

**Zeitschrift:** Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG  
**Herausgeber:** Eisenbibliothek  
**Band:** 58 (1987)

**Artikel:** Leitlinien in der Entwicklung der Datenverarbeitung  
**Autor:** Mackensen, Ludolf von  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-378197>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

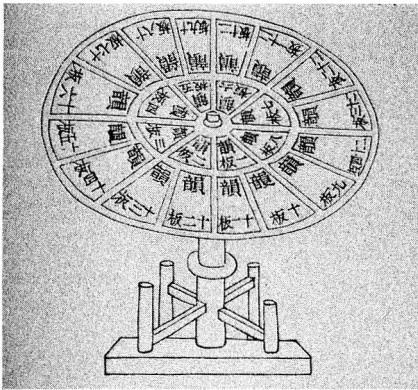
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Drehtisch für Setzerei, China, Ming, aus: Needham, Science and Civilisation in China, Vol. 5, Part 1

## 6. Schlussbetrachtung

Am Ende dieses Überblicks sei auf eine Frage hingewiesen, die vom rein Technischen auf ganz adere Ebenen überleitet: Die Frage nach dem Sinn und den Auswirkungen einer Datenspeicherung und -verwertung. Wenn wir, wie eben beschrieben, feststellen, dass die Grundlagen des Wissens im gesamten Altertum praktisch allein in den Zentren der religiösen und politischen Macht konzentriert waren, wird die Abhängigkeit der Gesellschaft von diesen Zentren um so augenfälliger. Die Forderung nach Offenlegung wichtiger Dokumente wie z. B. von Gesetzen, wie sie uns in Griechenland bei Drakon und Solon, in Rom beim Zwölftafel-Gesetz entgegentreten, sind nicht nur als Forderung auf Festschreibung geltenden Rechts, sondern eben auch auf Öffnung und Kontrollierbarkeit durch alle, die lesen und schreiben können, gerichtet<sup>16</sup>.

Ein altägyptisches Zitat aus umgekehrter Sicht, der Sicht des Bürokraten, den Sachverhalt aber bestätigend, möge die Betrachtungen beschließen<sup>17</sup>:

«Der Schreiberberuf dagegen ist wichtiger als alle übrigen Berufe; er ist kein leeres Wort auf dieser Erde. Wer von Kindheit an daraus Nutzen zu ziehen wusste, ist ein geehrter Mann; man sendet ihn mit Aufträgen aus. Wer aber diesen Weg nicht einschlägt, bleibt im Elend. Wer die Schrift kennt, ist dadurch allein schon besser als du.»

**Prof. Dr. Ludolf von Mackensen**  
Astronom.-physikal. Kabinett  
Hessisches Landesmuseum  
Brüder-Grimm-Platz 5  
D-35 Kassel 1

## Leitlinien in der Entwicklung der Datenverarbeitung

### Einführung

Die immer noch wachsende Verbreitung der elektronischen Datenverarbeitung und die Entwicklung von sog. künstlicher Intelligenz sind es, durch welche wir heute eine neue industrielle Revolution erfahren und bewirken. In steigendem Masse wird uns nicht nur körperliche, sondern auch geistige Tätigkeit abgenommen. Rechner, verknüpft zu grossen Systemen, werden unerlässlich, um Fabriken zu automatisieren, Menschen zu kontrollieren und Weltraumraketen zu lenken. Massenhaft auftretende, kleinstverkleinerte und blitzschnelle Hochgeschwindigkeitsrechenautomaten faszinieren und bedrohen uns zugleich.

All dies fordert den Zeitgenossen nicht nur heraus, seine eigenen Fähigkeiten und die Grenzen des Computers tiefer zu erkennen, sondern auch zu begreifen, wer diese revolutionär gewordene, sich ständig noch beschleunigende Entwicklung vorantrieb und was ihr zugrunde liegt. Denn der Computer denkt nicht und kann sich auch nicht selbst programmieren, es sei denn, er wurde auch dafür programmiert; er hat kein Bewusstsein, ja keinen wirklichen Begriffsinhalt bei all den ablaufenden Schaltungsvorgängen. Das Wesen und die Zusammenhänge eines Gedankens und einer ganzen Entwicklung kann nur der Mensch selbst begreifen. Wir fragen daher nach der Geschichte und den grossen Pionieren des mechanischen Rechnens, um auch die Gegenwart besser durchschauen zu können.

## Historische Wurzeln

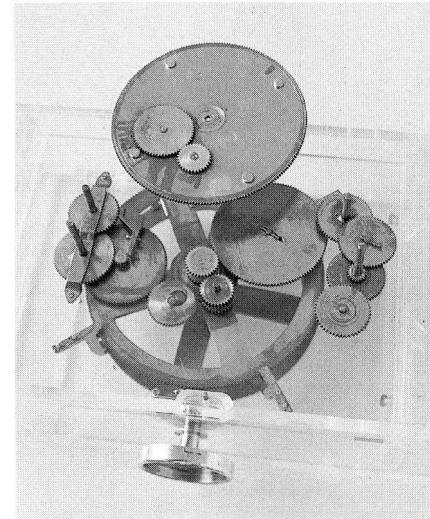
Alles instrumentelle Rechnen besitzt eine mathematisch-logische und eine physikalisch-technische Seite, welche in der Fachsprache auch als «software» und «hardware» bezeichnet werden. Demgemäß teilt sich die Geschichte jedes mathematischen Gerätes in zwei Wurzeläste, an deren unbekanntem Ursprung in vorgeschichtlicher Zeit letztlich je eine Urführung steht: die Erfindung der Zahl und geeigneter Zahlensysteme als Grundlage allen Rechnens und die Erfindung des Rades als Grundlage der Technik.

Etwa zwischen 200 und 600 n. Chr. wurde in Indien das dezimale Stellenwert- oder Positionssystem geschaffen, welches als wichtigste Ziffer die Null zur Bezeichnung der Leerstelle verlangte. Die Araber brachten das Zehnersystem im 12. Jahrhundert ins Abendland, wo es nach und nach das so weitschweifige römische Ziffernsystem ohne Null und Stellenwert, das für maschinelles Rechnen gänzlich ungeeignet war, verdrängte. Werden das universale Abstraktum Zahl und das ideale Konstruktivum Rad zueinander gebracht, werden Zahlen auf Kreisen, Rädern abgebildet, kontinuierlich oder sprunghaft gezählt – analog oder digital, wie wir sagen –, so entsteht die unerlässliche Vorstufe zur Rechenmaschine, ein instrumentales Rechenhilfsmittel oder ein Zählwerk.

Mechanische Rechenhilfsmittel sind in verschiedenen Formen seit dem Altertum bekannt, wie zum Beispiel der griechische marmorne Rechentisch von Salamis aus dem 3. Jahrhundert v. Chr., auf dem Steinchen zum Rechnen ausgelegt und verschoben wurden. Die ursprüngliche Bedeutung des lateinischen Wortes *calculare* lautet daher «steineln». Auch der antike Abakus, ein Handrechengerät, arbeitete mit längs verschiebbaren Noppen. Nachfahren oder Parallelentwicklungen werden noch heute in Russland und Ostasien in Gestalt von Kugelrechengeräten hergestellt und weithin benutzt, in Japan unter der Bezeichnung Soroban, in China als Suan-pan, in Russland als Stschoty.

Dass die griechische Antike bereits auch Zahnräder zum analogen Rechnen in komplizierten Getrieben benutzt hat, das erschien so lange überaus unwahrscheinlich, bis kurz vor Ostern des Jahres 1900 Schwammtaucher vor der Insel Antikythera bei Kreta in einem Schiffswrack aus dem 1. Jahrhundert v. Chr. unter Statuen und Amphoren die Reste eines höchst sonderbaren Zahnradmechanismus bargen. Sieben Jahrzehnte wurde er unverstanden im Nationalmuseum von Athen verwahrt, ehe es schliesslich dem amerikanischen Wissenschaftshistoriker Prof. Dr. Derek de Solla-Price mittels Röntgenbildern gelang, den Antikythera-Mechanismus mit seinen über 30 Zahnrädern als astronomisches Kalenderrechengerät zu entschlüsseln und nachzubauen. Das Herzstück des Geräts stellt ein Planetengetriebe dar, das nach Art eines Differentialgetriebes aus den zwei Drehbewegungen des Sonnen- und Mondzeigers, die nach dem Metonschen Zyklus ins Verhältnis von 19 zu 254 gesetzt sind, eine dritte Drehbewegung für den synodischen Mondumlauf bildet, in dem jeweils das arithmetische Mittel aus den Drehzahlen 254 und -19 erzeugt und dann auf den Wert 235 verdoppelt wird. Auf diese Weise zeigt der staunenswerte, über 2000 Jahre alte Automat mit der Wirkungsweise eines intern festprogrammierten analogen Rechners die Mondphasen jahrzehntelang überraschend genau an.

Darüber hinaus sind auch andere frühe Automaten aus der griechischen Antike zumindest im Entwurf überliefert, wie die sich selbsttätig öffnenden Tempeltüren des Heron von Alexandria aus dem 1. Jahrhundert n. Chr. oder die sich selbst regulierende Öllampe des Philon von Byzanz aus dem 3. Jahrhundert v. Chr., ein Apparat, der bereits den erst in der Neuzeit bewusst auftauchenden Gedanken des geschlossenen Regelkreises verborgen enthält.



Das griechische Kalenderrechengerät von Antikythera mit dem ältesten nachweisbaren Planetenradgetriebe. Geöffnete Rekonstruktion von D. de Solla-Price, nach Originalfragmenten aus dem 1. Jh. vor Christus

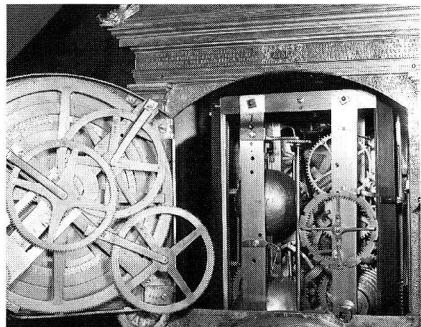
## Zählwerke und Uhrwerksautomaten als Vorform der mechanischen Rechenmaschine

Schliesslich leistete die römische Antike durch die Erfindung des Wegmessers oder Hodometers, wie ihn Vitruv um 24 v. Chr. beschreibt, eine wichtige technische Voraussetzung für die neuzeitliche Erfindung der mechanischen Rechenmaschine. Indem der Wegmesser Radumdrehungen des Wagens und damit Meilen zählt, führt er die Anwendung des Zählrades ein, welches bei Vitruv je eine Kugel pro Meile in ein klingendes Gefäss fallen lässt. Selbst die abendländische Erfindung der mechanischen Räderuhr, die für das bürgerliche Leben wohl folgenreichste Erfindung des Hochmittelalters vor 1300, ist im Grunde genommen eine Schwingungen-Zählmaschine, welche mit Hilfe der Spindelhemmung das Hin- und Hergehen des Schwingbalkens (Waag) durch das ruckweise Fortrücken von Zahnrädern zählt, die den Stundenzeiger treiben und so die Zeit messen. Die Entwicklung der Kleinuhrentechnik schuf dann in hohem Masse all die technologisch-feinmechanischen Voraussetzungen, die für die spätere Erfindung und Herstellung von mechanischen Rechenmaschinen im 17. Jahrhundert notwendig waren. «Als ich vor einigen Jahren zum ersten Male ein Instrument sah, mit Hilfe dessen man seine eigenen Schritte ohne zu denken zählen kann, kam mir sogleich der Gedanke, es liesse sich die ganze Arithmetik durch eine ähnliche Art von Werkzeug fördern ... », schrieb Leibniz um 1680 zum Ursprung seiner Rechenmaschinen-Idee. Leibniz steht als zukunftsweiser Erfinder, als Begründer der symbolischen Logik und Promotor des dualen Zahlensystems, im geistigen Mittelpunkt der späteren Entwicklung.

In den astronomischen Kunstuhrn und Planetenautomaten der Renaissance verkörperte sich unter dem Schmuck der künstlerischen Gehäusegestaltung und Ornamentierung die Spitzentechnik einer ganzen Epoche. Durch sie wurde das Gleichnis von der Welt als Uhr geprägt, welches das Bedürfnis der Menschen nach einer mechanistischen Erklärung des Kosmos und der Natur ausdrückte. Ein Bedürfnis, das schon in der Antike anklingt, wenn der römische Redner Cicero in seinen Tusculanae disputationes über den wohl bedeutendsten Mathematiker und Ingenieur der Antike schreibt: «Denn indem Archimedes die Bewegung des Mondes, der Sonne und der fünf Planeten in einem Planetarium zusammenfügte, bewirkte er dasselbe wie jener Gott Platons, der im „Timaios“ das Weltall erbaut hat, nämlich eine einzige Umdrehung, die nach Langsamkeit und Schnelligkeit ganz unterschiedliche Bewegungen lenkte.»

In dem grossen Planetenautomaten von Wilhelm IV. von Hessen-Kassel von 1561 werden von dem einen Antrieb des Uhrwerkes aus alle Bewegungen der sieben klassischen Planeten, der Uhrzeit und Kalenderanzeigen sowie des sich mitdrehenden vergoldeten Himmelsglobusses bewirkt, über dem eine Gottvater-Statue thront, gleichsam den göttlichen Ursprung aller kosmischen Bewegungen symbolisierend, die der Mensch der Renaissance und Reformationszeit technisch nachzuschöpfen trachtete.

«Man darf feststellen, dass eine astronomische Uhr mit ihrem Antriebswerk laufend Eingabewerte für einen Analogrechner abgibt und über „Indikationen“ laufend Ausgabewerte wie Konstellationen von Gestirnen erkennbar macht. Etwas kühner ausgedrückt, könnte man die astronomischen Uhren als die ersten „Realzeitrechner“ bezeichnen (ein Terminus, der erst in jüngerer Zeit in Zusammenhang mit industriellen Steuerungen und z. B. mit der Lenkung von Raumschiffen mit Hilfe von Rechenautomaten geprägt worden ist)», schrieb der Informatiker W. Händler 1978.



Detail aus dem grossen Planetenautomaten in Gestalt eines Renaissance Turmes, vollendet 1561 von E. Baldewein und H. Diegel nach Plänen des Astronomen und Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen-Kassel

## Rechenzirkel und Rechenstäbchen

Mit der Verbreitung der künstlichen Zeitmessung durch Räderuhren und mit dem Aufschwung der messenden und rechnenden Astronomie zu Beginn der Neuzeit sowie aus dem aufstrebenden Handwerk, dem Bauwesen und der Kaufmannschaft heraus erwachsen im Übergang zur Neuzeit vielfältige Bedürfnisse nach Rechenerleichterungen, wobei sich zunächst das dezimale Ziffern-Rechnen "auf den Linien" nach dem wohl bekanntesten Rechenmeister Adam Ries(e) (1492–1559) durchsetzte gegenüber dem älteren Rechnen mit Steinchen auf Rechenbrettern.

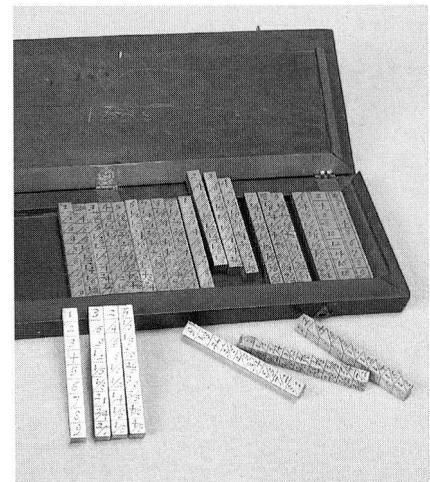
Welche Mühe und Kunsfertigkeit das Rechnen mit den vier Grundrechenarten den damaligen Menschen abverlangte, geht aus den vielen Rechenzirkeln, beispielsweise Proportionalzirkeln, und tabellenartigen Hilfsmitteln, wie den Neperschen Rechenstäbchen, hervor, die in Gebrauch kamen und uns heute als recht umständlich erscheinen. In der damaligen Zeit versprach die Universität Altdorf bei Nürnberg aber ihren Studenten, dass sie nicht nur das Multiplizieren, sondern auch das Dividieren erlernen würden.

Eine wichtige Verbesserung des universalen Reduktionszirkels nahm der Erfinder der ersten Logarithmen und der Dezimalbruchschreibweise, der hessisch-landgräfliche und spätere kaiserliche Uhrmacher und Mathematiker Jost Bürgi (1552–1632), Ende des 16. Jahrhunderts in Kassel vor, nachdem er in jungen Jahren aus seiner Schweizer Heimat in Lichtensteig, Kanton St. Gallen, ausgewandert und 1579 von dem Landgrafen Wilhelm IV., dem Weisen, nach Kassel berufen worden war. Hier erfand er um 1592 einen universalen Reduktionszirkel mit nichtlinearen Rechenskalen. Alle auf der einen Zirkelseite abgegriffenen Längen können mit dem Reduktionszirkel je nach Verhältnis der Schenkellängen auf der anderen Seite verkleinert oder vergrössert abgetragen werden. Solche festen Zirkel hat man bereits im antiken Pompeji benutzt.

Es gab aber auch Bestrebungen, mit Multiplikationstafeln oder durch die sogenannten Neperschen Rechenstäbchen die Mühsal des Rechnens zu verringern und es sicherer zu machen. Der schottische Lord John Napier (lat. Neper) veröffentlichte 1617 in seiner Rhabdologia eine Einmaleins-Tafel, die spaltenweise auf Stäbchen übertragen war, welche man dann für jede Faktorstelle des Multiplikators zusammenlegen konnte, um die Teilprodukte aufzusummen. Zur Erleichterung des Zehnerübertrags, des «Behalte-im-Kopf» beim Addieren, schrieb Neper zweistellige Zahlen, durch einen Diagonalstrich getrennt, so dass man beim schrägen Aufsummieren die Überträge wie von selbst zu berücksichtigen hatte. (Siehe Abbildung.)

## Logarithmen und Rechenschieber

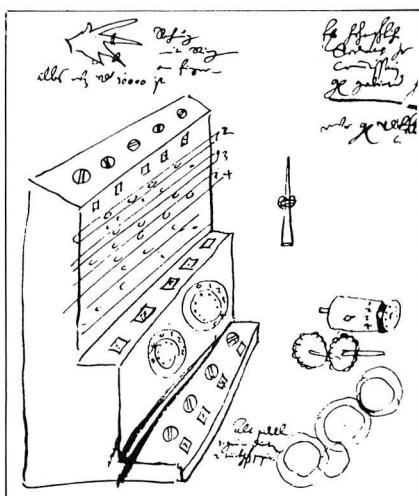
In die Zeit um 1600 fällt auch die Erfindung der Logarithmen, mittels derer die Grundrechenarten bekanntlich um eine Stufe erniedrigt werden können. Multiplizieren und Dividieren lässt sich vermöge der Logarithmen durch einfaches Addieren und Subtrahieren erledigen. Der erste, der sie vermutlich schon ab 1588 in Kassel anwandte, 1605 Kepler in Prag zugänglich machte und auf dessen Drängen schliesslich als zweiter 1620 veröffentlichte, ist wiederum Jost Bürgi gewesen. Freilich war ihm John Napier (Neper) mit dem Druck seiner Mirifici Logarithmorum canonis descriptio in Edinburgh 1614 zuvorgekommen, der damit auch den Namen Logarithmen prägte. 1624 wandte dann der Engländer Edmund Gunther die logarithmischen Skalen auf einem Rechenstab an, der bald schon die moderne Form mit beweglicher Zunge erhielt. Es ist dies etwa die gleiche Zeit, als der Tübinger Professor Wilhelm Schickard die erste digitale Rechenmaschine erfand, welche wirklich den Namen Maschine für das Addier- und Subtrahierwerk verdiente.



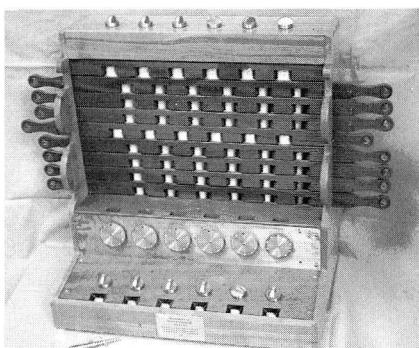
Nepersche Rechenstäbchen aus Silber, 17. Jh. Vorn ist der Faktor 325 aus Stäben zusammengelegt



Wilhelm Schickard, 1632, mit seinem Handplanetarium. Gemälde in der Universität Tübingen, zugeschrieben dem Universitätsmaler Konrad Melberger



Wilhelm Schickards Handskizze der ersten mechanischen Rechenmaschine von 1623 in seinem Brief an Johannes Kepler vom 20.9.1623



Schickardsche Rechenmaschine für sechs Stellen. Rekonstruktion von Baron v. Freytag-Löringhoff. Der obere Teil zum Multiplizieren und Dividieren arbeitet mit drehbaren, zylindrischen Neperschen Rechenstäbchen

## Die älteste mechanische Rechenmaschine von Wilhelm Schickard, 1623

Wilhelm Schickard (1592–1635) war nach theologischer Ausbildung zum Diakon ein angesehener Professor für biblische Grundsprachen und später auch für Mathematik und Astronomie an der Universität Tübingen; hier trat er nicht nur als universaler Gelehrter, sondern auch als hervorragender Landvermesser, Kartograph und Zeichner hervor. Kepler nennt ihn deshalb einen Philosophen, der «mit dem Kopf und mit der Hand philosophiere». Auf seinem Porträt von 1632, vermutlich von dem Tübinger Universitätsmaler Konrad Melberger geschaffen, hält er, gleichsam als ein Produkt jener Philosophie, das von ihm erfundene erste Handplanetarium der Kulturgeschichte, welches der Verfasser 1977 in seiner Funktion rekonstruiert und nachgewiesen hat als das erste kopernikanische Planetarium, mit dem man sowohl den geozentrischen als auch gleichzeitig den damals noch umkämpften heliozentrischen Aspekt des astronomischen Weltbildes veranschaulichen konnte. Seine Rechenmaschine hielt er nicht für so wichtig, als dass er sie mitmalen lassen. Zudem verbrannte sie im Dreißigjährigen Krieg. Nur zwei Skizzen haben sich erhalten, eine im Nachlass Keplers, die andere in Schickards Skizzenbuch. Außerdem berichtete Schickard in Briefen vom 20.9.1623 und vom 25.2.1624 an Kepler ausführlich über seine Erfindung. Nachdem dieses Material 1959 von F. Hammer bekanntgemacht worden war, gelang es wiederum einem Tübinger Professor, B. Baron v. Freytag Löringhoff, die Maschine zu rekonstruieren und nachzubauen zu lassen.

Der obere, in sich abgeschlossene Teil der Schickardschen Maschine besteht aus einer geschickt zu handhabenden Multipliziertabelle, die nach Art der Neperschen Rechenstäbchen aufgebaut ist. Doch hat Schickard die Nepersche Erfindung dadurch verbessert, dass er die Multiplikationsspalten auf drehbare Zylinder statt auf Stäbchen übertrug (wie später auch Caspar Schott) und durch herausziehbare Schieber mit Fenstern leichter ablesbar machte. In der Mitte des Schickardschen Gerätes befindet sich in einem abgesetzten Teil die eigentliche Zwei-Spezies-Rechenmaschine, die ein sechsstelliges Zählwerk mit Zehnerübertragung darstellt, in dem die oben abgelesenen Teilprodukte mit einem Griffelstift Stelle für Stelle eingedreht und damit aufsummiert oder subtrahiert werden können. Die Zehnerübertragung funktioniert dabei mit Zahnrädern und einzähnigen Zwischenrädern in beiden Drehrichtungen und über alle sechs Stellen gleichzeitig hinweg (ein sogenannter Parallelübertrag, zum Beispiel bei der Addition von  $09999 + 1 = 10000$ ). Der unterste Teil der Maschine, der wiederum unverbunden neben den anderen besteht, diente mit seinen sechs Merkscheiben zum Behalten von Zahlen.

## Blaise Pascal, 1642

Am Anfang der mechanischen Rechenmaschinen-Entwicklung steht neben Wilhelm Schickard der französische Philosoph und Mathematiker Blaise Pascal (1623–1662). Er konstruierte unabhängig von diesem eine Zwei-Spezies-Maschine um 1642, die in insgesamt sieben sechs- oder achtstelligen Exemplaren erhalten ist. Das Problem der Zehnerübertragung löste Pascal mit Hilfe eines Schwerkrafthebels mit einer federnden Klinke. Dieser «sautoir» arbeitet aber nur in einer Drehrichtung, so dass der Erfinder zur Subtraktion auf den Ziffernwalzen des Zähl- oder Resultatwerkes die zu 9 komplementären Zahlen in roter Farbe aufschrieb. Die jeweils nicht benutzte Ziffernfolge konnte durch ein verschiebbbares Lineal abgedeckt werden. Rechnete man beispielsweise  $21 - 8 = 13$ , so hatte man das Komplement zu nehmen als  $999978 + 8 = 999986$ , was dem Komplementwert von 000013 in roten Ziffern entspricht.

Der Erfinder verstand es, seine «Pascaline», wie die Rechenmaschine auch genannt wurde, geschickt zu verbreiten. So widmete er das erste, vermutlich 1644 fertiggewordene Exemplar 1645 dem Kanzler Pierre Séguier, der als Statthalter der Normandie Vorgesetzter seines Vaters, eines Steuerpächters, war, dem der Sohn die mühseligen Additionen der Einnahmen erleichtern wollte, weswegen die achtstellige Maschine für die damalige französische Währung eingerichtet war. In dem Widmungsbrief an den Kanzler schrieb Pascal:

«Die Langwierigkeit und die Schwierigkeit der Methoden, die man bisher anwandte, brachten mich auf den Gedanken, ein rasch und leicht arbeitendes Hilfsmittel zu erfinden, das mich bei den umfangreichen Rechnungen unterstützen könne, mit denen ich seit einigen Jahren im Zusammenhang mit den Ämtern beschäftigt bin, mit denen Sie meinen Vater für den Dienst beeindruckten, den er Seiner Majestät in der oberen Normandie leistete. Ich verwandte auf diese Untersuchung mein ganzes Wissen, das ich mir in der Mathematik durch meine Neigungen und meine ersten Studien erworben hatte. Und nach tiefem Nachdenken erkannte ich, dass es nicht unmöglich war, ein solches Mittel zu finden. Die Kenntnisse in Geometrie, Physik und Mechanik lieferten mir den Plan dazu und gaben mir die Gewissheit, dass der Gebrauch einer solchen Maschine unfehlbar sein müsste, wenn nur ein Handwerker das Instrument so ausführen könnte, wie ich mir das Modell ausgedacht hatte.»

Séguier setzte sich dann dafür ein, dass Pascal ein königliches Privileg erhielt für die Herstellung und den Verkauf seiner Maschine. Trotzdem hat sich keine Entwicklung an die Pascalsche Maschine angeschlossen, da ihr Prinzip nur für zwei Grundrechenarten geeignet und mit der komplizierten Zehnerschaltung nicht entwicklungsfähig war.

## Gottfried Wilhelm Leibniz, 1671–1693

Der dritte, wohl grösste Universalgelehrte Deutschlands und Europas im Barockzeitalter, der die Erfindung einer wirklichen Vier-Spezies-Rechenmaschine entscheidend vorangetrieben hat, ist der Philosoph und Mathematiker Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716). Auch er kam unabhängig von seinen Vorgängern auf die Idee, eine mechanische Rechenmaschine zu konstruieren, und berichtet darüber schon 1671 an den Herzog Johann Friedrich in Hannover:

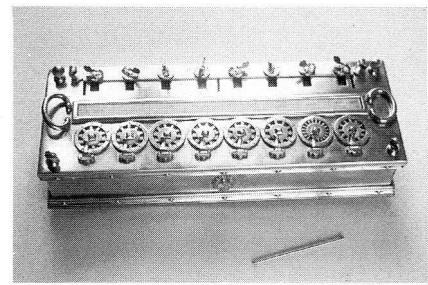
«In Mathematicis und Mechanicis habe ich vermittelst artis combinatoriae einige dinge gefunden die in praxi vitae von nicht geringer importanz zu achten, und erstlich in Arithmeticis eine Machines, so ich eine Lebendige Rechenbanck nenne, dieweil dadurch zu wege gebracht wird, dass alle zahlen sich selbst rechnen, addiren subtrahiren multipliciren dividiren ... ».

Während seines Aufenthaltes in Paris hat dann Leibniz auch die Pascalsche Rechenmaschine gründlich studiert und mit schönen Worten streng beurteilt, wie das selbst höfliche Erfinder mit konkurrierenden Ideen zu tun pflegen:

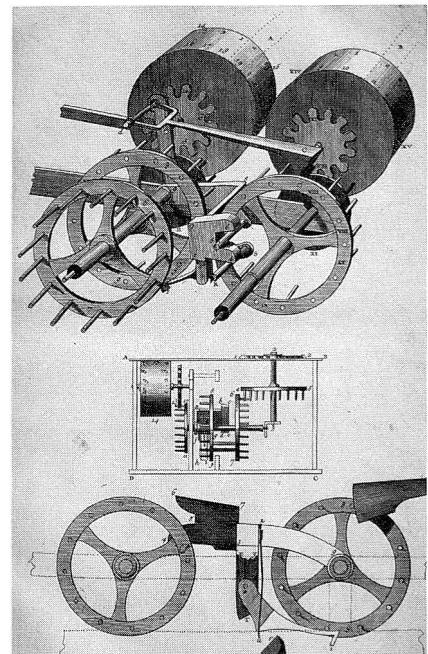
«Die Pascalsche Maschine ist immerhin ein Probestück des glücklichsten Genies, aber da sie nur die Addition und Subtraktion erleichtert, deren Schwierigkeit ohnehin nicht so gross ist, aber die Multiplikation und Division der früheren Rechnung überlässt, so hat sie sich mehr durch ihre Feinheit bei Neugierigen als durch praktischen Nutzen bei ernst beschäftigten Leuten empfohlen.»

Leibniz war also von Anfang an bemüht, eine tatsächlich maschinelle Multiplizier- beziehungsweise Dividiereinrichtung zu schaffen.

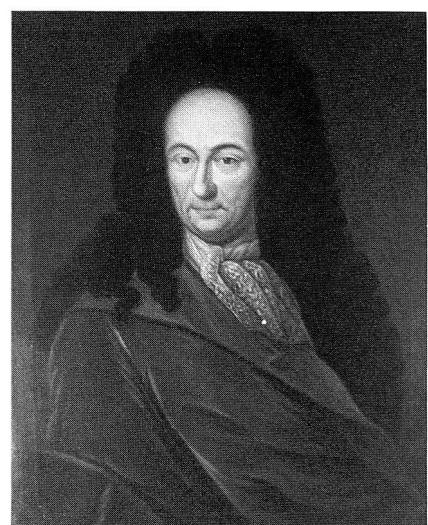
Von dem Leitgedanken ausgehend, dass die Multiplikation durch wiederholte Addition und die Division durch wiederholte Subtraktion aufgebaut



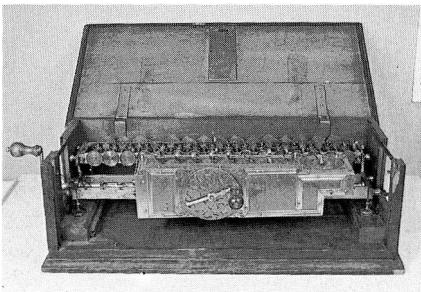
Rechenmaschine für Addition und Subtraktion mit acht Stellen von Blaise Pascal, vollendet 1644. Original im Conservatoire National des Arts et Métiers in Paris



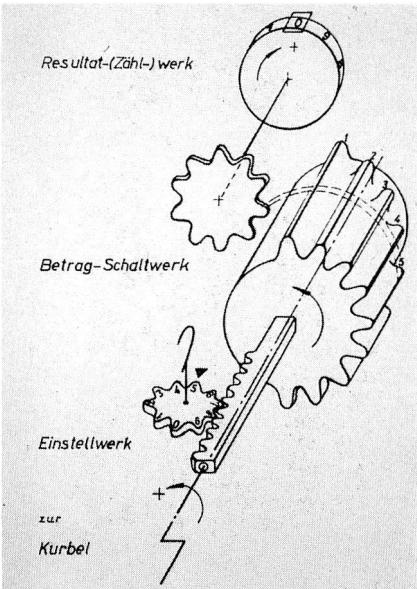
Mechanismus der Zehnerübertragung in der Pascalschen Rechenmaschine nach der französischen Encyclopédie



Gottfried Wilhelm Leibniz. Kopie eines unbekannten Malers in der Niedersächsischen Landesbibliothek nach dem zeitgenössischen Gemälde, das Raphael Levi besass



Original der Leibnizschen Vier-Spezies-Rechenmaschine, die als letztes Muster ab 1693 entstand, in der Niedersächsischen Landesbibliothek in Hannover



Prinzip einer Stelle mit Staffelwalze in der Leibnizschen Rechenmaschine

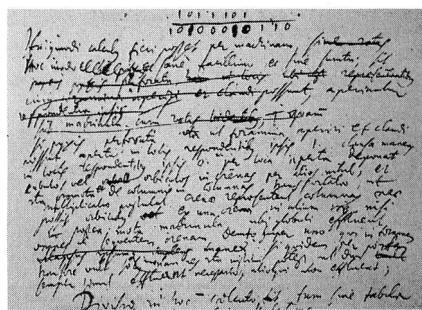
werden muss, strebte Leibniz danach, diese beiden ersten Spezies völlig zu mechanisieren, damit sie in möglichst kurzer Zeit viele Male wiederholt werden können. Er löste diese Aufgabe dadurch, dass er den Arbeitsgang des Einstellens einer Zahl vom Arbeitsgang des Rechnens, nämlich des Antriebens der Zähleräder im Resultatwerk, trennte und die Maschine folglich nicht einstufig, sondern zweistufig arbeitend machte, indem er zwischen Einstell- und Resultatwerk ein besonderes Schaltwerk, das Betrag-Schaltwerk setzte, das in irgendeiner Form nahezu jede neuere mechanische Rechenmaschine besitzt, sei sie nun elektrisch oder mit einer Handkurbel angetrieben. Für dieses Betrag-Schaltwerk, mit dem die eingestellten Zahlen in das Resultatwerk übertragen werden, erdachte er aus Mangel an Vorbildern ein völlig neues Maschinenelement, ein Zahnrad, dessen wirksame Zähnezahl zwischen Null und Neun variiert werden kann, derart, dass, wenn beispielsweise die Zahl 5 eingestellt ist, fünf Zähne wirken. Dieses neue Element ersann Leibniz in zwei verschiedenen Ausführungen: einmal als sogenanntes Sprossenrad, bei dem die Zähne in einer Ebene am Radumfang verschoben werden – eine feinmechanisch anspruchsvolle Konstruktion, die uns nur in einer Skizze überliefert ist –, und zum anderen als sogenannte Staffelwalze, die einen Zylinder darstellt, der auf einem Teil seines Umfanges neun Zahnrippen mit verschieden gestaffelter Länge trägt (s. Abb.).

Für jede Stelle im Einstellwerk der Leibnizschen Rechenmaschine, wie sie uns im letzten Versuchsoriginal, das 1693 begonnen wurde, erhalten ist, gibt es eine Staffelwalze, die jeweils parallel zur Achse von den Einstellräder her mit Zahnstangen verschoben werden kann, bis die eingestellte Anzahl der Zähne gegenüber einem festen Gegenrad des Zählwerkes bereitgestellt ist. Auch wenn die Zehnerübertragung im Zählwerk der erhaltenen Leibnizschen Rechenmaschine konstruktiv nicht perfekt durchgestaltet war (was den sogenannten sekundären Zehnerübertrag anbelangte), kann man Leibniz als den Ahnherrn einer ganzen Entwicklungslinie von Staffelwalzenmaschinen ansehen, deren letzte 1948 von Curt Herzstark unter dem Namen Curta auf den Markt kam und bis zum Aufkommen der elektronischen Taschenrechner verkauft wurde.

## Leibniz' erste duale Rechenmaschinen-Idee von 1679

Schliesslich ist Leibniz zwar nicht der Erstentdecker, aber der schöpferische Promotor des dualen Zahlensystems gewesen, das mit seinen nur zwei Ziffern 0 und 1 eine entscheidend wichtige Grundlage für die Entwicklung zur modernen Datenverarbeitung darstellt, auch wenn heute weniger reine Dualzahlen als vielmehr binäre Zahlencodes angewandt werden. Beide lassen sich technisch sehr einfach durch zweiwertige, sogenannte bistabile Schaltelemente darstellen. Leibniz wollte hierzu federbelastete Klappen verwenden. Er schreibt dazu in seiner zweiten Aufzeichnung zu dem Zahlensystem am 15.3.1679 auf lateinisch:

«Diese Art Kalkül könnte auch mit einer Maschine ausgeführt werden. Auf folgende Weise sicherlich sehr leicht und ohne Aufwand: Eine Büchse soll so mit Löchern versehen sein, dass diese geöffnet und geschlossen werden können. Sie sei offen an den Stellen, die jeweils 1 entsprechen und bleibe geschlossen an denen, die 0 entsprechen. Durch die offenen Stellen lasse sie kleine Würfel oder Kugeln in Rinnen fallen, durch die anderen nichts. Sie werde so bewegt und von Spalte zu Spalte verschoben, wie die Multiplikation es erfordert. Die Rinnen sollen die Spalten darstellen, und kein Kugelchen soll aus einer Rinne in eine andere gelangen können, es sei denn, nachdem die Maschine in Bewegung gesetzt ist. Dann fliessen alle Kugelchen in die nächste Rinne, wobei immer eines weggenommen wird, welches im Loch bleibt, sofern



Leibniz-Handschrift «De Progressione Dyadicâ» vom 15.3.1679. Detail über die duale Kugelrechenmaschine

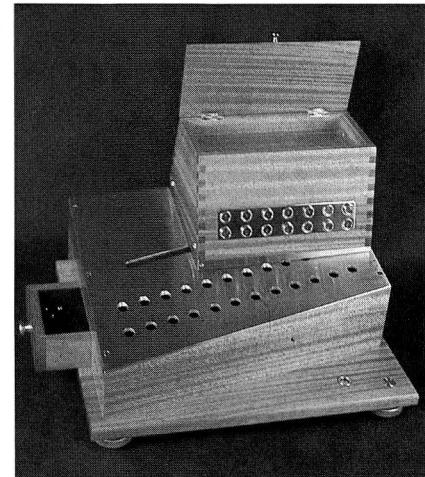
es allein den Ausgang passieren will. Denn die Sache kann so eingerichtet werden, dass notwendig immer zwei herauskommen, sonst sollen sie nicht herauskommen.»

Im Jahre 1974 hat der Verfasser, damals wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsinstitut des Deutschen Museums, die leibnizschen Ideen zu verstehen versucht, sie in eine Zeichnung umgesetzt und im Museum baulich ausführen lassen. Dadurch wurde handgreiflich bewiesen, dass Leibniz richtig gedacht hat und man für seine Gedanken über eine duale Kugel-Rechenmaschine nur wenig konstruktive Einzelheiten aus der Technik der Barockzeit anwenden muss, damit das gebaute Modell tatsächlich funktioniert. Es wurde in einer verbesserten Form 1986 im Hessischen Landesmuseum in Kassel ausgestellt.

Die Maschine benötigt keine Räder oder gar elektrische Impulse, sondern statt dessen rollende Kugeln. Der untere Teil stellt das feste, etwas schräg gestellte Resultatwerk mit automatischem Übertrag, dem wesentlichen Kriterium für den Begriff einer Rechenmaschine, dar. Der obere Teil, die sogenannte Büchse, bildet das von Stelle zu Stelle bewegliche Einstellwerk, das zugleich die Rolle des Schlittens oder Wagens übernimmt, den Leibniz ja schon für seine normale dekadische Rechenmaschine erfunden hatte. Die Ziffern im Rechenvorgang und Resultatwerk sollen jedoch nicht mittels Zähnen von Zahnrädern, sondern durch Kugeln dargestellt werden. Eine Kugel bedeutet 1, keine Kugel 0. Hiermit wird zum ersten Mal das binäre Prinzip für die maschinelle Datendarstellung vorgeschlagen.

Im Einstellwerk werde die erste Zahl, ein Summand oder Multiplikand, zum Beispiel die Zahl 19 als 10011, wobei sich die Löcher in der Büchse an den Stellen mit der Ziffer 0 schliessen, an den Stellen 1 jedoch öffnen. Aus diesen Öffnungen fällt dann je eine Kugel beim Vorschieben des Schlittens in die zugeordneten Löcher des Resultatwerkes. Für eine Addition stellt man danach den zweiten Summanden ein, beispielsweise 5 als 101, und schiebt den Schlitten von neuem vor. Anschliessend kann das Ergebnis an den Kugeln dual abgelesen werden; denn sammeln sich jeweils zwei Kugeln in einer Stelle des Resultatwerkes an, so drücken sie durch ihr Gewicht eine federbelastete Klappe soweit herunter, dass beide fortrollen können: die eine rollt als sogenannter Übertrag in die nächsthöhere Stelle, die andere verschwindet fallend nach unten. Liest man die zunächst kurios klingende Leibnizsche Beschreibung nun noch einmal, so erscheint sie jetzt sinnreich und klar. Die Addition von  $19 + 5 = 24$  verläuft daher wie nebenstehend dargestellt.

Eine Multiplikation wird, wie fast immer in Rechenmaschinen, durch fortgesetzte Addition aufgebaut, wobei der Schlitten, nämlich die Büchse, entsprechend einer Führungskulisse auch von Stelle zu Stelle quer verschoben wird. Subtraktionen und Divisionen sind hier jedoch nur recht umständlich mit Hilfe der Zahlenkomplemente ausführbar. Überhaupt muss der praktische Wert eines Gerätes bestritten werden, das in gemeinhin unverständlichen Zahlen rechnet. Denn wie sollen ohne neue erhebliche Rechenarbeit die Dezimal- und die Dualzahlen ineinander umgewandelt werden? Ohne entsprechende Coder und Decoder als Zahlenwandler und ohne die hohe Arbeitsgeschwindigkeit elektrischer oder gar elektronischer Bauelemente hatte die Maschine der dyadischen Arithmetik wenig Zukunft, so weit auch die genialen Ideen ihres Urhebers in die Zukunft gewiesen haben.

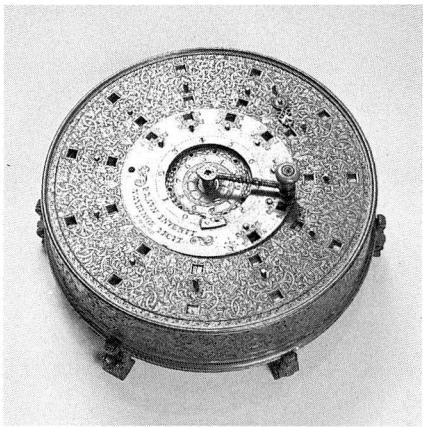


Modell der dualen Rechenmaschine nach Leibniz' Ideen, nachkonstruiert 1972–1985 vom Verfasser

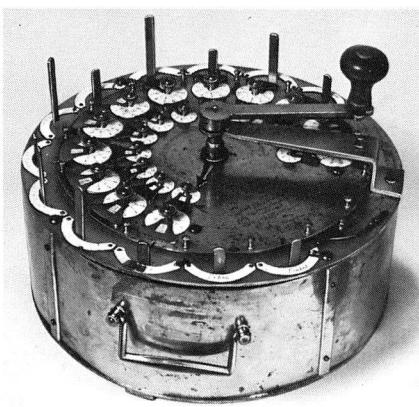
$$\begin{array}{r} 10011 = 19 \\ 101 = 5 \\ \hline 11000 = 24 \end{array}$$

## Von Hahn zu Burkhard

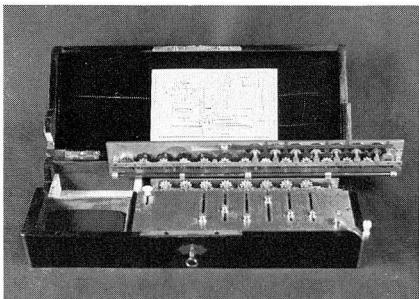
In der Tradition der Leibnizschen Staffelwalzen stehen die meisten Rechenmaschinen-Erfinder des 18. und 19. Jahrhunderts wie Antonius



Vier-Spezies-Rechenmaschine von Antonius Braun um 1750 in ornamentiertem Messinggehäuse, im Deutschen Museum. Durchmesser 19,5 cm. Drei Ziffernscheiben herausgehoben.



12stellige Vier-Spezies-Rechenmaschine mit Staffelwalzen von Philipp Matthäus Hahn 1774, hergestellt von seinem Schwager Johann Christoph Schuster 1789-1792 in Uffenheim in Franken.



Erste serienmäßig hergestellte Vier-Spezies-Rechenmaschine mit Staffelwalzen «Arithmomètre», um 1870, aus der Pariser Fabrik von Charles Xavier Thomas.

Braun (1727), «Ihrer Röm. Kay. und Kön. Cathol. May. Hof-Opticus und Mechanico-Mathematicus» sowie Pfarrer Philipp Matthäus Hahn (ab 1770), Begründer der württembergischen Feinwerktechnik, und der hessisch-darmstädtische Ingenieur-Hauptmann und Oberbaudirektor Johann Helfrich von Müller (ab 1783), die allesamt kreisrunde, dosenförmige Staffelwalzenmaschinen bauten, von denen das Wiener, Kaiser Karl VI. gewidmete Exemplar bereits herausschiebbare Zahnschieber nach Art des Sprossenrades benutzt in Anlehnung an die erste Sprossenradmaschine des Paduaer Professors Giovanni Poleni (1709) und an eine Veröffentlichung von Jacob Leupold (1727). Mit der Hahnschen Konstruktion ist dann die Frühgeschichte der Rechenmaschine, das völlige Ausreifen der Erfindung, vollendet; selbst Goethe liess sich diese Maschine 1779 vorführen.

Warum sich aber auch das Hahnsche Gerät nur in der geringen Anzahl von vier bis fünf Exemplaren verbreitet hat, scheint seinen wesentlichen Grund darin zu haben, dass im absolutistisch-merkantilistischen Staat vor der industriellen Revolution noch kein rechtes Bedürfnis nach arbeitsparenden Rechenerleichterungen bestand. Andererseits waren aber die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Rechenmaschinen noch zu gering; ihre Herstellungskosten bei handwerklicher Fertigung zu hoch, als dass sie ein Rationalisierungsdenken hätten herausfordern können. Beim dem pansophisch-pietistisch eingestellten Pfarrer Hahn stand zudem nicht eine wirtschaftsnützliche Rechtfertigung seiner technischen Tätigkeit im Vordergrund, sondern eine christlich-theologische Motivation.

«Was Rechnungsmaschine, was Astronomische Maschine, das ist Dreck! Jedoch um Ruhm und Ehre zum Eingang und Ausbreitung des Evangelii zu erlangen, will ich die Last weiter tragen», schrieb er am 10.8.1773 in sein Tagebuch.

Die industrielle Phase der Rechenmaschinen begann dagegen erst ab 1820 mit Charles Xavier Thomas, welcher vielleicht nicht zufällig aus der Nähe der Stadt Colmar im Elsass stammt, mit deren Pfarrer Gunter der genannte Hahn in regem Gedankenaustausch stand, der gewiss auch Informationen über die jahrelangen Arbeiten an der Rechenmaschine enthielt.

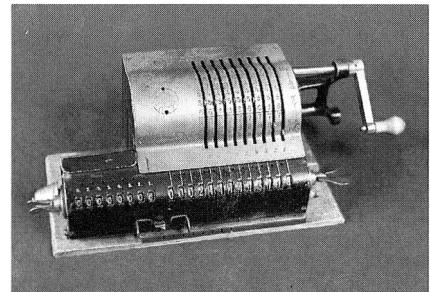
Noch im Jahre 1823 aber versagte "Dinglers polytechnisches Journal" den Lesern die versprochene Beschreibung der neuesten Rechenmaschine des "Chevalier Thomas zu Colmar" mit Worten, die die Durchsetzung des technischen Fortschrittes bezweifelten: «So sehr es zu wünschen wäre, dass man statt der zweifüssigen Rechenmaschinen auf den Comptoirs und an den Rentämtern Rechenmaschinen ohne Füsse hätte, welche vor den zweifüssigen wenigstens den grossen Vorteil voraus hätten, dass sie nicht, wie es bei jenen so oft der Fall ist, mit den zu verrechnenden Geldern davonlaufen; so sehr wahr es auch immer sein mag, dass, wie Babbage erwiesen hat, jede Rechnung sich durch Maschinen sicherer und schneller als durch die besten Rechenmeister durchführen lässt, und dass, so sehr man auch den menschlichen Geist in den Feinheiten der Arithmetik zu bewundern pflegt, dieses ganze hohe oder tiefe Denken nichts anderes als bloss mechanisches Spiel ist, dass jede hölzerne Maschine noch weiter leichter oder besser treiben kann, als der verständigste Mensch; so werden doch der Einführung der Rechenmaschinen lang noch Vorurteile und Hindernisse aller Art bei uns im Wege stehen.»

Aus der Thomasschen Fabrikationsstätte in Paris sind im Zeitraum eines Jahrhunderts rund 1500 mehrfach verbesserte Staffelwalzenmaschinen hervorgegangen, die in einer Nachahmung durch den Zivilingenieur Arthur Burkhard 1878 zur Gründung der ersten deutschen Rechenmaschinenfabrik in Glashütte, Sachsen, führten.

## Sprossenradmaschinen und andere Schaltwerk-prinzipien von Baldwin bis Hamann

Das Sprossenrad, welches schon Leibniz skizziert und Poleni und Braun benutzt hatten, wurde 1872 von dem Amerikaner F. S. Baldwin sowie wohl unabhängig davon 1874 von dem Schweden Willgodt T. Odhner neu erfunden und dessen deutsche Herstellungsrechte von der Firma Grimme, Natalis & Co. in Braunschweig, der späteren Brunsviga (heute Olympia AG), übernommen. Die konstruktive Entwicklung dieses Rechenmaschinentyps «Brunsviga» (ab 1892) trieb besonders der Ingenieur Franz Trinks (1852–1931) mit über 100 Patentanmeldungen voran. Erst die kompaktere Sprossenradmaschine und die schnellere und zugleich schreibende Tastenaddiermaschine von William Seward Burroughs (um 1892) aus Amerika haben die Tomasschen Arithmometer überholt. Bald gehörte neben der Schreibmaschine auch die Rechenmaschine und später die Buchungsmaschine zur Ausstattung jedes fortschrittlichen Büros, sei es im Gewerbe oder im Wissenschaftsbetrieb.

Eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit, Zuverlässigkeit und leichte Bedienbarkeit sowie das Streben nach einem möglichst automatischen Ablauf aller Rechenoperationen einschließlich der Multiplikation und Division wurden nun zur Triebfeder der weiteren Entwicklung der mechanischen Rechenmaschine, einerlei, ob diese mit Sprossenrädern, mit Proportionalhebeln («Mercedes-Euklid» von Christel Hamann, Berlin 1905) oder mit Schaltklinken (Christel Hamann, 1925) oder womöglich mit Multiplikationskörpern («Millionär» von Otto Steiger, 1892) im Schaltwerk arbeiteten. Ab den zwanziger Jahren begann man auch, den Handantrieb der Geräte durch Elektromotoren zu ersetzen.



Vier-Spezies-Sprossenradmaschine nach W. T. Odhner der Firma Grimme, Natalis & Co. in Braunschweig.

## Lochkarten und Programmsteuerung von Babbage bis Zuse

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts setzten sich die aus der Webstuhlsteuerung in Frankreich bekannten Lochkarten zur allgemeinen Speicherung von Informationen aufgrund der bahnbrechenden Arbeiten des Amerikaners Herman Hollerith (1860–1929) durch, der die maschinelle Datenverarbeitung mit Lochkarten bei der amerikanischen Volkszählung von 1890 einföhrte.

Als 1836 der englische Mathematik-Professor Charles Babbage (1792–1871) die Idee der Programmsteuerung in seinem Rechenautomaten «Analytical Engine» unter Verwendung von Lochkarten erstmals entwickelte, scheiterte er noch an der unzulänglichen mechanischen Technik. Die rasanten Fortschrittsmöglichkeiten sollte erst die Elektrizität eröffnen.

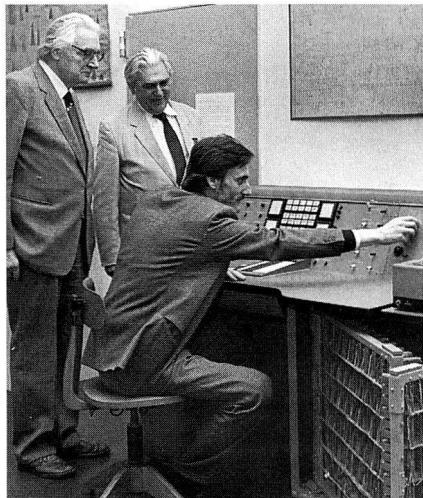
Ohne Kenntnis von Babbage begann genau 100 Jahre später der junge Berliner Bauingenieur Konrad Zuse (geb. 1910) in die gleiche Richtung, zunächst ebenfalls mechanisch, zu experimentieren. Er erkannte dabei die Überlegenheit des dualen Zahlensystems für die technische Darstellung und die Vorteile elektrischer Schaltelemente. Nachdem Zuse mit Eigeninitiative begonnen hatte, gelang es ihm 1941 im Auftrag der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, die «Z 3», den ersten betriebsfähigen programmgesteuerten Rechenautomaten der Welt, mittels 600 elektromechanischer Relais im Rechenwerk und 2000 Relais im Zahlenspeicher zu vollenden. Er steht heute in einem Nachbau im Deutschen Museum und bildet den Anfang der ersten Generation von Computern. Er arbeitete mit den Leibnizschen Dualzahlen, von denen Zuse schon in seiner Schulzeit gehört hatte und die er mit Gleitkommadarstellungen anwandte. Schliesslich kamen ihm die Fortschritte in der Aussagenlogik und



Ausschnitt des Bedienungspultes der Relaisrechenanlage Zuse Z 11 von 1957; davor das Schott'sche Rechenkästchen von 1668, mit drehbaren Multiplikationszylindern.

Algebra durch die Arbeiten von David Hilbert und W. Ackermann zugute. Zuse schreibt hierzu in seiner Biographie von 1984, S. 38:

«Noch während der Arbeit an den mechanischen Modellen nahm allmählich die Idee der elektronischen Rechenmaschine Gestalt an. Die Schaltalgebra kam uns zu Hilfe. Waren nicht schon die Gesetze gefunden, um rechnerische Schaltungen sowohl in der elektromagnetischen Relaistechnik als auch in der mechanischen Schaltgliedtechnik mit einem gemeinsamen Kalkül, dem Aussagenkalkül, darzustellen? Man brauchte also nur die Grundschaltung in Röhrentechnik für die drei Grundoperationen Konjunktion, Disjunktion und Negation zu finden, dazu ein passendes Speicherelement und Mittel, um diese Elemente zusammenzuschalten. Die Aufgabe war klar: wir brauchten kein völlig neues Gerät in elektronischer Technik zu bauen, sondern den Entwurf nur in abstrakter Schaltgliedtechnik, das heißt formal mit symbolischen Elementen, auszuführen. Unabhängig davon konnten die logischen Grundschaltungen entwickelt werden.»



Prof. Konrad Zuse (links) und Prof. N. J. Lehmann, Computerpionier aus Dresden, mit dem Verfasser (sitzend) in der Ausstellung «Historische Rechenmaschinen» im Hessischen Landesmuseum in Kassel am 23.4.1986.

Zuses engster Mitarbeiter und Freund Helmut Schreyer erdachte hierzu in seiner Dissertation um 1938 die ersten Röhrenschaltungen zum erheblich schnelleren elektronischen Rechnen, welche jedoch zunächst keine Anwendung fanden. Unabhängig von Zuse und Schreyer entwickelten dann in den Vereinigten Staaten C. E. Shannon (1938) und der aus Ungarn gebürtige Mathematiker John v. Neumann die Aussagenlogik und Schaltalgebra für Rechenautomaten weiter, wobei Neumann 1945 die wichtige Idee des gespeicherten und damit während des Ablaufes veränderbaren Programmes (bedingte Sprungbefehle) beisteuerte, eine Idee, die Konrad Zuse schon 1940 in sein Tagebuch notiert hatte mit Begriffen wie «lebendige Pläne» und «bedingte Rückkopplung».

Den ersten Röhrenrechner ENIAC bauten dann im dekadischen Zahlen- system 1942 bis 1946 in Amerika I. P. Eckert und J. W. Mauchly für ballistische Rechnungen im Auftrag der amerikanischen Armee. 1500 Relais und 1800 Röhren wurden verwendet – von denen pro Woche 2 bis 3 ausfielen – bei einem elektrischen Leistungsverbrauch von 150 kW. Die ENIAC blieb bis 1955 in Betrieb. Das Zeitalter der elektronischen Datenverarbeitung hatte begonnen.

**Dr. Gerhard Zweckbronner**  
Landesmuseum für Technik und Arbeit  
Am Ullrichsberg 16  
D-6800 Mannheim

## Vom Fliehkraftregler zur Kybernetik

«Alles regeln, was regelbar ist, und das noch nicht Regelbare regelbar machen.»<sup>1</sup>

Diese Parole stammt aus dem Jahre 1941, und sie markiert einen entscheidenden Punkt in der Entwicklung einzelner regeltechnischer Einrichtungen zu einer allgemeinen Regelungstechnik bis hin zur Kybernetik – einer Wissenschaft, die Norbert Wiener 1948 kurz und prägnant umriss:

«Wir haben beschlossen, das ganze Gebiet der Regelung und Nachrichtentheorie, ob in der Maschine oder im Tier, mit dem Namen "Kybernetik" zu benennen, den wir aus dem griechischen "κυβερνήτης", "Steuermann", bildeten. Durch die Wahl dieses Ausdrucks möchten wir anerkennen, dass die erste bedeutende Schrift über Rückkopplungsmechanismen ein Artikel über Fliehkraftregler (governors) von Clerk Maxwell ist, der im Jahre 1868 veröffentlicht wurde, und das englische Wort "governor" für Fliehkraftregler ist von einer lateinischen Verfälschung von κυβερνήτης abgeleitet.»<sup>2</sup>

Dass sich in der Regelungstechnik bedeutsame Entwicklungen abgespielt haben und welcher Tendenz sie folgten, zeigt bereits ein kurzer Blick in die Fachliteratur.

Wer beispielsweise Luegers 8bändiges «Lexikon der gesamten Technik» aus dem 1. Jahrzehnt unseres Jahrhunderts und noch die Auflage von 1928 unter «Regler» aufschlägt, findet sämtliche Fliehkraftregulatoren in Prinzipskizzen, Gesamt- und Schnittdarstellungen – ganz so, wie die anderen Maschinen und Maschinenteile aus dem gesamten Technikbereich im Stile der Zeit ihren Niederschlag im Lexikon finden. Die übrigen Regler – etwa für den Druck von Gasen und Flüssigkeiten, Temperatur, Zug bei Feuerungen, Wasserstand – werden behandelt unter dem Stichwort ihrer speziellen Anwendungsbereiche.

Anders in der Auflage von Luegers Lexikon der Technik 1960: Hier werden unter «Regelung» Grundbegriffe eingeführt und theoretische Grundlagen vermittelt unabhängig von speziellen Anwendungen, wobei Regelung ganz allgemein verstanden wird als «ein Vorgang, bei dem eine beliebige, messbare Zustandsgröße in einem beliebigen technischen Prozess durch Messung dieser Größe unabhängig von Störungen nach einem bestimmten Gesetz selbsttätig verändert oder aufrechterhalten wird».<sup>3</sup>

Die Betonung der Fliehkraftregler noch bis in die 1920er Jahre spricht für die Bedeutung dieser Reglereinrichtung, die uns auch als Symbol begegnet in Ornamenten, Fabrikfassaden, Zeitschriften-Vignetten und Einbänden technischer Lexika, wie eben dem von Lueger. Der Fliehkraftregler war ein Symbol für die Industrialisierung.

Werfen wir einen kurzen Blick auf die Entwicklung der Regelungstechnik, seit Watt die Bedeutung des Fliehkraftreglers, der verschiedentlich bereits angewandt worden war, für seine rotierenden Dampfmaschinen erkannt hatte.<sup>4</sup>

Damit begann die breite Anwendung der Drehzahlregelung, die systematische Ausrüstung von Kraftmaschinen mit Drehzahlreglern: Kolbendampfmaschinen, Wasserräder, Wasserturbinen.

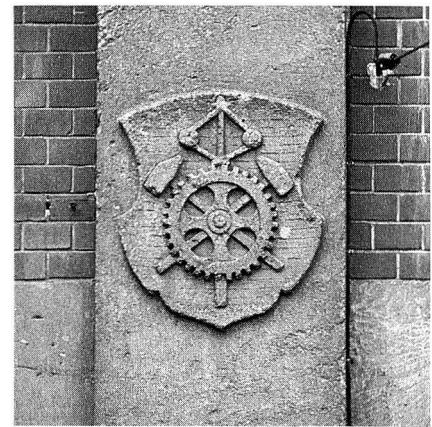
Ansprüche an die Güte der Drehzahlregelung stiegen im Zuge der weiteren Entwicklung der Dampfmaschinen und ihres Einsatzes beispielsweise in Verbindung mit solchen Arbeitsmaschinen, die hohe Konstanz der Drehzahl erforderten, trotz wechselnder Belastungen und störender Einflüsse:

«Seit einiger Zeit», so wird im Polytechnischen Journal von Dingler 1854 vermerkt, «nehmen die Regulatoren die Aufmerksamkeit der Maschinenbauer ganz besonders in Anspruch; alle Fabrikanten begreifen, dass die Regelmässigkeit des Ganges ihrer Triebmaschinen einen grossen Einfluss auf die Qualität und das Quantum der Producte hat, und dass dadurch häufige, stets sehr kostspielige Brüche von Maschinenteilen vermieden werden».<sup>5</sup>

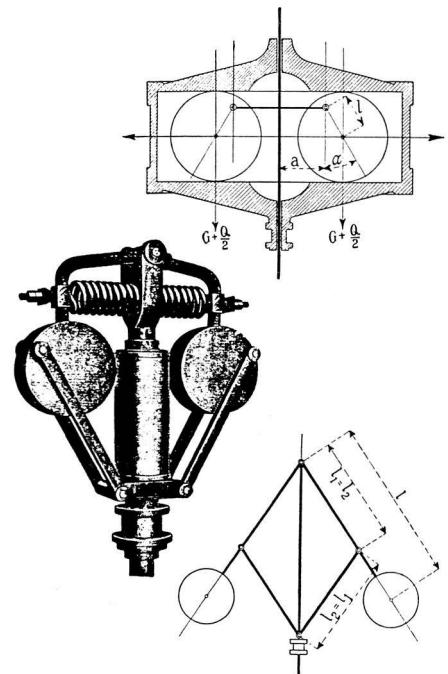
Trotz einer Vielzahl einzelner Regelungseinrichtungen für Drehzahl, Druck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wasserstand oder elektrische Größen war das am meisten bearbeitete Gebiet das der Drehzahlregelung, das um 1920 auch in theoretischer Hinsicht einen gewissen Abschluss erreicht hatte.<sup>6</sup>

Aber angesichts der wachsenden Vielfalt von Regleraufgaben nahmen die Bemühungen um eine gemeinsame Betrachtungsweise der Reglerfrage zu<sup>7</sup> und um einen Abbau der «Sprachverwirrung»<sup>8</sup> auf dem Gebiet der Regelungstechnischen Bezeichnungen, die jeweils vom speziellen Anwendungsfall geprägt waren.

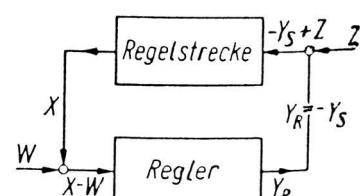
Deshalb wurde 1939 im Verein deutscher Ingenieure (VDI) ein Fachaus-



Symbol für Industrialisierung: Fliehkraftregler an der Fassade der ehemaligen Kunstwollspinnerei Moritz Horkheimer, Stuttgart-Zuffenhausen, 1906 (Foto: Frieder Schmidt)



Verschiedene Bauarten und Darstellungsformen von Fliehkraftreglern in Lueger: Lexikon der gesamten Technik, unter dem Schlagwort «Regler», etwa 1908



Blockschaltbild des Regelkreises in Lueger: Lexikon der Technik, unter dem Schlagwort «Regelung» im Band Grundlagen des Maschinenbaues, 1960

schuss für Regelungstechnik gegründet. Vereinheitlichung der regelungstechnischen Begriffsbestimmungen und Bezeichnungen war seine erste Aufgabe, dann die Reglerbezeichnung und -einteilung im Gruppenverzeichnis der Patentklassen des Reichspatentamtes, schliesslich die Herausgabe von «Schrifttumsberichten aus der Regelungstechnik», die seit 1940 erschienen.<sup>9</sup>

1940 berichtete dieser Fachausschuss für Regelungstechnik dem Wissenschaftlichen Beirat des VDI und gab durch 5 Vorträge einen Überblick über den Stand der Regelungstechnik und über die künftigen Aufgaben, wie sie der Fachausschuss sah:

- «Regelungstechnik. Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Auswirkung» (Hermann Schmidt, Berlin)
- «Kurssteuerung von Flugzeugen» (G. Wünsch, Berlin)
- «Die Regelung von Bewegungsvorgängen durch das Vestibularorgan des Innenohres» (W. Trendelenburg, Berlin)
- «Regelung des Blutkreislaufs» (Kurt Kramer, Berlin)
- «Automatisierung in der feinmechanischen Mengenfertigung als Regelungs- und Steuerungsaufgabe» (K.M. Dolezalek, Hildesheim).<sup>10</sup>

Ins Auge fällt, dass es hier um die Ausdehnung regelungstechnischer Be- trachtungsweisen nicht nur innerhalb der Technik ging, sondern mindestens ebenso auch ausserhalb der Technik – getreu dem aus diesem Zusammenhang stammenden und eingangs bereits zitierten Motto:

«Alles regeln, was regelbar ist, und das noch nicht Regelbare regelbar machen.»

Dieses Motto – eine bewusste Anlehnung an ein Galilei zugeschriebenes Wort über das Messen<sup>11</sup> – ging in ein zentrales Dokument ein: in die «Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik» aus dem Jahre 1941, die Hermann Schmidt, Professor an der Technischen Hochschule Berlin und Obmann des VDI-Fachausschusses Regelungstechnik, auf Veranlassung des Wissenschaftlichen Beirats des VDI verfasste.

In dieser 14 Seiten umfassenden Denkschrift plädiert er für eine «Allgemeine Regelungskunde» und legt die Notwendigkeit dar durch einen Blick in die jüngste Geschichte, auf den damals aktuellen Stand und auf die künftigen Anforderungen:

«Mit Beginn dieses Jahrhunderts, besonders aber in den letzten beiden Jahrzehnten, hat sich die Regelungstechnik von der Drehzahl- und Leistungsregelung der Maschinen aus über das Gesamtgebiet der Technik, insbesondere auch die Wehrtechnik, in rascher Entwicklung ausgebreitet.

In der Elektrotechnik ist es der Zusammenschluss der Netze für die Verteilung elektrischer Energie zu einem Reichsnetz, der heute an die Regelung von Wirk- und Blindleistung, Frequenz und Frequenzintegral Anforderungen stellt, die mit den Mitteln der alten Drehzahlregelung nicht mehr zu erfüllen sind. Die Rationalisierung der Betriebsführung schreitet, gestützt auf die Leistung der Regelungstechnik, fort, die eines ihrer unentbehrlichen Hilfsmittel ist. Betriebsgrössen, wie Temperatur, Druck, Dichte, Heizwert, strömende Menge, Mischungsverhältnis, Behälterstand, um nur einige nichtelektrische Grössen vorwiegend aus dem wärmetechnischen Bereich zu nennen, werden zu geregelten Grössen. In der Regelungsmechanik finden wir vor allem die Stabilisierung von Flugzeugen nach Quer- und Längslage und Kurs, von Plattformen für Geschütze und Scheinwerfer, die Regelung des Laufs des Torpedos. Die Feuerleittechnik kennt ebenso wie die Nachrichten- und Fernmeldetechnik zahlreiche Regelungsaufgaben. In mehr als einem Drittel der Prüfungsklassen des Reichspatentamtes werden Erfindungen aus der Regelungstechnik bearbeitet.

In engem Zusammenhang mit der Regelungstechnik, teilweise als ein

Sondergebiet von ihr, entwickelt sich die Automatisierung der Arbeitsmaschinen in der Fertigungstechnik.

Zur Regelung der ständig wachsenden Zahl elektrischer, thermischer und mechanischer Größen an den verschiedenartigsten Systemen wird eine Fülle von Regelgeräten sehr verschiedener Bauart benutzt. Die Regelgeräte sind mit mechanischen, hydraulischen, pneumatischen oder elektrischen Mitteln aufgebaut und zeigen häufig untereinander vorwiegend nach Bauart, aber auch nach ihrer Wirkungsweise keine engere Verwandtschaft.

So mutet die Fülle der Regelgeräte für die verschiedenen Regelgrößen und die grosse Mannigfaltigkeit der zu regelnden Systeme zunächst chaotisch an. Auch die neueren Theorien, die in Verbindung mit den unter sich vielfach zusammenhanglosen Entwicklungsarbeiten der Industrie entstanden sind, sind meist auf enge Sondergebiete oder gar Einzelfragen beschränkt und auch wegen der ihnen eigentümlichen Sprache und Begriffsbildung für Arbeiten ausserhalb ihres Entstehungsgebietes ohne rechten Nutzen.

Die Verschiedenartigkeit der Regelgrößen und der zu regelnden Systeme, die Mannigfaltigkeit der Reglerbauarten und die Zusammenhanglosigkeit der Regelungstheorien können aber nicht darüber täuschen, dass es sich bei ihnen allen um dieselbe Aufgabe handelt und dass es erforderlich ist, eine Allgemeine Regelungskunde zu entwickeln, in der sich alle Regeltechnischen Einzelaufgaben zu einer Einheit verbinden.»<sup>12</sup>

Doch nicht nur ein technisches Grundproblem war die Regelung – auch ein biologisches: Die Technik erweise ihre Verwandtschaft mit dem «Grundproblem des Lebens», das «ebenfalls Regelung heisst»; denn, so Schmidt, «in der Entwicklung von Regeleinrichtungen scheinen wir uns ganz in den Spuren der Natur und nach ihrem Gesetz zu bewegen, die uns in Pflanze, Tier und Mensch die Regelung vielfältig vorgemacht hat».»<sup>13</sup>

In diesem Zusammenhang verwies er auf die «Gleichgewichtslage unseres Körpers, die wesentliche Konstanz seiner Temperatur, des Blutdruckes, der Pulsfrequenz und vieler anderer Zustandsgrößen» als Ergebnis von Regelungsvorgängen.

Daher die Bedeutung, die Schmidt der allgemeinen Regelungskunde in der Physiologie beimaß: «Gerade der Physiologe ist bei der Erforschung der Regelungsvorgänge im Organismus in besonderem Masse gezwungen, zu vereinfachenden Schemata zu greifen. Solche vereinfachenden Schemata findet er in der Regelungstechnik in mannigfachen Formen fertig vor, als wenn sie für ihn geschaffen wären.»<sup>14</sup>

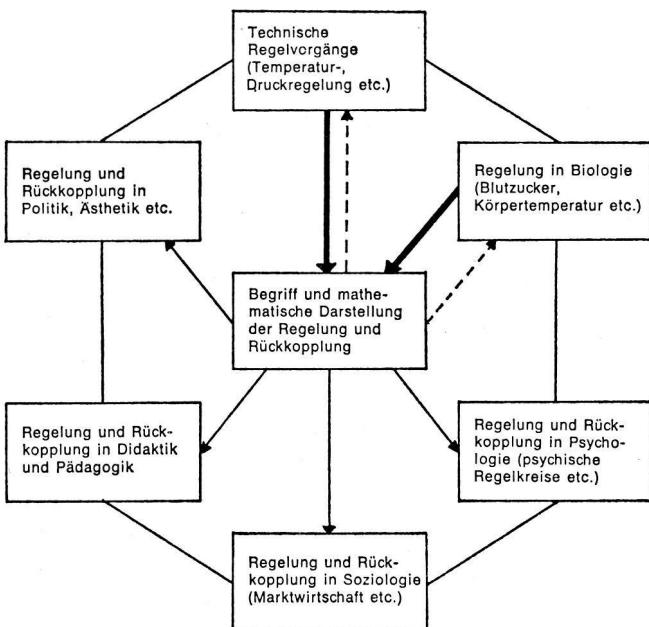
Der Regelkreis wurde damit zum «Zeichen der Einheit sehr verschiedener, auch physiologischer Arbeitsrichtungen».»<sup>15</sup>

Neben dieser synthetischen Funktion der Regelungstechnik hob Schmidt ihren zu erwartenden «Nutzen für Wirtschaft, Wehrmacht und Sozialpolitik» hervor:

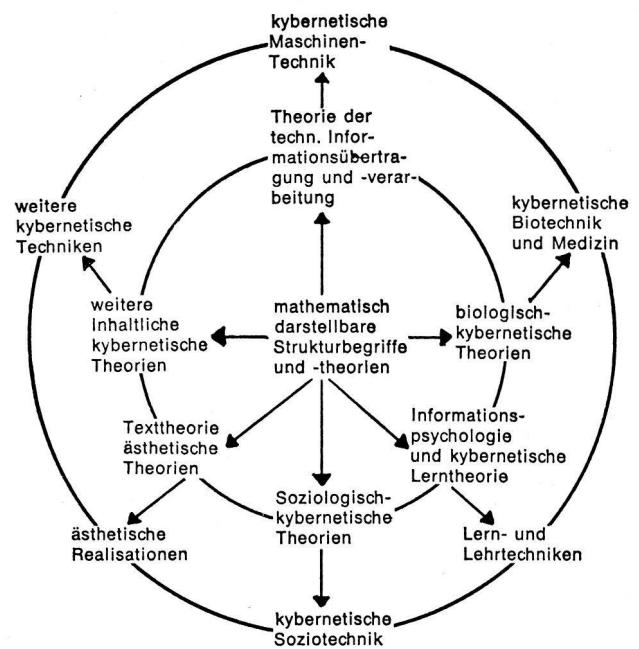
«Die wirtschaftliche Auswirkung der Regelungstechnik ist ebenso wie ihre technische Entwicklung heute in der Hauptsache noch Sache der Zukunft. Sie ist aber schon heute voll gewährleistet, denn sie ist in erster Linie begründet in der Ausschaltung des Subjektes aus dem Bereich der technischen Mittel. Schon heute ist in zahlreichen Fällen der Mensch nicht in der Lage, die durch den Regler gut gelöste Aufgabe auch nur einigermaßen ebensogut zu lösen. Wie beim Messen, dem Feststellen funktionaler Zusammenhänge, so auch beim Regeln, ihrem Herstellen, ist das Subjekt die häufigste und stärkste Fehlerquelle.

## Anmerkungen

- 1 Hermann Schmidt: Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik (1941), S. 12. Nachdruck als Beifeft in: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 2 (1961) (2. Aufl. 1963). Ähnliche Formulierung auch bei Hermann Schmidt: Regelungstechnik. Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Auswirkung. In: Zeitschrift des Ver eins deutscher Ingenieure (im folgenden ZVDI) 85 (1941), S. 81–88, hier 81, 88 (Abdruck eines Vortrags vom 17. Oktober 1940).
- 2 Norbert Wiener: Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung in lebewesen und Maschine. Reinbek 1968. S. 32. Zur Terminologie siehe Johannes Erich Heyde: Kybernetes = «Lotse»? Ein terminologischer Beitrag zur Kybernetik. In: Sprache im technischen Zeitalter 15 (1965), S. 1274–1286.
- 3 Alfred Ehrhardt, Hermann Franke (Hg.): Lueger Lexikon der Technik, Bd. 1, Grundlagen des Maschinenbaus. Stuttgart 1960 (4. Aufl.), S. 410.
- 4 Die Entwicklung der Regelungstechnik ist dargestellt bei Otto Mayr: Zur Frühgeschichte der technischen Regelungen. München 1969; Ludolf von Mackensen: Ein wiedergefundenes Zwischenglied in der Geschichte der Regelungstechnik. Die erste neuzeitliche Schwimmerregelung von 1723. In: Regelungstechnik 19 (1971), S. 425–428; Klaus Rörentrop: Entwicklung der modernen Regelungstechnik. München 1971.
- 5 Hydraulischer Centrifugal-Regulator, anwendbar bei Dampfmaschinen und Wasserrädern; von Hrn. de Bavay zu Brüssel. In: Polytechnisches Journal, Bd. 131, 1854, S. 246–250, hier 249–250.
- 6 Zur Entwicklung der Regelungstechnik von 1800 bis 1920 siehe Rörentrop, wie Anm. 4, S. 15–58; eine kurze Zusammenfassung gibt Ders.: Zur Entwicklung der Regelungstechnik. In: Technikgeschichte 37 (1970), S. 65–81, hier 65–69.
- 7 Walter Schmidt: Gesetze der unmittelbaren Regelung auf allgemeiner Grundlage. In: ZVDI 81 (1937), S. 1425–1431, hier 1425.
- 8 Hermann Schmidt in der Besprechung eines Buches von Walter Schmidt (Unmittelbare Regelung. Berlin 1938). In: ZVDI 83 (1939), S. 395.
- 9 VDI-Arbeit auf dem Gebiet der Regelungstechnik. In: ZVDI 86 (1942), S. 148.



Regelung und Rückkopplung als strukturelle Gemeinsamkeit zwischen Wissenschaften unterschiedlichster Gegenstandsgebiete (Abb. aus Felix v. Cube: *Was ist Kybernetik?* Bremen 1967. S. 27)



Kybernetik als Übertragung mathematisch-technischer Methoden auf die Human- und Sozialwissenschaften (Abb. aus Felix v. Cube: *Was ist Kybernetik?* Bremen 1967. S. 89)

Wir kommen zur exakten Betriebsführung, zum nahezu subjektlosen objektiven Betrieb, der allein Rohstoff und Energie verlustfrei verwerten kann, und damit zu einer Steigerung der Güte und der Menge der Erzeugnisse bei geringstem Aufwand. Ohne den Automaten in der Betriebs-, Verfahrens- und Fertigungstechnik ist der europäische Wirtschaftsraum nicht auszufüllen. Die Wehrtechnik, insbesondere die Waffentechnik und Kriegsfahrzeugtechnik, kennt zahlreiche Aufgaben, deren Lösung ohne die selbsttätige Regelung nicht möglich wäre. Die sozialpolitische Auswirkung der Regelungstechnik beruht ebenfalls auf der Ausschaltung des Menschen aus dem Wirkungszusammenhang mit der Maschine. Der Mensch ist nicht mehr lebendes Äquivalent eines technischen Mittels zum Zweck. In der zweiten Stufe der technischen Entwicklung, der Stufe der Maschine, der Stufe des halbgelösten technischen Problems, wirkte der Mensch häufig als Maschinenelement; er war der Sklave der Maschine. Die Rangordnung von Leben und Maschine war damit oft widernatürlich verkehrt, mit all ihren bekannten, bis ins Politische gehenden nachteiligen Folgen, die sich besonders im 19. Jahrhundert ausgewirkt haben. Durch die Regelungstechnik wird diese widernatürliche Rangordnung von Leben und Maschine beseitigt und unmöglich gemacht. Die Maschine hat die soziale Frage der europäischen Völker geschaffen; die Regelungstechnik hilft, sie zu beseitigen. Es gibt zwei Auswege aus der Tragik des halbgelösten technischen Problems: man kann zum Werkzeug und damit zum Handwerk zurückkehren, welches das Subjekt seelisch unversehrt lässt, das aus ungeschmälerter Lebensfülle heraus dem Handwerk die Kunst verschwistert, oder man kann mit allem Aufwand an schöpferischem Geist und Tatkraft hindurchschreiten zur Lösung des technischen Problems durch den Automaten, welcher das Subjekt aus dem Bereich der technischen Mittel befreit. Beide Wege wird man gehen, um dem Menschen seiner Bestimmung gemäss zur schöpferischen Tätigkeit zu verhelfen, nur nicht auf der Stufe der nichtselbsttätigen Maschine stehen bleiben.

Mitten im zukunftsgewissen Erleben des Entstehens des grossdeutschen Sozialstaates erhält der Techniker in der Förderung der Regelungstechnik also auch einen sozialpolitischen Auftrag höchster Verantwortung.»<sup>16</sup>

Das angestrebte Institut für Regelungstechnik sollte der Forschung und Lehre dienen, also ein Hochschulinstitut sein, genauer: ein Institut an einer Technischen Hochschule wegen der synthetischen Funktion der Regelungstechnik für Maschinenbau, Elektrotechnik, Schiffsmaschinenbau, Luftfahrzeugbau, Fertigungstechnik und Verfahrenstechnik. Darüber hinaus legte Schmidt Wert auf den Kontakt des Instituts zur Universität, besonders zu den Physiologen, wegen der Beiträge zur Erkenntnis der biologischen Regelung. Auch mit der Industrie erhoffte er eine enge Zusammenarbeit in Forschung und Lehre.

Diese Verbindung zwischen Technischer Hochschule, Universität und Industrie sah Schmidt vor allem in Berlin gewährleistet und plädierte deshalb für diesen Standort.<sup>17</sup>

Im November 1944 war es dann soweit: In der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Hochschule Berlin wurde der erste deutsche Lehrstuhl für Regelungstechnik eingerichtet. Hermann Schmidt, der schon seit etlichen Jahren Regelungstechnik-Vorlesungen in Berlin abgehalten hatte, wurde als ordentlicher Professor auf diesen Lehrstuhl berufen.<sup>18</sup>

Während in Deutschland die allgemeine Regelungstechnik mit ihrem disziplinübergreifenden Anspruch entstand, geschah ähnliches in den USA. Wie Schmidt den Kontakt zu Physiologen pflegte, so hatte auch Wiener Anstösse empfangen aus der Zusammenarbeit mit Biologen und Medizinern, als er die Grundlagen seiner Kybernetik entwickelte.<sup>19</sup>

Deutlich wird ebenso die Beschleunigung der Entwicklung durch die Kriegswichtigkeit der Ergebnisse – in den USA wie in Deutschland, wo zum Beispiel das VDI-Regler-Archiv auch als «Unterlage bei der zentralen Lenkung der Entwicklung und Verwendung der Regler durch den Sonderbeauftragten für Regelungstechnik des Reichsministers für Rüstung und Kriegsproduktion» diente.<sup>20</sup>

Dennoch: Die Entwicklung der Regelungstechnik vom technischen Spezialfach zur Weltanschauung Kybernetik kann auch unter geistes- und kulturgeschichtlichen Aspekten gesehen werden – genauso wie vor zwei Jahrhunderten die Ausbreitung des Regelungsprinzips innerhalb der Technik.

Im 18. Jahrhundert wurde der starre Barock-Automat durch die flexible Selbstregelung abgelöst, und dies fand seine Parallele im Übergang von Absolutismus und Merkantilismus zur Lehre der Gewaltenteilung und des sich selbst regulierenden Wirtschaftsliberalismus.<sup>21</sup> In den 1940er Jahren lassen sich im deutschsprachigen Raum Parallelen aufzeigen zwischen der Entstehung einer allgemeinen Regelungslehre und Entwicklungen auf Gebieten der Anthropologie.

1940 veröffentlichte Viktor von Weizsäcker, der Existential-Philosophie nahestehend<sup>22</sup>, seine Lehre vom «Gestaltkreis», einer «Theorie der Einheit von Wahrnehmen und Bewegen». Er untersuchte hier die Wechselwirkung zwischen dem wahrnehmenden und handelnden Organismus und der Umwelt: «Offenbar fehlen uns im Augenblick nur die Ausdrucksmittel, sie darzustellen. Aber wir können einen Anfang machen, wenn wir die Wechselwirkung von der einseitig gedachten Kausalität unterscheiden.»<sup>23</sup>

Förderte von Weizsäcker mit seinen Arbeiten die medizinische Anthropologie, genauer: eine ganzheitlich ausgerichtete psychosomatische Medizin, so bewegte sich Arnold Gehlen auf dem Feld der philosophischen Anthropologie als er, ebenfalls 1940, in seinem Hauptwerk «Der Mensch. Seine Natur und seine Stellung in der Welt» den Menschen als das beschrieb, was man später ein rückgekoppeltes System genannt hat: «nämlich ein solches, das auf seine eigenen Produkte reagiert».<sup>24</sup>

## Anmerkungen

- 10 Alle 5 Vorträge in: ZVDI 85 (1941), S. 81–104.
- 11 Hermann Schmidt: Die Bemühungen des Vereins Deutscher Ingenieure um die Allgemeine Regelkreislehre seit 1939 in Deutschland. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 3 (1962), S. 13–16, hier 14.
- 12 Schmidt: Denkschrift, wie Anm. 1, S. 5–6.
- 13 Ebd. S. 7.
- 14 Ebd. S. 8.
- 15 Ebd. S. 9.
- 16 Ebd. S. 11–12.
- 17 Ebd. S. 13–14.
- 18 Ebd. Vorwort der Schriftleitung zum Nachdruck. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Regelungstechnik zunächst wieder den Lehrgebieten zugeordnet, zu denen die jeweiligen technischen Systeme mit ihren Regelgrößen gehörten; dazu Hermann Schmidt: Beginn und Aufstieg der Kybernetik. In: ZVDI 106 (1964), S. 749–753, hier 750.
- 19 Auf die weitgehende Deckung der Begriffe Kybernetik und Allgemeine Regelungskunde weisen z.B. hin: Begründung des Buches von Norbert Wiener (*Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York 1949). In: ZVDI 92 (1950), S. 587; Vorwort der Schriftleitung zum Nachdruck der Denkschrift von Hermann Schmidt, wie Anm. 1.
- 20 Aus der VDI-Arbeit. In: ZVDI 88 (1944), S. 405–407, hier 407.
- 21 Dazu Otto Mayr: Adam Smith und das Konzept der Regelung. Ökonomisches Denken und Technik in Großbritannien im 18. Jahrhundert. In: Ulrich Troitzsch, Gabriele Wohlauf (Hg.): *Technik-Geschichte. Historische Beiträge und neuere Ansätze*. Frankfurt a.M. 1980. S. 241–268.
- 22 Diese Nähe geht z.B. hervor aus den Vorworten zur 3. und 4. Auflage seines Werkes: *Der Gestaltkreis. Theorie der Einheit von Wahrnehmen und Bewegen*. Stuttgart 1950 (4. Aufl.). S. VI (Vorwort zur 3. Aufl. 1946), S. XVIII (Vorwort zur 4. Aufl. 1948).
- 23 Viktor von Weizsäcker: *Der Gestaltkreis. Theorie der Einheit von Wahrnehmen und Bewegen*. Leipzig 1940. S. 118.
- 24 Arnold Gehlen: *Anthropologische Ansicht der Technik*. In: Hans Freyer u.a. (Hg.): *Technik im technischen Zeitalter. Stellungnahme zur geschichtlichen Situation*. Düsseldorf 1965. S. 101–118, hier 108.

## Anmerkungen

- 25 Dazu Karl-Siegbert Rehberg: Arnold Gehlens Beitrag zur «Philosophischen Anthropologie». Einleitung in die Studienausgabe seiner Hauptwerke. In: Arnold Gehlen: Der Mensch. Seine Natur und seine Stellung in der Welt. Wiesbaden 1986 (13. Aufl.), S. I–XVII, hier V.
- 26 Gehlen, wie Anm. 25, S. 54.
- 27 Ebd. S. 133.
- 28 Hermann Schmidt: Beginn und Aufstieg der Kybernetik. In: ZVDI 106 (1964), S. 749–753, hier 749–750.
- 29 Hermann Schmidt: Die Entwicklung der Technik als Phase der Wandlung des Menschen. In: ZVDI 96 (1954), S. 118–122, hier 119.
- 30 Wiener, wie Anm. 2, S. 52.
- 31 Ebd. S. 51.
- 32 Einen Überblick über Begriffe und Methoden der Kybernetik und über ihre Funktion im Wissenschaftsgefüge bringt z.B. Felix von Cube: Was ist Kybernetik? Grundbegriffe, Methoden, Anwendungen. Bremen 1967.
- 33 So bei Frederic Vester: Neuland des Denkens. Vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter. Stuttgart 1980. Allerdings verwendet er etwas unüblich den Begriff «technokratisch» weitgehend im Sinne von «eindimensional». Zu den unterschiedlichen Einschätzungen des Verhältnisses von Technokratie und Kybernetik siehe Günter Ropohl: Zur Technokratiediskussion in der Bundesrepublik Deutschland. In: Hans Lenk (Hg.): Technokratie als Ideologie. Sozialphilosophische Beiträge zu einem politischen Dilemma. Stuttgart 1973, S. 58–76; Peter-Jörg Jansen: Systemtechnik und Technokratievorwurf. Ebd. S. 215–222; Günter Ropohl: Gesellschaftliche Perspektiven und theoretische Voraussetzungen einer technologischen Aufklärung. Ebd. S. 223–233.

Durch vitalistische Ganzheitsbetrachtungen geleitet<sup>25</sup>, beschrieb er etwa den «Handlungskreis» als «Zusammenarbeit der Handlung, der Wahrnehmung, des Denkens usw.»<sup>26</sup> Von grösster Bedeutung war für Gehlen, dass «Erkenntnis und Handlung schon an der Wurzel untrennbar sind», dass «Weltorientierung und Handlungsführung ein Prozess» sind.<sup>27</sup>

Genau mit diesen hier umrissenen Fragen der biologischen und philosophischen Anthropologie befasste sich auch Hermann Schmidt: Da der Mensch, im Gegensatz zum Tier, in seiner Existenz nicht fertig sei, müsse er sich «technisierend und erkennend» mit der Natur auseinandersetzen – in einer «psychophysischen» Kreisstruktur.<sup>28</sup>

Aus dieser Sicht ist seine grundsätzlich positive Einstellung zur Kybernetik verständlich, denn hier sah er die Technik in ihrer methodischen Vollendung: die Automation brachte körperliche und geistige Entlastung<sup>29</sup>, also die «Ausschaltung des Subjektes aus dem Bereich der technischen Mittel», wie er in seiner Denkschrift von 1941 bereits formuliert hatte.

Wesentlich kritischer und vor dem konkreten weltpolitischen Hintergrund beurteilte Wiener nach dem Zweiten Weltkrieg die Möglichkeiten der neuen Wissenschaft Kybernetik. Er sah den Krieg als entscheidenden Faktor für die Entwicklung dieser Wissenschaft; und diese Wissenschaft konnte er «nur in die Welt weitergeben, die um uns existiert, und das ist die Welt von Belsen und Hiroshima».<sup>30</sup>

Und was die konkreten Arbeitsbedingungen in einer von Automation geprägten Arbeitswelt betraf, wagte er 1948 nur eine düstere Prognose: Dem Entlastungs-Aspekt hielt er entgegen, die moderne industrielle Revolution sei dazu bestimmt, «das menschliche Gehirn zu entwerten, wenigstens in seinen einfacheren oder mehr routinemässigen Entscheidungen. Wie der gelernte Zimmermann, der gelernte Mechaniker, der gelernte Schneider in gewissem Grade die erste industrielle Revolution überlebt haben, können natürlich der erfahrene Wissenschaftler und der erfahrene Verwaltungsbeamte die zweite überleben. Stellt man sich jedoch die zweite Revolution als abgeschlossen vor, so wird das durchschnittliche menschliche Wesen mit mittelmässigen oder noch geringeren Kenntnissen nichts zu „verkaufen“ haben, was für irgend jemanden das Geld wert wäre.»<sup>31</sup>

Wir haben Regelungstechnik und Kybernetik als Gestaltungs- und als Erkenntnismittel in einer zunehmend wissenschaftlich-technisch geprägten Lebenswelt kennengelernt. Kybernetik in dem umfassenden Sinn einer Brücke zwischen den Natur-, Technik-, Geistes- und Gesellschaftswissenschaften<sup>32</sup> ist ein Erkenntnismittel, dessen quantifizierende Methodik zum grossen Teil selbst ein Produkt der modernen Technik ist – vielleicht genauer: eine Übertragung mathematisch-technischer Denk-, Anschauungs- und Handlungsweisen auf nahezu alle Bereiche unserer Lebenswelt.

Dies gilt es kritisch zu bedenken, wenn heute Wege aus technisch verursachten Krisen angeboten werden in ein «Neuland des Denkens» und wenn dies propagiert wird als Schritt «vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter».<sup>33</sup>