die zweibändige «*Introductio in Analysin Infinitorum*», das erste der drei grossen mathematischen Lehrbücher;
- die zweibändige «*Scientia Navalis*», eine Theorie des Schiffsbaus und der Schifffahrt;
- die «*Theoria motus lunae*», seine erste Mondtheorie, geschrieben nicht nur wegen der rein astronomischen Probleme, sondern wegen der Anwendung auf die Längenbestimmung auf See;
- die vier lateinischen Arbeiten zur Hydrodynamik, die als ein Buch geplant waren, aber nur als getrennte Abhandlungen in den «*Novi Commentarii Petropolitani*» erscheinen konnten;
- die zweibändigen «*Institutiones calculi differentialis*», das zweite mathematische Lehrbuch, aber wie das erste gefüllt mit neuen Entdeckungen, ja zum Teil ganz neuen Gebieten;

- die «Theoria motus corporum rigidorum et solidorum», seine von ihm fast alleine geschaffene Theorie der starren Körper, die ihre Wurzeln im Werk Jacob Bernoulli's hat.

In Berlin verfasst, aber erst später gedruckt:

- die dreibändigen «Institutiones calculi integralis»;
- die «Lettres à une Princesse d'Allemagne», sein meist gelesenes, in acht Sprachen übersetztes und in über 100 Auflagen bis heute noch gedrucktes Werk;
- die posthum 1862 gedruckte «Anleitung zur Naturlehre», von der Hermann Weyl hier an der ETH sagte, «sie fasse in wunderbarer Weise den ganzen Umfang des damaligen Wissens zusammen».

In die zweite Petersburger Periode endlich fallen:

- die dreibändige «Dioptrica», ein technisches Handbuch der Linsenoptik;
- die einzigartige, immer wieder gepriesene «Vollständige Anleitung zur Algebra»;
- die «Theoria motuum lunae», seine zweite Mondtheorie;
- die «Théorie complete de la construction et de la manœuvre des vaisseaux». Dieses letzte grosse Werk hat merkwürdigerweise fast denselben Titel wie Johann Bernoulli's, seines Lehrers, einziges gedrucktes Buch.

Sie sehen, Mathematik, Physik, Technik und am Rande sogar die Kunst und die Philosophie sind vertreten, die drei erstgenannten, wie ich noch zeigen möchte, in engstem Zusammenhang. Alle diese Werke sind nicht bloss Darstellungen des Stoffes, den Euler vorfand, sie sind gefüllt, und oft zum grösseren Teil, mit originalen Entdeckungen. Um sie gruppiert sich nun die ungeheure Zahl seiner Abhandlungen. Das Verzeichnis, das der Schwede Gustav Enestroem anlegte, enthält rund 850 Nummern.

Ob von den Büchern oder von den kürzeren Arbeiten die grösste Wirkung ausgegangen ist und welche mehr die so einstimmig überlieferte Bewunderung seiner Nachfolger erregt hat, wird die historische Forschung noch zu entscheiden haben. Auf alle Fälle finden wir in diesem Werk Mathematik, Physik und Technik eng beieinander, sich gegenseitig durchdringend und befruchtend, wie wir dies sonst wohl nirgends mehr antreffen. Dieses sich gegenseitige Befruchten im einzelnen aufzuzeigen, ist die wichtigste und interessanteste Aufgabe der Eulerforschung der Zukunft. Die grosse Gesamtausgabe, die der Vollendung entgegengeht, hat dafür die entscheidende Voraussetzung geschaffen. Aber noch steht diese Aufgabe fast völlig vor uns. Auch die kenntnisreichsten und belesensten Eulerforscher sind bisher jeweils nur in einen Teil dieses sich weit erstreckenden Riesenwerkes eingedrungen. Kein Forscher hat sich bis jetzt erfolgreich an eine Gesamtschau über das ganze Werk gewagt.

Ich möchte nun einige besonders bezeichnende Eigenheiten von Eulers Schaffen anführen und erlaube mir, zuerst den Mathematiker André Weil aus seinem Artikel im Basler Euler Festband über dessen Zahlentheorie zu zitie-

ren. Weil sagt: «Ce qui frappe d'abord chez lui, c'est son extraordinaire promptitude à se saisir de toute suggestion, d'où elle vienne; une question de Goldbach...; une phrase de Fermat, que d'abord il n'avait même pas lue jusqu'au bout, un théorème de Lagrange...; un problème de Naudé...; un théorème de Fagnano... Il n'est pas une de ces suggestions qui, entre les mains d'Euler, ne soit devenue le point de départ d'une impressionnante série de recherches.»

Was Weil hier mit Bezug auf ein einziges Gebiet sagt, bestätigt sich in allen anderen. Der Lieblingsschüler Johann Bernoulli's, des ehemaligen Protégés von Huygens und des Korrespondenten und Verteidigers von Leibniz, des Gegners alles Englischen, saugt ohne Unterschied alles auf, was er lernen kann, von Fermat, Descartes, Huygens, Newton, Jacob Bernoulli, Leibniz, den übrigen Bernoullis und vielen anderen weniger bekannten. Man mag es als eigentliche Leistung seiner Jugendperiode bezeichnen, aus allen Vorgängern das Beste, Fermat's Originalität, Descartes' algebraische Vision, Huygens' Klarheit, Newton's scharfes Erfassen der Grundlagen und seine Kraft zur Synthese, die mathematische Sprache von Leibniz und der Bernoullis zu einer neuen Einheit zusammengeschweisst zu haben, um nun die Mechanik in neuer Sprache, der bis heute gültigen, zu formulieren und die Physik auf neue Gebiete auszudehnen. Später macht er die Leistungen Bradley's, Daniel Bernoulli's, Clairaut's, d'Alembert's, Segner's, Lagrange's u. a. zum Ausgangspunkt neuen Forschens. Dabei nennt er andere stets mit ausdrücklicher Unterstreichung ihrer Verdienste. Kaum je ist eine Spur von Animosität zu spüren, jener Animosität, die schon so viele Forscher blind gemacht und zur Unfruchtbarkeit verurteilt hat.

Wiederum finden wir ähnliches auf dem Gebiet der Technik. Dort waren es oft äussere Anlässe, z. B. kaiserliche oder königliche Wünsche bzw. Befehle, denen er mit grösster Bereitwilligkeit entgegenkam, die ihn zu einer Entdeckung führten. Die Übersetzung von Robin's «Gunnery» führte ihn auf die Entdeckung des inneren Druckes, der laut Todhunter wichtigsten Entdeckung des 18. Jahrhunderts auf dem Gebiet der Mechanik.

Die Beschäftigung mit Problemen der Hydraulik und eine Erfindung Segner's führen ihn zur Erfindung der ersten modernen Turbine. Diese blieb damals allerdings ein Projekt; gebaut wurde sie nicht, zweifellos weil es damals noch keine Technischen Hochschulen gab. Als aber fast zweihundert Jahre später Jakob Ackeret sie während des Zweiten Weltkrieges erstellte, zeigte sich, dass ihr Wirkungsgrad über 70% betrug, ein Wirkungsgrad, der, wie ich mir habe sagen lassen, erst um die letzte Jahrhundertwende wiederum erreicht worden war. Diese meist nur den Jugendlichen mögliche Aufnahmebereitschaft dauerte bei ihm buchstäblich bis zum letzten Lebenstag. Aus Paris kam die Nachricht vom Aufstieg der Montgolfière; Euler setzte sich sogleich hin und rechnete diesen aus. Die nicht uninteressante Entdeckung, die er dabei machte, wurde der Gegenstand seiner letzten Arbeit, die Jakob Ackeret in einem besonderen Aufsatz besprochen hat.

Abends nach dem Essen nahm Euler wiederum seine Tafel, um Rechnungen betreffend den zwei Jahre vorher von Herschel entdeckten Planeten Uranus durchzuführen. Mitten in diesen Rechnungen traf ihn der Schlaganfall.

Ein anderer Zug, den der Leser sofort spürt: Euler ist ein begeisterter Erklärer. Dieser Begeisterung verdanken wir die grosse Zahl von Lehrbüchern, die wie Gauss, Jacobi u. a. bemerkt haben, für lange Zeit die unumgängliche Grundlage für jeden Lernenden bildeten. In der Heimatstadt der modernen Pädagogik brauche ich kaum die Bedeutung dieser überragenden pädagogischen Leistung zu unterstreichen. Euler's Begeisterung äussert sich schon darin, dass er, ähnlich wie Kepler, uns immer an seinem Forschen und dabei auch offenherzig an seinen Irrtümern teilhaben lässt. Worauf aber beruht nun seine grosse Darstellungskunst? Man kann bloss versuchen, darauf die Antworten zu finden. Zunächst einmal sicher darauf, dass sich bei ihm Lehrsätze einerseits und interessante Beispiele und Aufgaben andererseits, die allgemeine Theorie und die konkreten Rechnungen stets die Waage halten. Dann scheut sich Euler auch nie beim Allereinfachsten zu beginnen, ja zunächst einen trivialen Fall, den der Anfänger völlig sicher beherrscht, zu erläutern. Dann erst wird der Reihe nach eine neue Schwierigkeit nach der anderen stets an einem Beispiel erklärt und angepackt; jede führt zu einer Verallgemeinerung der anfänglichen Behauptung, bis endlich die allgemeine Theorie und die Prinzipien, auf denen sie beruhen, in ihrer ganzen Schönheit vor uns stehen. Dazu kommt noch ein tiefer Sinn für die Struktur jeder Theorie und ihrer Symmetrien. Was die Mechanik betrifft, so können wir wenigstens zum Teil Euler's Eindringen in ihre mathematische und physikalische Struktur genau verfolgen. Der Streit zwischen Newton und Leibniz sowie ihren Nachfolgern über das Wesen des Raumes hat Euler nicht ruhen lassen. Eine Frucht dieses Nachdenkens war, dass er das sogenannte Galileische Relativitätsprinzip genauer und schärfer formulieren konnte, als dies irgend jemand vor ihm getan hat und noch lange Zeit nach ihm tun wird. Eine andere Frucht davon war, dass wir bei Euler in Koordinatenform schon deutlich vorgebildet finden, was wir heute Tensoralgebra und Tensoranalysis heissen. Dieses zum Teil bloss intuitive, doch zum Teil auch schon begriffliche Erfassen der Symmetriegruppe von Raum und Zeit und ihrer Bedeutung für die Formulierung der Naturgesetze verleiht seinen physikalischen Werken das Gerüst, in das sich alles andere auf natürliche Weise einordnet. Dies hat wohl mehr als alles andere dazu beigetragen, dass seine physikalischen Schriften noch heute so lesbar sind. Ein Vergleich etwa der «*Theoria motus corporum rigidorum et solidorum*» mit den ebenso, wenn auch in anderer Hinsicht grossartigen «*Principia*» zeigt dies deutlich.

Dazu kommt noch Euler's angeborener Sinn für eine systematische, d. h. symmetrische Notation, die es dem Leser so leicht macht, sich in seinem Werk zurechtzufinden. Die Euler'sche Pädagogik beruht also stets zunächst auf einem scharfen Erfassen der tieferen Struktur des Stoffes. Kein Wunder, dass seine Werke eine so nachhaltige Wirkung ausübten, wie dies u. a. schon

Laplace, Cauchy und andere bezeugt haben. Euler hat die ersten modernen, heute noch leicht lesbaren Lehr- und Fachbücher verfasst.

Nun ein Wort zum Nebeneinander des Mathematikers, des Physikers und des Ingenieurs in einer einzigen Forscherpersönlichkeit. Dieses Nebeneinander finden wir bei Euler vom Anfang seines Schaffens bis zu dessen Ende. In der Jugend herrscht die physikalische Arbeit vor. Von seiner «physikalischen Dissertation über den Schall» schreibt der Physiker und Historiker Clifford Truesdell: «Selten hat ein 20 Jahre alter Physiker ein solches Meisterwerk geschaffen»; er vergleicht ihre Bedeutung mit Newtons 7. Kapitel des zweiten Buches der «Principia», seiner Hydrodynamik, die das Programm für die kommenden Jahrzehnte war. Dazu dringt Euler in Newton's «Principia» immer tiefer ein, verfasst zahlreiche mechanische Arbeiten, die ihn schliesslich zu seiner eigenen systematischen Darstellung der Punktmechanik führen, der ersten modernen, verfasst in jener mathematischen Sprache, in der wir sie heute noch formulieren und vortragen. Daneben aber finden wir schon seine ersten Entdeckungen auf dem Gebiet der Analysis und der Algebra. Und schon im Jahre 1727 reicht Euler der Académie Royale des Sciences in Paris eine technische Arbeit über die Bemastung der Schiffe ein.

Seine Arbeit an den russischen Karten habe ich erwähnt. Später hat er dann in Berlin die Leitung und Aufsicht über die Erstellung der deutschen Schulkarten und des Postatlases inne. Diese Arbeiten haben, wie er selbst sagte, seinen Augen hart zugesetzt. Aus dieser Tätigkeit gingen seine Entdeckungen betreffend stereometrische Abbildungen, insbesondere die Entdeckung der sogenannten «conformen» Abbildung, hervor.

Wie sehr sich in seinen mittleren und späteren Schaffensjahren alle drei Richtungen durchdringen, zeigte schon die zeitliche Reihenfolge seiner grossen Werke, die ich vorhin vortrug: Solche über reine Mathematik alternieren mit solchen der Mechanik und solchen der Technologie. Die Lektüre dieser Bücher zeigt aber noch viel mehr: die «Scientia Navalis» etwa enthält entscheidende Schritte zu seiner Theorie der festen Körper. In den Anmerkungen zur «Gunnery» finden sich Resultate, die für seine Hydrodynamik bedeutsam sind. Umgekehrt beruht die Euler-Turbine auf seinen noch heute «Euler'sche» genannten Grundgleichungen der Hydrodynamik. Und schliesslich haben beide Forschungsrichtungen zur Ausbildung der Analysis beigetragen. Die Theorie der Differentialgleichungen ist ein sprödes Gebiet und die der nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen ein besonders dorniger Acker. Probleme scheinen in den Lehrbüchern manchmal nur darum erwähnt, weil ausnahmsweise, scheinbar zufällig, eine Lösung existiert. Dieser Wissenszweig hätte sich kaum so entwickelt, hätten nicht gewisse partielle Differentialgleichungen, eben die Euler'schen der Hydrodynamik, eine derart fundamentale Bedeutung für unser Verständnis der Naturvorgänge. Sie haben der Analysis eine Aufgabe gestellt, die diese vorantrieb. Und von Euler's Untersuchungen zur Akustik gilt ähnliches. Ackeret hat dieses sich gegenseitige Stimulieren der einzelnen Forschungszweige in seiner Einleitung so formuliert.

Er sagt: «Betrachtet man die in diesem Band enthaltenen Abhandlungen, so muss man zum Schlusse kommen, dass hier die wichtigsten Grundlagen des heutigen hydraulischen Maschinenwesens geschaffen worden sind. Wohl gab es vor Euler's Zeiten schon eine Technik, die trotz fehlender Theorie empirisch Erstaunliches geleistet hatte, aber die grossartige Entwicklung der Turbine (auch als Dampf- und Gasturbine), die viel später einsetzte, war nur möglich unter der Führung von Euler's Theorie.» Aber Ackeret schreibt weiter: «Was aber liegt diesen neuen Theorien zugrunde? Die Euler'schen hydrodynamischen Feldgleichungen, deren Aufstellung, wie eine spätere Analyse vielleicht noch zeigen mag, nicht ohne Anregung durch die technischen Probleme, die wir hier behandelt sehen, gewesen ist.» Von Euler's Entdeckung des negativen Druckes sagt er: «Man muss die Euler'sche Anticipation solcher Erscheinungen, nur gestützt auf die Theorie, als eine ausserordentliche Leistung betrachten, um so mehr, als er ja auch die konstruktiven Massnahmen angab, wie man diesem Phänomen begegnen kann.» Und er bemerkt, dass es 150 Jahre dauerte, bis negative Drucke von der Wissenschaft wiederum bemerkt wurden.

In die mittleren Jahre fällt auch neben der schon genannten «Introductio» und den «Institutiones» Euler's Versuch eines Lehrbuches der Zahlentheorie, den Rudolf Fueter datiert und eingehend besprochen hat. In diese Jahre fallen die grossen Entdeckungen über analytische Funktionen, über formelle Reihen und über die «Partitio numerorum», die Entdeckung der Reziprozitätsgesetze, die Untersuchungen über Primzahlen, die Entdeckung ihrer asymptotischen Verteilung, der  $\zeta$ -Funktion, ihrer Funktionalgleichung und damit, wie Weil sagt, der Geburt der analytischen Zahlentheorie. Aber gerade die Arbeit auf dem Gebiet der sogenannten reinen Mathematik ist wiederum seiner Arbeit auf den zwei anderen Gebieten zugute gekommen. Man darf wohl behaupten, dass die blendende Klarheit, Euler's eigentliches Kennzeichen, die uns in allen seinen Schriften überwältigt, u. a. die Frucht seines nie abbrechenden Ringens ist, die Gesetze der Mathematik immer tiefer zu erfassen und klarer zu formulieren.

In den Arbeiten der letzten Jahrzehnte endlich wächst die Ernte ins Ungeheure. Über ein Drittel der Arbeiten, fast 300, ist in den letzten Jahren seines Schaffens entstanden, und ihre Publikation dauerte noch über vier Jahrzehnte nach Euler's Tod. Euler hatte versprochen, so viele Arbeiten zu produzieren, dass die Akademie für zwanzig Jahre nach seinem Tode ihre Bände füllen könne. Aber noch vierzig Jahre nach seinem Tod «harreten», wie der deutsche Historiker Biermann schreibt, «14 fertige, unpublizierte Arbeiten der Publikation». Oder, wie Truesdell sagte: «Euler, der als Schüler und Kollege von Johann Bernoulli begonnen hatte, wirkte also noch als Zeitgenosse von Gauss, Cauchy und Fresnel.»

Wer immer über Euler's Arbeit berichtet, läuft Gefahr, dass es ihm ergeht wie dem armen Marco Polo nach seiner Rückkehr aus China. Die Schilderungen des Riesenreiches bewirkten bloss, dass die venezianischen Spötter ihn



«Marco Millioni» nannten. Wie immer, in diesen letzten Jahren verfügt Euler souverän über seine Mittel und wechselt mühelos von einer der drei Tätigkeiten zur anderen. Allein, es ist nicht so sehr die Quantität des Geleisteten, die uns hier beeindruckt. Was hier beeindruckt, hat André Weil so formuliert: «Ce qui n'est pas moins frappant, c'est qu'Euler n'abandonne jamais un sujet de recherche, une fois que celui-ci a excité sa curiosité, mais bien au contraire qu'il y revient sans relâche pour l'approfondir et l'élargir à chaque nouvelle occasion. Même lorsque tous les problèmes que pose un tel sujet semblent résolus, il n'a de cesse jusqu'à la fin de sa vie qu'il n'ait trouvé des démonstrations <plus naturelles>, <plus faciles>, <plus directes>.» Auf Deutsch heisst das: Euler hat im Sinne Fausts, selbst zum fruchtbarsten Augenblick nie gesagt: «Verweile doch! Du bist so schön!» Aus seinen letzten Jahren stammen z. B. seine tiefsten Erkenntnisse zu den Reziprozitätsgesetzen, deren Entdeckung auf die 50er Jahre zurückgeht. Was Weil mit Bezug auf die arithmetischen Arbeiten ausgesprochen hat, gilt genau so auch für alle anderen Gebiete. Davon zeugt u. a. die «Anleitung zur Algebra», die dank Euler's souveränem Blick für alles Wesentliche zum «Schatzkästlein», wie man es genannt hat, geworden ist. Seine letzte Schaffensperiode wurde durch die dreibändigen «Institutiones Calculi Integralis» eröffnet, die in vielem durch die Mechanik inspiriert ist und dieser und der Technik wiederum den Weg wies. Und aus den späteren Jahren stammt die Gesamtdarstellung der Theorie des starren Körpers, die seine tiefsten Untersuchungen zur physikalischen Lehre von Raum und Zeit enthält, mit der schon erwähnten endgültigen Darlegung des sogenannten Galileischen Relativitätsprinzips und der Benützung seiner Folgen für die durchsichtige Darstellung jeder Theorie.

Es hat einige, nicht viele, andere Grosse gegeben, in denen sich der Mathematiker, der Physiker und der Ingenieur vereinigt fanden; man denke etwa an Kepler, Huygens, Newton oder in geringerem Masse auch an Poncelet, Maxwell und Poincaré; aber bei ihnen allen ist es doch mehr nur ein Nebeneinander dieser Aktivitäten; ein solches Ineinander und sich Durchdringen, wie bei Euler, finden wir wohl sonst nirgends. Überblicken wir diese Tätigkeiten, so können wir vielleicht folgendes sagen. Das Auffinden der Grundgesetze für die Bewegungsabläufe, also der Mechanik, das Newton für einfache Punktsysteme geleistet hatte, war von Euler, fussend auf dem Werk Newton's und Jacob Bernoulli's, für Continua, Flüssigkeiten, Gase und starre Körper weitergeführt worden; direkt an ihn anschliessend hat Cauchy dasselbe später für elastische Körper getan und damit die endgültige Grundlage für die allgemeine, heute noch gültige Formulierung der klassischen Physik gelegt. Truesdell hat als erster wieder in den letzten Jahrzehnten den historischen Zugang zu dieser Entwicklung gezeigt.

Dieser durch die Natur gestellten, grossen Aufgabe verdankt wohl Euler's Werk seine Entschlossenheit und Zielstrebigkeit. Darüber hinaus sind seine Ideen zur Optik, zur Elektrizität und zum Magnetismus, fussend auf dem von d'Alembert und ihm entwickelten Feldbegriff, mitbestimmend zur Entwick-

lung dieser Gebiete und damit des modernen physikalischen Denkens geworden; es genüge hier, Faraday's Lektüre der «Lettres à une Princesse d'Allemagne» und dessen Kommentar in seinen Tagebüchern zu erwähnen.

Aber mit der Forschung nach Grundlagen hat sich Euler nicht begnügt. Diese kann, wie wir oft beobachten, den Forscher leicht in ein Gefängnis der Sterilität verlocken. Es sind wohl die Erfindungen des Ingenieurs, von deren Früchten einige, nämlich die Turbine, das Zahnrad, die Linsensysteme (z. T. heute auf der Zehnfrankennote abgebildet), die Euler eine Art nie vergehende Jugend verliehen haben. Und endlich und vor allem die Mathematik. Diese war, kein Zweifel, der Motor, der ihn stets vorantrieb; sie war die Hauptquelle seiner unerschöpflichen und buchstäblich nur durch den jähen Tod abgebrochenen Phantasie. Die Philosophen der Generation nach Euler sprachen von der «produktiven Einbildungskraft» als der Quelle unserer fortschreitenden Erkenntnis. Was die Erkenntnis der Natur und heute auch die der Wirtschaft betrifft, so lautet in den Vorlesungsverzeichnissen der Universitäten und Technischen Hochschulen ihr Name nicht zuletzt dank Euler schlicht «Mathematik».

Durch die grosse Eulerausgabe sind wir nun in Stande gesetzt, seine Werke zu studieren. Viele seiner Schriften sind mit ausgezeichneten fachlichen und historischen Einleitungen versehen. Die Eulerausgabe ist mit führend gewesen, solche Einleitungen den wissenschaftlichen Schriften beizugeben; damit hat sie sich auch ein grosses Verdienst um die Geschichte der Wissenschaft erworben. Aber die wichtigste und wohl interessanteste historische Frage, nämlich: wie haben Euler's Forschungen auf jedem der drei Zweige, der Technik etwa, seine Forschung auf jedem anderen Zweig, d. h. der Physik oder der Mathematik, im einzelnen beeinflusst, steht noch vor uns. Erst die Eulerausgabe erlaubt es heute, sich daran zu wagen. Bis jetzt musste noch jeder wissenschaftshistorische Schuster bei seinem Leisten bleiben. Dank der «Opera Omnia» aber können wir wohl hoffen, dass dereinst umgekehrt als Euler's Landsmann es von dem grossen italienischen Künstler sagte: «man die ungeheuren Umrisse von Eulers Wesen dereinst deutlich wird sehen und bestimmen können». Wird aber einmal diese Aufgabe nur zum Teil gelöst sein, dann werden wir über die Produktivität des menschlichen Geistes auf dem Gebiet der Wissenschaft und der Technik, nicht nur dieser, sondern aller Epochen Entscheidendes gelernt haben.

Es sei mir erlaubt, zum Schluss noch über Euler, den Menschen, zu sprechen; nicht so sehr über den äusseren Menschen, dessen Züge oft geschildert worden sind, sein glückliches Familienleben, seine Zugänglichkeit als Lehrer, seine Umgänglichkeit in der Gesellschaft, dass er sich in Diskussionen schnell erhitzte, sich aber auch rasch wieder beruhigte und nichts nachtrug. Seine Generosität und Gelassenheit in Prioritätsfragen mitten im streitsüchtigen 18. Jahrhundert waren sprichwörtlich. Jemand hat einmal dazu bemerkt: «Es ist gut, dass so viele Euler'sche Entdeckungen anderen zugeschrieben werden; würden sie alle seinen Namen tragen, so wäre eine ganze Reihe von guten

Mathematikern fast völlig vergessen.» Mit Kepler gehört Euler in die Reihe derer, auf die die Wissenschaft auch als Mensch stolz ist. Weniger bekannt ist, dass er neben seiner Forschung schon in St. Petersburg und dann vor allem als stellvertretender Präsident der Akademie in Berlin ein gerütteltes Mass von Verwaltungsarbeit zu erledigen hatte, dessen er sich speditiv und in den letzten Jahren vermutlich, da er schnell arbeiten wollte, zum Teil autoritär, entledigte. Ebenso wenig weiss man meist, dass er auch im Privatleben oft ehrenamtlich gearbeitet hat, so etwa in der französisch-reformierten Gemeinde, der er äusserst aktiv angehörte – Euler war bekanntlich ein überzeugter Verteidiger des Christentums – und wo er mit Vorschlägen nicht zurückhielt. In Berlin zeigte man mir ein Blatt, das seinen Bericht als Revisor der Waisenkasse dieser Gemeinde enthält. Er schreibt: «Sur les Comptes de la Maison des Orphelins je ne trouve qu'à faire cette remarque generale que tant dans la recette que les depenses des diverses especes d'argent, savoir de Saxe, de Prusse et meme des Frederic d'or ont été additionnées dans la meme somme: de sorte qu'en ne regardant que la somme, il est impossible d'en connaitre la véritable valeur.» Und ferner: «Aussi page 12 et 13 où les intérêts sont rapportés il n'est pas exprimé dans tous les articles, si les intérêts ont été payés en argent de Saxe ou de Prusse, quoique cette différence foit beaucoup plus essentielle que l'examen de tous les comptes en détail. Mais cette confusion est si generale dans toutes les caisses, que je suis bien eloigné de vouloir faire le moindre reproche de ce coté aux Comptes de la maison des Orphelins. L. Euler, de la ville.»

Man sieht, dass die damaligen Berliner es in Geld- und Devisenfragen mit den heutigen Zürchern nicht aufnehmen konnten, dies vor allem wohl dank der aufklärenden Tätigkeit der Zürcher Bankiers, die man schon darum nicht «Gnome» schelten sollte. Wohl aber sollen wir uns fragen: was kann Euler als Mensch uns heute bedeuten? Jeder Wissenschaftler benötigt dauernd intellektuelle, moralische und materielle Unterstützung, soll er nicht den Mut verlieren, Zeit und Energie an ein doch immer ihm nur unsicher vorschwebendes Ziel zu wagen. «Die Jungen werden wieder Mut haben, Neues zu denken», so begrüsst vor mehr als 30 Jahren der damalige Redaktor der Euler-Werke den Nationalfonds, und wenn auch kein Wissenschaftler je sagen wird, es sei nun des Guten genug, so wird doch jeder, denke ich, zugeben, dass der Staat ihn mindestens nicht schlecht behandelt hat. Allein der entscheidende Impuls muss doch immer vom Wissenschaftler selbst ausgehen, und welcher Forscher müsste sich nicht vorwerfen, aus irgendwelchen Hemmungen, aus falschem Respekt vor einer Autorität, die keine hätte sein sollen, oder gar aus Angst gegen das Dichterwort verstossen zu haben: «Ureigen Sinn lass' Dir nicht rauben, Woran die Menge glaubt, ist leicht zu glauben!» Es gibt kaum ein eindrücklicheres Beispiel von unerschütterlichem Vertrauen in den Wert und in das Gelingen der eigenen Forschung als Euler's Arbeit an der Zahlentheorie. Vor Euler hatte nur ein einziger grosser Zahlentheoretiker, Pierre de Fermat, 100 Jahre früher, auf diesem Gebiet gearbeitet. Nachher hat niemand mehr

Sur les Comptes de la Maison des Orphelins,  
 je ne trouve qu'à faire cette remarque générale,  
 que tant dans la recette que les dépenses des divers mois  
 d'argent, savoir de Saxe, de Prusse et même des Fridericiens  
 ont été additionnées dans la même somme, de sorte qu'en se  
 regardant que la somme, il est impossible d'en connaître la  
 véritable valeur. Ainsi dans les comptes de l'an 1762  
 page 5 un Capital de 2000 Eus en Fr. de est confondu  
 avec des capitaux placés sans doute dans d'autres lieux et  
 il n'est pas dit si ce sont de vieux Fridericiens ou de nouveaux.  
 Dans les comptes de l'an 1763, on trouve partout la même  
 inégalité d'espèces, ce qui est évident que 100 Eus de Prusse  
 et 100 Eus de Saxe font ensemble aufr. ou 200 Eus, que  
 100 Livres sterling et 100 Livres de France se font ensemble  
 200 Livres. Ainsi page 12 et 13 où les intérêts sont rapportés,  
 il n'est pas exprimé dans tous les articles, si les intérêts ont  
 été payés en argent de Saxe ou de Prusse, quoique cette différence  
 soit beaucoup plus essentielle que l'examen de tous les comptes  
 en détail. Mais cette confusion est si générale dans toutes les  
 caisses, que je suis bien éloigné de vouloir faire la moindre re-  
 marque de ce côté aux Comptes de la Maison des Orphelins.

L. Euler, de Pulzowille  
 Viced. d'Auspin  
 Schmidt

Bild 2 Euler's Handschrift: sein Bericht als Revisor der Waisenkasse der französisch-reformierten Gemeinde in Berlin.

solche Fragen als der Mühe wert gehalten; Jacob Bernoulli war eine, aber was den Umfang seiner Arbeit betrifft, kleine Ausnahme.

Im Jahre 1730 hat der Kaufmann und Amateurmathematiker, Christian Goldbach, Euler solche Probleme vorgelegt, und sein Name sollte schon deshalb nicht vergessen werden. Euler stürzte sich sofort auf diese Fragen und schuf daraus ganz neue Zweige der Mathematik.

Einige seiner Leistungen habe ich erwähnt. Aber: fast 40 Jahre lang hat Euler allein gearbeitet, ohne auch nur einen ebenbürtigen Partner, ja wenn wir von Goldbach absehen, ohne einen einzigen anderen, ernstlich interessierten Mathematiker zu finden. Wohl aber hat er dafür immer wieder Unverständnis von seinen Kollegen, und von seinem Dienstherrn, dem preussischen König, Spott erfahren. Erst 1769 kam das erste schöpferische Echo vom damals nicht mehr ganz jungen Turiner Mathematiker Lagrange.

Ins Schwarze treffend schrieb der feinsinnige Herausgeber des schönen Bandes «Briefe von und nach Basel», der selbst, wie man sagt, «unmathematisch» war, über Euler's Handschrift: «Beim Eulerbrief ist das Auge, bevor es überhaupt zu lesen beginnt, betroffen von der unheimlichen Strenge und Konsequenz, mit der sich Zeile an Zeile reiht... man denkt sich unter dem Schreiber einen seiner Sache unheimlich sicheren Mann.» Diese «unheimliche Sicherheit» erlaubte es ihm, den Wert «einer Sache» zu erkennen und darum so lange einsame Wege zu gehen. Diese «Sache» hatte keiner seiner Zeitgenossen auch nur geahnt, ungezählte spätere aber sahen sie nun dank ihm und machten sie zur Aufgabe ihres eigenen Schaffens, dem sie Befriedigung und Erfüllung in ihrer Arbeit verdankten. Diese Sicherheit allein schon rechtfertigt es, seinen Namen unter die grössten zu zählen. Unwillkürlich denken wir bei dieser unbeirraren Vision eines Columbus, auch an den Professor, der am Anfang dieses Jahrhunderts hier in Zürich, erst an der Universität, dann an der ETH, der Physik ein neues Gesicht gab und dabei für die Mathematik neue Gebiete eroberte.

Möge dieser Mut Eulers immer ansteckend sein!

#### *Nachwort*

Der vorliegende Vortrag war als akademische Festrede konzipiert und ausgearbeitet. In diesem Sinne möchte ich auch die Literaturangaben knapp halten und der Ansprache keinen schwerfälligen Apparat begeben.

Die meisten Zitate A. Speisers finden sich in seiner Schrift «Die Basler Mathematiker», Basel 1938, sowie in seinen Einleitungen zu diversen Bänden der Opera Omnia Eulers. R. Fueter schrieb die Einleitung zu den Bänden I, 4, 5. Über die  $\zeta$ -Funktion orientiert G. Faber's Einleitung zu den Bänden I, 14, 15, 16 a und b, wo sich weitere Angaben finden. Euler's Turbine ist von J. Ackeret im Band II 15 besprochen. A. A. Truesdell verfasste die Einleitungen zu den Bänden II 11, 12 und 13; dort findet sich auch Todhunders Bemerkung. Die Zitate A. Weils sind seinem Artikel «L'Œuvre arithmétique d'Euler» in «Leonhard Euler 1707–1783, Beiträge zu Leben und Werk» entnommen. Euler's Handschrift beschrieb J. Oeschger in: Briefe von und nach Basel (Festgabe der J. R. Geigy A.G. zum 500. Jubiläum der Universität Basel, 1660).

Faraday kannte die «Lettres à une Princesse d'Allemagne». Einige seiner Zitate sind zusammengestellt in der Arbeit des Verfassers «L'œuvre d'Euler en optique physique». Euler's hand-

schriftliche Note betreffend das Berliner Waisenhaus verdanke ich Herrn Steinbeisser, Berlin. Jacob Burckhardt sagt in der «Kultur der Renaissance»: «Die ungeheuren Umrissse von Leonardos Wesen wird man ewig nur von ferne ahnen können.» Das dritte Goethe-Zitat ist die erste Strophe einer zahmen Xenie; s. p. 666 Bd. I der Gedenkausgabe des Artemisverlages Zürich.

Frl. H. Speiser möchte ich für die Erstellung des Manuskriptes, Frau A. Radelet-de Grave für die Erstellung der Referenzen und Herrn Prof. H. H. Bosshard für die Korrekturen danken. Vor allem danke ich dem Rektor der ETH Zürich, Herrn Prof. H. von Gunten, für die Einladung, diesen Vortrag zu halten, und speziell Herrn Prof. D. Vischer, der dazu die Initiative ergriffen hatte und mich dann dauernd unterstützte.