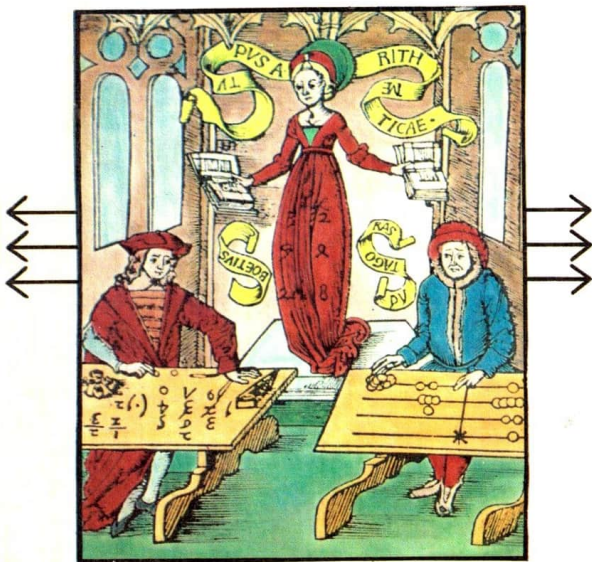


Ch. Hülsmann · S. Pietzsch
**Vom Kerbholz
zur Rechenanlage**

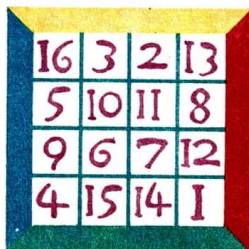


Christa Hülm / Sieghart Pietzsch

**Vom Kerbholz
zur Rechenanlage**

Aus der Geschichte
der Rechentechnik

Der Kinderbuchverlag Berlin



Illustrationen von Rudolf Platzner

Von den Anfängen der Rechenkunst

Die Geschichte der Rechentechnik, von der wir in diesem Buch erzählen, beginnt vor beinahe 2000 Jahren. Es ist nicht die Geschichte der Mathematik allgemein, die ist älter. Ihre Anfänge reichen bis in das Jahr 4000 vor unserer Zeitrechnung zurück. Zahlendarstellungen, die bei Ausgrabungen in Grabmälern und Tempelruinen gefunden wurden, sind nahezu 6000 Jahre alt.

Das hohe Alter der Mathematik ist darauf zurückzuführen, daß ihre Gegenstände, Maß und Zahl, den Menschen für die Arbeit nützlich waren. „Wie alle anderen Wissenschaften ist die Mathematik aus dem Bedürfnis der Menschen hervorgegangen: aus der Messung von Land und Gefäßinhalt, aus Zeitrechnung und Mechanik“, sagt Friedrich Engels. Auf den Wert, der von jeher den Zahlen beigemessen wurde, weist eine uralte Sage hin. Sie erzählt, Priester und Helden hätten den Göttern nicht nur das Feuer entrissen, sondern auch die Zahlen.

Als Lehre von der Meßkunst und von den Anzahlen war die Mathematik schon vor Jahrtausenden den Chinesen, Indern, Ägyptern, Babyloniern und auch den Mayas bekannt und bei diesen Völkern weit entwickelt.

Die ältesten in China entdeckten Zahlenzeichen waren in Zauberwürfel eingeritzt. Sie bestanden aus waagerechten, parallel angeordneten Strichen oder Kerben für die Zahlen eins bis fünf und einem senkrechten Strich für die Zahl zehn. Diesen Strichzeichen sind die Ziffernstäbchen der Chinesen ähnlich. In China essen die Menschen nicht nur mit Stäbchen, sie rechneten früher auch damit. Auf einer ebenen, in Spalten ein-

geteilten Platte legten sie 15 Zentimeter lange Ziffernstäbchen aus Holz, Bronze oder Elfenbein aus und veränderten beim Rechnen ihre Lage. So entstand schon vor Jahrtausenden als eines der ersten Hilfsmittel zum Rechnen das Rechenbrett. Auch die Japaner und die Inder kannten es lange vor unserer Zeitrechnung. Nur verwendeten die Inder anstatt der Stäbchen runde Kaurimuscheln. Herodot, einer der ersten griechischen Geschichtsschreiber, berichtet von den Ägyptern, daß ihre Baumeister und Händler sehr schnell mit Steinchen rechnen konnten, die sie auf in den Sand gezeichneten Linien hin und her bewegten. Auf die gleiche einfache Weise ist im Altertum in Griechenland gerechnet worden. Die Ableitung des griechischen Wortes „rechnen“ von der Bezeichnung für den Rechenstein weist darauf hin.

Ebenso alt wie das Rechenbrett ist auch der Kalender. Bereits um das Jahr 2700 vor unserer Zeitrechnung soll in China eine Sonnenfinsternis vorausberechnet und mathematisch einwandfrei beschrieben worden sein. Den Kalender berechnete man in China, wie übrigens auch in Mesopotamien, Babylonien und Assyrien, zuerst nach den Mondmonaten. Später stimmte man ihn auf das Sonnenjahr ab, weil die Zeitrechnung und die Beschreibung der Himmelskörper immer genauere Angaben verlangten. Eine beachtlich entwickelte Ka-

Älteste bildliche Darstellungen für Zählvorgänge: Strichzeichen für die Anzahl der Stammesmitglieder, Schwerter für Anzahl der Krieger (oben links), Speerspitzenfeld (oben rechts), Vorform des Webstuhls und sein Schriftsymbol (unten)



口

lenderrechnung besaßen auch die Ägypter und die Mayas. Sie teilten nach ihrem Kalender die für die Landbebauung wichtigen Arbeiten in Zeitabschnitte für die Aussaat und die Ernte ein.

Aus Mesopotamien sind Bruchstücke alter astronomischer Zahlentafeln zur Berechnung der Bewegung der Gestirne überliefert worden. Zu den bemerkenswertesten Funden gehören die in Keilschrift abgefaßten Rechenregeln auf Rechentafeln. Sie enthalten Vorschriften für die Lösung schwieriger mathematischer Aufgaben wie Entfernungsmessungen, Teilungs- oder Näherungsrechnungen mit Hilfe eines vorgegebenen bekannten Wertes zur schrittweisen Berechnung unbekannter Größen. Eine der Keilschrifttafeln beschreibt das Einmaleins, das bis 60 mal 60 reichte.

Aus Indien überlieferte mathematische Aufzeichnungen enthalten Anleitungen für den Bau von Tempeln und Altären. Diese Konstruktionsvorschriften, die zum Abstecken von Flächen und zur Berechnung der Größe geometrischer Figuren wie des Dreiecks, des Kreises oder eines Trapezes dienten, wurden Schnurregeln genannt. Aber nicht nur in Indien, auch in Ägypten verwendete man Schnüre oder Meßleinen für umfangreiche Vermessungen. In alten, auf Papyri aufgezeichneten mathematischen Texten der Ägypter finden wir die Meßleine als Hieroglyphe oder Sinnzeichen für die Zahl 100 wieder. Papyri nennt man die altägyptischen Schriftrollen. Das papierartige Material, aus dem sie hergestellt wurden, war das Stengelmark der Papyrusstaude. Zwei etwa aus der Zeit um 1700 vor unserer Zeitrechnung stammende Papyri enthalten

bereits mathematische Aufgaben, darunter Rechenregeln zum Einschätzen des Fassungsvermögens von Vorratskammern und -behältern. Das hohe mathematische Können der Ägypter beweisen uns solche Bauwerke wie die Pyramiden.

Die Ahnenreihe allein der später in Europa gebräuchlichen Rechenhilfsmittel ist lang. Es bedurfte vieler Jahrhunderte und vieler Vermittler, bis mathematisches Wissen in dieses Gebiet vordrang. Durch Eroberungskriege und den sich ausbreitenden Handel gelangten praktische Kenntnisse des Rechnens, die im Altertum bei hochentwickelten Völkern unter ähnlichen gesellschaftlichen Bedingungen fast gleichzeitig und gleichartig, aber voneinander unabhängig entstanden waren, in jene Länder, deren kulturelle Entwicklung sich erst in jüngerer Zeit vollzogen hat.

Zu solchen Vermittlern mathematischen Wissens zählen die Perser, die Griechen und die Araber. Auf einer Zeichnung aus dem 4. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung, die eine antike Vase schmückt, sehen wir einen persischen Schatzmeister am Rechentisch. Vielleicht zählt er mit Hilfe von Buchstabenzeichen für Zahlen und mit Rechensteinen die Abgaben zusammen, die unterworfenen Völker, zum Beispiel auch die Griechen, den persischen Eroberern zu zahlen hatten. Vielleicht auch berechnet er die benötigte Verpflegung für das persische Heer.

Nach der Perserzeit entwickelten die Griechen mathematisches Wissen zu einer bisher unerreichten Höhe. Sie bildeten nicht nur eigene und neue wissenschaftliche Methoden aus, sondern schufen aus den

vorhandenen Überlieferungen der älteren Kulturvölker die mathematische Wissenschaft. Von den Leistungen berühmter Mathematiker der griechischen Antike wie Pythagoras, Hippokrates, Euklid, Archimedes oder Apollonios im einzelnen zu berichten ist nicht das Anliegen dieses Buches.

Wichtig für uns ist es zu wissen, daß etwa um 500 bis 300 vor unserer Zeitrechnung griechische Gelehrte die exakte mathematische Beweisführung ausgebildet haben. Durch Beobachten der Vorgänge in der Natur, verbunden mit logischen Überlegungen, drangen sie zu neuen mathematischen Erkenntnissen vor. Die ehemals nur rezeptartigen Rechenvorschriften der älteren Kulturvölker lösten jetzt wissenschaftlich durchdachte mathematische Lehrsätze ab, aus denen weitere Sätze oder Formeln abgeleitet werden konnten. Ein Beispiel dafür ist der Satz über die Winkelsumme eines Dreiecks.

Obgleich es ganze Bibliotheken wissenschaftlicher mathematischer Werke der griechischen Antike gab, vermochten die Römer, die später weite Gebiete Griechenlands eroberten, kaum den Inhalt dieser Schriften zu verstehen. Die Römer waren tüchtige Krieger und Bauern, auch befähigte Baumeister, jedoch eigene wissenschaftliche Leistungen zur Weiterentwicklung der Mathematik haben sie nicht vollbracht. Ihnen genügten vor allem praktische Rechenkniffe. Mathematisches Wissen des Altertums wurde vor allem durch die Araber, weniger durch die Römer erstmals in Europa bekannt.

Auf ihren Kriegszügen drangen die Römer nicht nur nach

dem Osten und dem Süden, sondern auch in die Länder nördlich der Alpen vor. Geringe mathematische Kenntnisse wird es hier schon vor dem Auftauchen der Römer gegeben haben. Sie reichten aber sicher nicht über die Grenzen des Rechnens mit kleinen Zahlen und über einfachste Messungen hinaus. Über die Anfänge des Rechnens in den von undurchdringlichen Wäldern bedeckten nördlichen Gebieten besitzen wir kaum eine sichere Nachricht, so daß uns vieles darüber wohl immer verborgen bleiben wird. Wir müssen annehmen, daß die Entwicklung im frühmittelalterlichen Europa auf einer sehr niedrigen Kulturstufe begonnen hat. Die neugegründeten Feudalstaaten der Franken, Kelten und Slawen übernahmen nur zögernd bescheidene Kenntnisse der Rechenkunst.

Damals gab es in diesen Ländern noch keine Schulen und schon gar nicht ein gedrucktes Lese- oder Rechenbuch. Es gab noch keine Uhr, nach der die Arbeitszeit berechnet wurde. Auch Verkehrsmittel wie Eisenbahnen, Flugzeuge und Autos waren unbekannt. Selten fanden Fußgänger feste Straßen oder Brücken vor. Die großen Städte mußten erst entstehen. Keiner kannte damals Warenhäuser, Preislisten und Kassenbons. Lange Zahlenreihen wurden nicht mit Schreibmaschinen aufgeschrieben oder Tischrechnern addiert. Von Sparkassen, Scheckheften und Konten wußte man noch nichts. Bezahlt wurde mit Gänsen, Eiern, Schafwolle und Speck.

Wie wenig selbst Jahrhunderte später in Chroniken auf genaue Zahlenangaben geachtet wurde, beweist uns die Beschreibung einer Burg im Annolied. Das Lied

schildert geschichtliche Ereignisse um das Jahr 1050 zu Lebzeiten des Erzbischofs Anno von Köln. Die Größe einer seiner Burgen am Rhein, von der heute nur noch Ruinen übrig sind, das Ausmaß ihrer Mauern und die Höhe ihres Turms beschreibt der Chronist, indem er sagt:

„Sie ist eine Tageweide breit und drei Tageweiden lang, mit Burgmauern viereckig von vier Meilen und sechzig Länge und einem Turm viertausend Klafter hoch.“

Eine Tageweide war die Strecke Wegs, die weidendes Vieh an einem Tag getrieben werden konnte. Eine Meile entsprach etwa dem von einem rüstigen Wanderer in einer Stunde zurückgelegten Weg. Klafter hieß das Maß der beiden ausgestreckten Arme.

Alle Angaben des Chronisten zu Breite, Länge und Höhe dieser Burg sind Maße, die der Bauer für seine Arbeit kennen mußte. Wer ein Feld bestellen, Vieh halten, Vorräte aufbewahren und verteilen wollte, kam ohne diese Maßbezeichnung nicht aus. Die Arbeit war deshalb die erste Mathematiklehrerin. Sie spornte den Menschen zum Nachdenken, zu klugen Überlegungen und damit zum Zählen, Messen und Vergleichen an. Je mehr die Menschen sich mühten, bessere Arbeits- und Lebensbedingungen zu schaffen, um so deutlicher nahmen mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten zu. Von den Anfängen des Rechnens bis zum Einsatz moderner Schnellrechenanlagen war ein weiter Weg. Ihn kennzeichnet das Streben, immer neue, brauchbare Hilfsmittel für die Arbeit zu erfinden, um den wachsenden Bedürfnissen der Menschen besser zu entsprechen.

Einige markante Stationen der Entwicklung der Rechentechnik sollen in diesem Buch vorgestellt werden. Jede Neuentwicklung auch in der Technik wurzelt in Erfindungen oder Entdeckungen vergangener Zeiten. Jeder Erfinder schöpft aus den Erfahrungen und den Ergebnissen der Arbeit seiner Vorgänger. Wir wünschen uns, daß dieses Buch mit seinem Wissenwertem aus der Geschichte der Rechentechnik dazu beitrüge, den einen oder anderen jungen Leser in die Reihe der Erfinder einzugliedern.

Große Gegensätze

Ein Römer wundert sich

Erste Nachrichten über die Gebiete nördlich der Alpen verdanken wir den Römern, die dorthin vorgedrungen waren, um riesige Ländereien zu erobern. Im Jahre 98 beschreibt der Römer Tacitus die Gewohnheiten der Menschen, die im römischen Verwaltungsgebiet am Rhein und an der oberen Donau lebten. Diese Beschreibung nannte er „Germania“.

Tacitus war unter dem römischen Kaiser Nerva Konsul in diesem Gebiet und als hoher militärischer Verwaltungsbeamter verpflichtet, nach Rom über die dort ansässigen Völker zu berichten. Dabei vergleicht er ihre Lebensweise mit der Lebensart der Römer und geht auf vieles ein, was ihm fremd erschien. Aus seinen Schilderungen erfahren wir, warum die Mathematik in den nördlichen Gebieten zu jener Zeit noch unentwickelt war.

„Die Völker im Norden“, erzählt Tacitus, „schätzen die Jagd mehr als die Landwirtschaft. Nur auf einem klei-

nen Teil des Bodens bauen sie Getreide an, das meiste Land bleibt brach liegen als Weide. Ihr Ackerland pflügen sie nicht, sondern verlangen nur, daß es die Saat aufgehen läßt. Obst, Wein und Gemüse pflanzen sie nicht an. Sie haben weder künstliche Bewässerungsanlagen für ihre Felder wie die Römer noch Speicherhäuser, um große Vorräte zu sammeln. Was sie brauchen, bewahren sie in Höhlen auf. Auch das Jahr teilen sie nicht in viele Zeitabschnitte ein, sondern unterscheiden nur zwischen Winter, Frühling und Sommer. So haben sie auch keinen Namen für die Erntezeit, den Herbst. Städte mit dicht gedrängt stehenden Häusern mögen sie nicht. Sie wohnen in Gehöften, die weit voneinander entfernt liegen. Jedes Gehöft umgibt ein großer, freier Raum. Ihre Häuser bauen sie aus Holz und nicht aus Stein. Die Bauweise ist einfach. Da sie nicht prunkliebend sind wie die Völker des Südens, kommen sie ohne prächtige Paläste, Denkmäler, Grabkammern und Pyramiden aus. Auch ihre Götter schließen sie nicht in Tempeln ein.“

Am meisten erstaunte den Römer Tacitus, daß die Völker seines Verwaltungsgebietes das Geld nicht kannten, mit Geld nicht Handel trieben, nicht feilschten oder wucherten. Habgier nach Gold, Silber oder Besitz schien ihnen fremd zu sein. Sie wußten nichts vom Geldverleihen, um durch Zinsen zu verdienen. Ihr Reichtum waren große Viehherden. Deshalb bezahlten sie beim Tauschhandel zumeist mit Vieh, oder sie boten Bernstein und Speerspitzen aus Eisen an. Bei alledem war es kaum nötig, zu rechnen.

Ganz anders als die anspruchslose Lebensweise dieser

Völker waren die Gewohnheiten der Römer. Im römischen Kaiserreich besaßen seit langem schon die reichen Sklavenhalter die größte Macht. Alle Wohlhabenden kauften sich hier für jede Art der Arbeit Sklaven. Das waren Gefangene aus den besiegten Ländern, beispielsweise aus Syrien, Palästina, Ägypten, Griechenland oder von den kleinasiatischen Inseln. Die Sklaven waren rechtlos und mußten in den großen Stadthäusern der Römer, auf den Landgütern, in Speicherräumen, in Bergwerken und Werkstätten oder auch auf Handelsschiffen der reichen Sklavenhalter schuften, während die Römer selbst zumeist ein recht bequemes Leben führten.

Zu Lebzeiten des Tacitus erwarben reiche Römer Kenntnisse in den verschiedenen Wissensgebieten nur zu dem Zweck, die Sklavenhalterordnung aufrechtzuerhalten. In der Mathematik wurden vor allem drei Wissensrichtungen gepflegt: die Kriegstechnik, das Bauwesen und die Verwaltungsarbeit.

Die Kriegstechnik bestand nicht nur darin, Metalle zu bearbeiten und Waffen herzustellen, der Bau von Belagerungsmaschinen, Befestigungsanlagen, Straßen, Brücken, Hafenanlagen und Schiffen gehörte ebenfalls dazu. Außerdem mußten Strecken berechnet und Vermessungen vorgenommen werden. Dazu waren Rechenkenntnisse erforderlich. Die Römer eigneten sich diese in der Form von einfachen Rechenregeln an. Mit der Kriegstechnik bildeten sie gleichzeitig ihre Fähigkeiten als Baumeister aus. Die prachtvollen Paläste, die Bäder und Theater von Rom waren damals in der ganzen Welt berühmt.

Für Verwaltungsarbeiten mußte ein Römer zumindest die Zahlenschreibweise sowie die Kalender- und Zeitrechnung beherrschen. Für die Abgabeberechnung wurde Wissen über den Wert und vom Tausch der unterschiedlichen Münzen oder in der Zinseszinsrechnung vorausgesetzt. Dieses Wissen war auch für die Händler und Geldverleiher wichtig. Um eine Übersicht über die im gesamten Herrschaftsbereich der Römer lebenden Menschen zu erhalten, fanden im Auftrag der römischen Kaiser mehrfach Volkszählungen statt. Schwierige mathematische Berechnungen erforderten besonders die ersten großen Reichsvermessungen. Da die Römer selbst zwar gute Praktiker im Rechnen, aber in den mathematischen Wissenschaften nicht ausreichend gebildet waren, übertrugen sie solche Aufgaben in den besetzten Ländern gern den gelehrten Sklaven. Sogar ihre Kinder ließen sie von griechischen Sklaven unterrichten. Trotz der Verachtung aller großen mathematischen Leistungen der von den Römern unterdrückten Griechen und trotz der eigenen Beschränkung auf die einfachere Rechenpraxis besaßen doch die Römer einen bei weitem höheren Wissensstand als die Völker in den Ländern, die Tacitus beschreibt.

Die großen Gegensätze in der Entwicklung des Rechnens bei den verschiedenen Völkern waren in der unterschiedlichen Lebensweise und den andersartigen gesellschaftlichen Verhältnissen begründet.



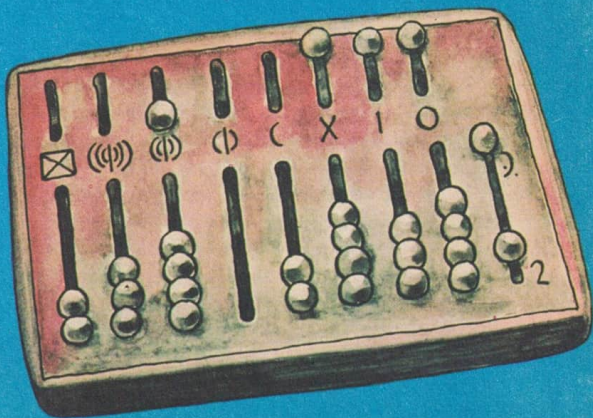
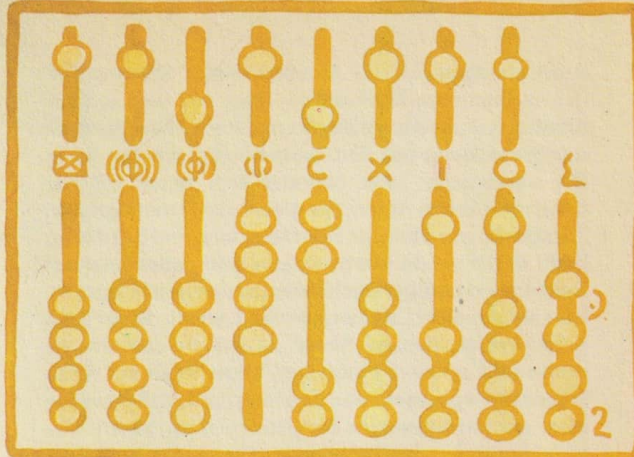
Der römische Abakus

Das Römische Reich war zu Lebzeiten des Tacitus in vier Provinzen von ungeheurem Ausmaß eingeteilt. Zwischen der Hauptstadt Rom und diesen Provinzen wurden ständig Informationen ausgetauscht, und es bestand ein ausgedehnter Handel. Kaufmannsstraßen führten über Tausende von Kilometern in die entferntesten Gebiete. Zu den am Mittelmeer gelegenen Städten waren alltäglich Handelsschiffe unterwegs, beladen mit Früchten, kostbaren Geweben, Erzen oder anderen wichtigen Rohstoffen. Wer auf einem Schiff oder in den Warenlagern der Hafenstädte als Aufseher tätig war, wer als Kaufmann einen Warenzug begleitete, der mußte rasch und sicher zusammenzählen, messen, wiegen und rechnen können. Mit den römischen Zahlen, deren Schreibweise umständlich und unübersichtlich war, konnte er die ihm gestellten Aufgaben nicht lösen. Er benötigte dazu ein Recheninstrument: den Abakus.

Ein noch erhalten gebliebener römischer Abakus ist in einem Pariser Geschichtsmuseum ausgestellt. Dadurch wissen wir, wie er ausgesehen hat: ein nur handgroßes, geschickt konstruiertes Gerät, dessen Bedienung schon einige Übung und zumindest die Kenntnis des kleinen Einmaleins bis 9 mal 9 verlangte. Ein bloßes Hinzufügen und Wegnehmen von Steinchen war das Abakusrechnen nicht.

Wer den Abakus erfunden hat, ist unbekannt. Die Griechen haben zu seiner Entwicklung beigetragen. Bei

Römischer Abakus (unten) mit Schema seiner Rechenweise



Ausgrabungen auf der Mittelmeerinsel Salamis entdeckte man eine Marmortafel etwa aus dem 4. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung, die als eine Vorstufe der Entwicklung des Abakus betrachtet werden kann. Die salamische Tafel befindet sich heute im Nationalmuseum in Athen. Sie gleicht einer mittelgroßen Tischplatte aus Stein, ist 1,50 Meter lang und 0,75 Meter breit. In die weiße Marmorplatte sind nebeneinander Spalten und darüber Buchstaben Zahlen und Münzsymbole eingemeißelt. Wir wissen nicht, ob mit dieser Tafel gerechnet worden ist. Sicher ist jedoch, daß eine so große und schwere Platte zum Mitnehmen auf weite Reisen nicht geeignet war. Das mag der Anlaß gewesen sein, ein transportables Miniexemplar zu bauen, das sich bequem in den Falten eines Gewandes verstauen ließ. Jedenfalls benutzten die Römer bei der Arbeit und auf Reisen dieses kleine, leichte Gerät und machten es überall bekannt. Wer mit dem Abakus rechnen konnte, war damals eine geachtete Persönlichkeit.

Wie die salamische Tafel war auch der römische Abakus in Rechenspalten eingeteilt, insgesamt in neun nebeneinanderliegende senkrechte Spalten oder Rillen. In jeder dieser Rillen befanden sich mehrere verschiebbare Kugelhöpfe. Durch eine Unterbrechung bestand jede Rille aus zwei Teilen. Im oberen, kleineren Teil lag jeweils nur eine Kugel für den Wert fünf, im unteren, längeren Teil der Rillen waren vier Kugeln für die Werte Eins bis Vier vorhanden. Durch diese Unterteilung kam man beim Rechnen mit einer geringen Anzahl Kugeln aus. Außerdem war jede Rille durch Zeichen für Einer, Zehner, Hunderter und Tausender

markiert. Die restlichen Rillen wiesen Zeichen für Münzen oder für Gewichtseinheiten auf. Der römische Abakus ist demnach nicht nur zum Zählen oder Rechnen, sondern auch für den Geldumtausch und für Gewichtsbestimmungen benutzt worden, also vor allem für Aufgaben des kaufmännischen Rechnens. Auch andere Völker kannten dem Abakus ähnliche Recheninstrumente. Ein chinesischer Abakus ist der Suanpan, ein japanischer der Soroban. In Ostasien wird übrigens noch heute mit dem Soroban gerechnet. Zum Rechnen mittels waagerecht angeordneter Kugeln dient heute noch das in der Sowjetunion allerorts gebräuchliche Rechengerät Stschjoty, das allerdings auf eine andere Tradition als der römische Abakus zurückzuführen ist.

Die Idee, Kugeln verschiebbar auf Drähte oder Schnüre aufzuziehen und senkrecht oder waagerecht in einen Rahmen zu spannen, führte zur Entwicklung des ersten mechanischen Rechenhilfsmittels. Verglichen mit den plumpen und primitiven Rechenbrettern früherer Zeit, stellte der Gebrauch des Abakus schon einen gewaltigen Fortschritt dar.

Kopfrechnen war die wichtigste Rechenart

Neben dem Rechnen mit dem Abakus galt das Kopfrechnen als wichtigste Rechenart. Hilfsmittel des Kopfrechnens war das Einmaleins, das in Rom schon die Kinder lernen mußten.

Nach der Fähigkeit im Kopfrechnen wurde zum Beispiel die Klugheit eines Mannes eingeschätzt. Deshalb gaben sich die Römer gegenseitig knifflige Denkaufgaben auf,

deren Lösung Wendigkeit beim Rechnen voraussetzte. Beliebt waren vor allem Mischungsaufgaben mit bekannten und unbekannten Mengen. Eine solche Aufgabe ist die von der Rinderherdenrechnung:

„Auf den Fluren weiden Rinder

vierfach in Herden geteilt,

jede Herde anders gefärbt.

Die erste ist milchweiß, die andere rabenschwarz,

die dritte braun und die vierte scheckig.

Weißer Rinder weiden 12 insgesamt.

Die braunen Rinder sind den weißen gleich an Zahl weniger dem vierten Teil der schwarzen Rinder.

Die Menge der schwarzen ist gleich dem dritten Teil der weißen, doppelt genommen.

Die scheckigen Rinder ergeben an Zahl die

Hälfte der weißen, vermehrt um sämtliche schwarzen.

Sage mir genau die Zahl der Rinder, die du weiden

siehst. Sage mir auch, wieviel es gibt

von jeder Farbe.“

Die Lösung hieß: insgesamt 44 Rinder, davon 12 weiße, 10 braune, 8 schwarze und 14 scheckige.

Aus alten Überlieferungen wissen wir, daß zur Entwicklung mathematischen Könnens in den Ländern des

Nordens vieles von den Römern übernommen wurde.

Als erste eigneten sich die Priester, aber auch die Schatzhalter, Schreiber und Verwalter der Feudalherren dieses Können an.

Wie die Mathematik Einzug hielt

Mathematik hinter Klostermauern

Als die Mathematik zu den nördlich der Alpen lebenden Völkern vordrang, wurde sie erst einmal hinter Klostermauern verbannt. Sie war nicht fürs Volk bestimmt.

Die Mönche beherrschten die Sprache der Römer, das Latein. Sie schrieben nur lateinisch. Zahlen zeichneten sie in der römischen Schreibweise auf. Da die Klöster im frühen Mittelalter nach römischem Muster verwaltet wurden und eine vorbildliche Landwirtschaft betrieben, mußten die Mönche auch Rechenkenntnisse besitzen. Sie rechneten zumeist im Kopf und mit den Fingern, das Rechnen mit dem Abakus galt bei ihnen schon als eine hohe Kunst.

Im Verlauf der Zeit geriet die Grundidee des Abakusrechnens jedoch in Vergessenheit. Die Mönche wußten nicht mehr, daß beim römischen Abakus mit verschiebbaren Kugeln gerechnet worden war. Deshalb ersetzten sie die Kugeln durch Rechensteine, Apices genannt, auf die sie Zahlzeichen (römische Ziffern) schrieben.

Über die Klostermauern gelangten die bescheidenen Rechenkenntnisse der Mönche nicht hinaus. Für das Volk galt das Rechnen als verderblich. Die Mönche warnten die Landbevölkerung, zum Beispiel über 12 hinaus zu zählen.

Als ein gelehrter Mönch, der unter dem Namen Gerbert von Reims (um 930) in die Geschichte eingegangen ist, tiefer in die Geheimnisse der Mathematik eindrang und sich in seiner Klosterzelle mit der Teilung der Zahlen und der Bruchrechnung beschäftigte, wurde Anklage gegen ihn erhoben: Er müsse mit dem Teufel im Bunde

sein, sonst könne er nicht beliebig große Zahlen teilen.

Später, unter dem Papst Sylvester (999—1003), genoß die Mathematik ein höheres Ansehen. Mathematischen Studien wandte man sich allmählich wieder zu. Die Mönche hüteten sich jedoch nach wie vor, dieses Wissen auch außerhalb der Klostermauern zu verbreiten.

Vom Klosterabakus

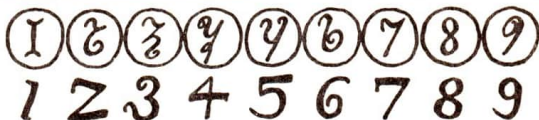
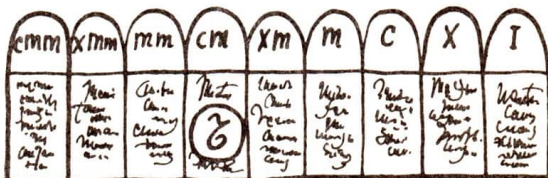
Ein Bild, das zu Lebzeiten des Papstes Sylvester entstanden sein mag, zeigt einen Mönch, der sich über einen Pergamentbogen beugt. Nur wenig Licht dringt durch das kleine Fenster hoch oben in der Wand der Klosterzelle. Der Mönch scheint lange nachgedacht zu haben, den Kopf in die Hand gestützt, noch ganz versunken in Gedanken, greift er zur Feder. Prachtvoll umwunden mit einer Blätterranke, rot und gold verziert, ist der erste Buchstabe, den man auf dem Pergament sieht, auch der folgende Text ist sorgfältig gemalt, römische Ziffern sind in die Sätze eingeflochten. Der Mönch arbeitet an einer mathematischen Schrift.

Zum Studium der Lehre von den Messungen, der Kalenderrechnung und der Musik sollte der Mönch Radolph, der auf dem beschriebenen Bild zu sehen ist, für den Abt der berühmten Klosterschule von Laon das Rechnen mit dem Abakus darstellen, an das sich keiner mehr genau erinnern konnte. Radolph forschte deshalb in alten Schriften nach. Schließlich zeichnete er fünfzehn Spalten auf das Pergament. Sie sehen wie Finger aus, oben jeweils durch eine Kuppe abgerundet. Die Kuppen nennt er „Bögen des Pythagoras“, weil er

meint, die Erfindung des Abakus müsse dem bedeutenden griechischen Mathematiker Pythagoras zugeschrieben werden. Dann setzt er seine Erläuterungen fort. „Und jeder Bogen hat seinen Namen“, steht auf dem Pergament. In die Kuppen trägt er von rechts nach links römische Buchstaben für die Namen ein und beschreibt auch diese:

S	singularum	oder Einer;
D	decem	oder Zehner;
C	centum	oder Hunderter;
MM	mille millenus	oder tausend Tausender.

Die Buchstaben MM stehen in der siebenten Spalte, andere Spalten läßt er für spätere Eintragungen frei. So müssen wir uns den Klosterabakus vorstellen, mit dem nur diejenigen etwas anzufangen wußten, die durch das Studium antiker Schriften die Bedeutung der Spalten und der römischen Zeichen kannten.



Beim Rechnen wurden in den freien Raum unter den Kuppen römische Ziffern eingetragen oder Rechenmarken in die Einer-, Zehner- und Hunderter-spalten gelegt. Die Anwendung des Klosterabakus war jedoch so schwierig, daß selbst die in den Klöstern ausgebildeten Mönche hierin nicht unterrichtet wurden. Sie setzte zudem die Kenntnis des Einmaleins mit hohen Zahlenwerten voraus.

Außer den alten Handschriften über den Klosterabakus aus dem 10. und 11. Jahrhundert ist uns auch eine Handschrift aus dem Kloster St. Emmeran bei Regensburg erhalten geblieben, die den Anfang einer Einmaleinstafel mit römischen Ziffern zeigt. Diese Handschrift aus dem 12. Jahrhundert enthält eine Erklärung der Anwendung des Einmaleins beim Rechnen.

Vermutlich hat es mehrere solche Einmaleinstafeln gegeben. Sie waren jedoch nur für die mathematischen Studien der Gelehrten in den Klöstern, nicht für das praktische Rechnen im Alltag vorgesehen. Der einfache Mann kannte solche Hilfstafeln wahrscheinlich nicht. Auch mit dem Klosterabakus wußte er nichts anzufangen.

Kluge Befehle

Der erste Frankenkaiser, Karl der Große (768 bis 814), ein erfolgreicher, aber auch grausamer Herrscher, der viele Völker in blutigen Kriegen unterworfen hat, gebot über ein Reich von riesigen Ausmaßen. Es erstreckte sich von der Küste Frankreichs am Atlantischen Ozean bis an die Elbe und Saale, von der Nordsee bis nach Rom. Dieser Kaiser brauchte Leute an

seinem Hof, die lesen, schreiben und rechnen konnten. Das erforderte die sachgemäße Wirtschaftsführung seines Landes.

In einem seiner Befehle ordnete er deshalb an, daß lehrreiche Studien nicht mehr nur in Klöstern betrieben werden sollten. Anstatt ihr Wissen vor der Außenwelt geheimzuhalten, sollten die Mönche die Gefolgsleute des Kaisers unterrichten, von denen manche damals nicht einmal den eigenen Namen schreiben konnten. Weiterhin ordnete der Kaiser an, daß jeder, der ein hohes Amt ausüben wollte, eine Wissensprüfung abzulegen hatte, bei der der Kaiser oftmals selbst zugegen war.

Den Reichsgrafen wurde befohlen, schriftliche Verzeichnisse der wehrfähigen Männer in ihren Ländern aufzustellen. Die Verwalter kaiserlicher Güter mußten Listen anlegen, in denen über die Erträge aus der Landwirtschaft schriftlich abzurechnen war. Mit einem nur mündlichen Bericht, wie vordem üblich, gab sich der Kaiser nicht zufrieden. Seine Befehle waren überhaupt nur auszuführen, wenn die Gefolgsleute sich im Schreiben und im Rechnen übten. So blieb ihnen nichts übrig, als zu lernen.

Im Jahre 789 erließ Kaiser Karl einen weiteren Befehl, in dem es hieß: „Die Geistlichen und Mönche sollen in den Klöstern und Bischofssitzen die Kinder aller freien Leute um sich scharen und Schulen einrichten, in denen sie die Knaben Psalmen, Noten, Gesänge, Kalenderkunde und das Bücherlesen lehren.“

So entstanden die ersten Klosterschulen im Frankenreich. Die Mönche mußten jetzt auch Kinder unter-

richten, die später nicht im Kloster leben wollten. Nur die Kinder leibeigener Bauern blieben weiterhin vom Lernen ausgeschlossen. Auch an den Unterricht für Mädchen dachte man damals noch nicht.

Aus jenen Zeiten besitzen wir noch einen ziemlich groben Brief des Kaisers an den Vorsteher einer Klosterschule. In diesem Brief beschwert er sich über den nachlässigen Unterricht der Mönche und deren kümmerlichen eigenen Wissensstand. Er drohte harte Strafen an, wenn die Mönche weiterhin die Kinder nur lange Psalmen auswendig lernen und Choräle singen ließen, anstatt mit ihnen fleißig zu buchstabieren und zu rechnen.

Dieses Schreiben beweist, daß es eines sehr energischen Vorgehens bedurfte, um die gewünschten Ergebnisse in den Klosterschulen allmählich zu erzielen. Der Kaiser führte den Unterricht für Erwachsene und Kinder nicht aus eitel Sorge um ihre Bildung ein, sondern vor allem um seine Macht und die der anderen Feudalherren zu festigen. Denn mit seinen Befehlen schuf er die Grundlage für eine musterhafte Reichsverwaltung.

Der Kaiser lernt Buchstaben und Zahlen

Auch der Kaiser eignete sich neues Wissen an. Lassen wir den Geschichtsschreiber Einhart erzählen:

„Karl lernte die Rechenkunst. Er versuchte auch das Schreiben zu erlernen und pflegte Tafeln oder Blätter unter seinem Kopfkissen zu haben, damit er seine Hand an das Malen von Buchstaben gewöhne, wenn er Zeit dazu fand. Aber die Übungen waren zu spät begonnen

worden, deshalb hatte er im Schreiben nur wenig Erfolg.“

Im Rechnen scheint der Kaiser jedoch recht gute Fortschritte gemacht zu haben, denn es wird von Einhart weiterhin berichtet, daß er die kniffligsten Aufgaben zu stellen und zu lösen wußte.

Kaiser Karl war den Wissenschaften zugewandt und versuchte ständig, Studien zu fördern. An seinem Hof trafen sich berühmte Männer, mit denen er zu speisen pflegte. Bei der Tafelrunde unterhielt man sich mit Rechenrätseln, „um den Geist zu schärfen“, wie der Kaiser meinte. Der berühmteste dieser Männer war der Mathematiker Alcuin, ein gelehrter Mönch aus Irland, dem der Kaiser die Leitung seiner Hofschule übertrug und der das Unterrichtswesen im Frankenreich mitbegründen half. Von Alcuin stammen mehrere Elementarschriften der Mathematik. Aus diesen Schriften ist bekannt, daß er es besonders gut verstand, wie die Römer Rechenaufgaben in Scherzfragen und Rätsel einzukleiden.

Rechenrätsel bei der Tafelrunde

Eine dieser Scherzfragen ist die vom Meister Lampe. Alcuin stellte sie dem Kaiser, als sie nach der Jagd beisammensaßen. Er bat den Kaiser, ihm doch zu verraten, nach wieviel Sprüngen sein Jagdhund einen in der Entfernung von 150 Fuß voraushoppelnden Hasen einholt, wenn der Hase bei jedem Sprung 7 Fuß zurücklegt, der Jagdhund hingegen schneller ist und 9 Fuß weit springt.

Der Kaiser dachte nicht allzulange nach. Er blickte

Alcuin an, schmunzelte und sagte: „Nach 75 Sprüngen hat der Hund den Hasen eingeholt.“ Die Lösung war richtig. Karl war eben ein geschickter Jäger und auch ein guter Rechner.

Die Lösung kann man auf folgende Weise finden:
 $9 - 7 = 2$; $150 : 2 = 75$. Probe: $75 \cdot 9 = 675$; $75 \cdot 7 = 525$;
 $525 + 150 = 675$.

Die Hofschule für Prinzen

Baumeister brauchte der Kaiser, geschickte Techniker und tüchtige Mathematiker, die ihm solche Kirchen, Paläste oder Brücken bauten, wie er sie in Rom gesehen und bewundert hatte. Weil der Kaiser wußte, daß die Konstruktion solcher Bauwerke hohe Rechenkenntnisse erforderte, ließ er begabte Söhne seiner Vornehmen mit den Prinzen gemeinsam unterrichten und gründete in seinem Palast zu Aachen eine Hofschule. Für diese Schule holte er gelehrte Mönche aus Italien und dem fernen Irland, die damals als die besten Rechner und Pädagogen galten, als Lehrer an den Kaiserhof.

Die Unterrichtsfächer in der Hofschule zu Aachen waren denen der römischen Schulen angeglichen. Es gab drei Unterstufenfächer, das Trivium, nach der Zahl 3 genannt, in denen Grammatik, Dialektik und Rhetorik betrieben wurden. Diesen schlossen sich vier Oberstufenfächer an, das Quadrivium, nach der Zahl 4 bezeichnet, mit Geometrie, Astronomie, Musik und Arithmetik. Die Namen der Unterrichtsfächer waren freilich anspruchsvoller als das, was damals unterrichtet wurde.

Im Fach „Grammatik“ schrieben die Schüler alte Handschriften ab und lasen sie. In „Rhetorik“ übten sie das Abfassen von Briefen und Urkunden. In „Dialektik“ führten sie Streitgespräche, um die freie Rede zu erlernen, und in „Geometrie“ wurde Erdkunde gelehrt. Im Fach Astronomie, auch „Kalenderkunde“ genannt, lernten die Schüler Grundbegriffe der Zeitrechnung. Vorbild war die Kalenderrechnung der Römer nach dem Sonnenjahr. Zuerst wurde die Angabe der Jahreszahlen geübt, die die Schüler in römischen Ziffern niederschreiben mußten. Außerdem wurde gelehrt, daß das Jahr in Monate, Wochen, Tage und Stunden einzuteilen ist und wie sich das genaue Datum eines Tages bestimmen läßt. Das alles war wichtig, um Arbeitstermine festlegen oder solche Abrechnungen ausfertigen zu können, wie sie der Kaiser forderte. Die Zeitrechnung war gar nicht einfach zu erlernen. Sie bereitete schon deshalb Schwierigkeiten, weil es in der einheimischen Sprache noch keine Monatsnamen gab, die lateinischen Namen aber sich schwer merken ließen. Kaiser Karl beauftragte darum seinen Schreiber Einhart, den Bauern bei der Arbeit zuzusehen und Monatsnamen zu erfinden, die der Landarbeit entsprachen. Das Verzeichnis dieser alten Namen blieb erhalten. Es weist folgende Monatsnamen auf:

„Für Januar sagen wir Wintermonat;
für Februar sagen wir Hornung, weil in diesem Monat mit dem Horn zur Jagd geblasen wird;
der März ist der Lenzmonat, in dem nach langem Winter wieder alles blüht (lenz = lang);
der April ist der Ostermonat;

der Mai ist ein Weidemonat, alles Vieh wird auf die Weide getrieben;
der Juni ist der Brachmonat, weil der Boden umgebrochen wird;
der Juli ist ein Heumonat, das Gras wird gemäht;
der August ist der Aran- oder Erntemonat;
der September ist der Witomonat, wir sammeln Wito (Brennholz);
der Oktober ist ein Windemonat, die Zeit der Winde (d. h. Weinlese) ist da;
der November ist der Herbstmonat;
der Dezember heißt der Heiligmonat, nach dem Weihnachtsfest.“

Für das Bestimmen der Feiertage im Jahr, das ebenfalls zur Kalenderkunde gehörte, gab es bereits Rechenregeln.

Rechenaufgaben wurden auch im Fach „Musik“ gestellt, da der Takt noch nicht schriftlich angegeben werden konnte, obgleich bestimmte Zeichen für die Noten schon vorhanden waren. Das praktische Rechnen blieb demnach nicht nur auf das Fach „Arithmetik“ beschränkt, in dem die Kinder Maßbezeichnungen kennenlernten und Meßaufgaben lösten. Vor allem das Kopfrechnen und das Einmaleins wurden geübt. Für schwierige Rechenaufgaben erteilten die Lehrer rezeptartige Vorschriften. Warum eine Berechnung auf diese und keine andere Weise durchzuführen war, erklärte damals keiner.

Zeitrechnung nach dem Mond

Im ganzen Frankenreich sollte die Zeitrechnung jetzt einheitlich erfolgen. Es mußte nach dem Sonnenjahr der Römer gerechnet werden, wie es in der Hofschule unterrichtet wurde und seit langem schon in den Klöstern üblich war. Das bedeutete für viele Erwachsene, gründlich umzulernen; denn sie waren gewohnt, Tage, Wochen und Monate nicht nach der Sonne zu berechnen, sondern nach dem Mond.

Bei der Rechnung nach dem Mondjahr wurde die Woche statt in Tage nur in Nächte eingeteilt. Noch heute erinnern Namen wie „Weihnacht“ oder „Fastnacht“ an diese Zeitrechnung. Das Wort „heute“ ist abgeleitet von dem Wort „heint“ und bedeutet eigentlich „heute nacht“. Den halben Monat bezeichnete man als „vierzehn Nächte“ und nicht als vierzehn Tage. Die Bezeichnung „Monat“ ist eine Wortbildung aus „Monde“. Da die Veränderung der Mondsichel vom Neumond bis zum Vollmond etwa viermal während eines Monats beobachtet werden kann, teilte man den Monat in vier „Wechselmonde“ ein. Aus dem Wort für „Wechsel“ wurde später „Woche“.

Die Mönche gaben ihren Schülern in den Klosterschulen vor allem Rechenexempel auf, die sich auf die neue Zeitrechnung bezogen. Dabei wurde mit den Fingern gezählt.

Das älteste Rechengerät war die Hand

Zehn Finger und tausend Zahlen

Das Zählen und Rechnen mit den Fingern ist uralte. Wer mit den Fingern rechnete, konnte sich auch im fremden

Land verständlich machen. Er gab durch die verschiedenen Stellungen der Hand und der ausgestreckten oder gekrümmten Finger die Zahlen an. „Wie alt bist du?“ fragte einst ein Fremder einen Greis. „Du wirst staunen“, antwortete der Alte und hob die rechte Hand. „Alle Achtung“, sagte darauf der Fremde, „ich hätte nicht gedacht, daß du schon hundert Jahre alt bist.“

So eigenartig diese Geschichte klingen mag, sie wird begreiflich, wenn wir wissen, daß die Zahlen von 1 bis 99 mit der linken und alle Zahlen ab 100 mit der rechten Hand dargestellt wurden. Selbst wenn Zehntausender zu nennen waren, kam man mit den Fingern beider Hände und bestimmten Armhaltungen aus.

Die Rechenregeln des Beda

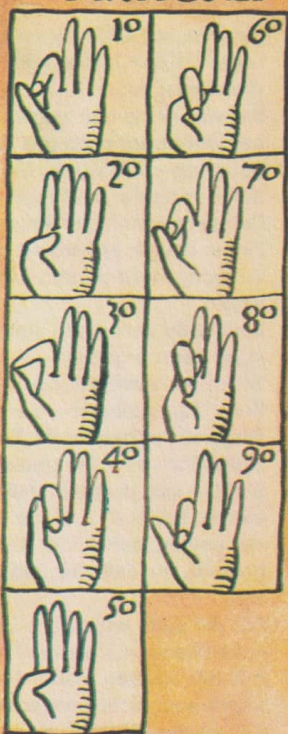
Das Fingerrechnen gehörte zum Rechenunterricht der Klosterschulen. Um den Kindern zu helfen, schrieb einer ihrer Lehrer, der Mönch Beda, die wichtigsten Regeln hierfür auf. Aus alten Handschriften der Römer hatte er erfahren, mit welchen Fingerübungen die schwierigsten Aufgaben zu lösen waren, und selbst ein Buch „Über die Zeitrechnung“ verfaßt, in dem er die Fingerzählweise beschreibt. Seine Regeln für das Fingerrechnen lauteten:

Sagst du *eins*, mußt du an der linken Hand den kleinen Finger beugen;

Fingerzahlen – Die Handstellung, wie auf Seite 36 beschrieben, ist hier nicht berücksichtigt

DIGITI

ARTICOLI



bei *zwei* soll auch der Ringfinger nach unten zeigen. Legst du den Mittelfinger noch dazu, weiß ein jeder, *drei* zeigst du.

Bei *vier* richte den kleinen Finger wieder auf;

bei *fünf* streck auch den Ringfinger hinauf.

Bei *sechs* soll noch der Mittelfinger in die Höhe zeigen, dafür mußt du den Ringfinger nach unten beugen.

Bei *sieben* sind alle Finger gestreckt, nur den kleinen Finger beuge, er wird versteckt.

Bei *acht* mußt du den Ringfinger zum kleinen Finger legen;

beugst du auch noch den Mittelfinger, wird die Rechnung *neun* ergeben.

Wenn ihr versucht, die Fingerstellungen des Lehrers Beda nachzuahmen, werdet ihr bemerken, daß die Fingerstellungen für die Zahlen 1 und 7, 2 und 8, 3 und 9 dieselben sind. Ein Unterschied der 1, 2, 3 zur 7, 8 und 9 ergab sich dadurch, daß die Handstellung verändert wurde. Bei 1, 2, 3 zeigte der Handteller zum Gesicht desjenigen, der zählte. Bei 7, 8 und 9 wurde die Hand gedreht, so daß der Zählende jetzt den Handrücken sah.

Für die Zehn wurde aus Daumen und Zeigefinger der linken Hand ein Kreis gebildet, für die Tausend dasselbe mit der rechten Hand. Hundert entsprach der Eins, wurde aber nicht links, sondern rechts gezeigt. Die Null galt als das „Nichts“, dementsprechend fehlte sie beim Zählen.

Kleine Zahlen bis zur 99 zeigte man mit der linken Hand, große Zahlen ab 100 mit der rechten. Da ein geübter Rechner die Zahlen schnell angab, mußte man schon

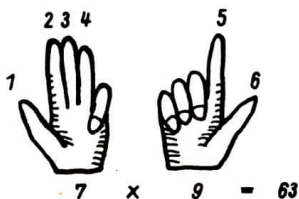
gut aufpassen, um alles, was er zeigte, mitzukriegen. Bei Rechenoperationen mit kleinen Zahlen wurde nur die linke Hand benutzt. Das Fingerrechnen war also durchaus nicht so einfach, wie es anfangs scheint, sondern ziemlich schwierig. Ohne Kopfrechnen kam man dabei nicht aus.

Rechnen war Zusammenzählen und Malnehmen

Das Rechnen mit den Fingern bestand hauptsächlich in fortgesetztem Zusammenzählen und Malnehmen. Wie auf diese Weise mit den Fingern eine Aufgabe gerechnet wurde, wollen wir jetzt probieren. Wir wählen dazu die Multiplikation 7 mal 9 und verfahren so, wie hier beschrieben wird.

Ihr hebt dazu ausnahmsweise beide Hände hoch. Mit der linken Hand bezeichnet ihr die 7 und mit der rechten Hand die 9. Links sind nach den Fingerregeln vier Finger gestreckt, einer ist gebeugt. Rechts sind zwei Finger gestreckt und drei gebeugt. Das Ergebnis ist nun sehr leicht zu gewinnen.

Zunächst wird die Anzahl aller erhobenen Finger addiert. Das ergibt $4 + 2 = 6$. Diese Zahl wird mal zehn genommen: $6 \cdot 10 = 60$. Damit haben wir den Wert der Zehnerstelle bestimmt.



Bleibt noch die Einerstelle übrig. Hierzu wird die Anzahl der gebeugten Finger multipliziert. An der linken Hand ist das ein Finger, an der rechten Hand sind es drei. Es muß demnach $1 \cdot 3 = 3$ gerechnet werden. Damit ist der Wert der Einerstelle ebenfalls gefunden. Zehner und Einer werden wieder addiert. Wir erhalten $60 + 3 = 63$. Das Ergebnis lautet: $7 \cdot 9 = 63$.

7 Pferde zu je 18 Güldengroschen

Wenn zum Beispiel vom kaiserlichen Schatzmeister zu berechnen war, wieviel 7 türkische Pferde zu je 18 Güldengroschen kosten, so ersetzte er die Multiplikation durch fortgesetztes Addieren. Die Aufgabe wurde von ihm teils mit den Fingern, teils im Kopf gelöst. Er addierte wie folgt:

$$18 + 18 + 18 + 18 + 18 + 18 + 18 = 126$$

Er hatte also 126 Güldengroschen für die türkischen Pferde zu bezahlen ($7 \cdot 18 = 126$).

Für schwierigere Multiplikationsaufgaben mit sehr hohen Zahlen wandte man durchweg diese Rechenweise an. Denkt einmal darüber nach, wie lange es dauern würde, müßten im Betrieb eurer Eltern die Löhne für 22 Arbeitstage monatlich ebenso ausgerechnet werden. Und überlegt auch, wieviel Mitarbeiter benötigt würden für diese Art der Abrechnung, wenn trotzdem jeder rechtzeitig den Lohn erhalten soll.

Auf dem Kerbholz stand die Summe

Abrechnung der Meier

Für die Verwalter der kaiserlichen Güter, die Meier oder Vögte, war bis ins einzelne festgelegt, was in ihre

Abrechnungen aufgenommen werden sollte. Vor allem wurde angegeben, was sie an den Kaiserhof zu liefern hatten. Nicht nur die Meier selbst, noch mehr die Landarbeiter auf den Meierhöfen mußten sehr hart arbeiten, um alle Leistungen zu bringen. Ihre Arbeitskraft wurde immer erbarmungsloser ausgenutzt, je mehr die Bedürfnisse und Ansprüche des kaiserlichen Hofes stiegen.

Sehen wir uns eine solche Richtlinie Kaiser Karls für die Meier an. Dort heißt es:

„Ein jeder Meier liefert Jahr für Jahr zu Weihnachten ein Verzeichnis von all unserem Gute und Ertrage ab. Die Felder, Weinberge, Teiche und Wälder soll er gut in Obacht nehmen, damit sie reiche Ernten bringen. Was er geerntet hat, das gibt er an.

Er soll uns Jahr für Jahr reichlich Federvieh und Eier an den Hof liefern. Wieviel im Jahr er gab, das zählt er auf. Zu unserem Gebrauch hat er jederzeit bereit und reichlich vorrätig zu haben gemästete Gänse und Hähne, Speck, getrocknetes Fleisch, Wein, Essig, Käse, Butter, Bier, Honig, Wachs und Mehl. Die Menge nennt er uns.

Alles, was seine Leute mit den Händen verarbeiten, muß mit der größten Reinlichkeit bereitet sein. Mit aller Sorgfalt ist darauf zu achten, daß nichts verdirbt. Wie das Gut gemehret wurde durch Achtsamkeit, läßt er uns wissen.

Er soll auch gute Handwerker haben, zum Beispiel Eisenschmiede, Gold- und Silberschmiede, Schuhmacher, Zimmerleute, Schildmacher, Fischer, Seifensieder, Brauer, Bäcker und Netzemacher. Was sie

herstellen, nimmt er mit in sein Verzeichnis auf.“

Die Meier hatten also vor Jahresende über ihren Abschlußarbeiten zu schwitzen.

Auf die Zählweise kam es an

In einem Jahr von Weihnachten bis Weihnachten kann viel auf einem Meierhof geschehen. Beinahe täglich legt jede Henne ein Ei, die Kühe geben unterschiedlich Milch, Mastvieh wird geschlachtet, Jungvieh geboren. Schafe müssen geschoren werden, ihre Wolle wird an Winterabenden versponnen und daraus Tuch gewebt. Im Frühjahr ist für alle Hufen Land das Saatgut in Scheffeln abzumessen. Viele Morgen Acker werden umgepflügt. Zur Zeit der Ernte sind die Scheunen voller Korn, die Obstkammern gefüllt, und in den Keltereien wird aus Trauben Wein gewonnen. In den Mühlen sind im Herbst viele Säcke Mehl zu mahlen, sie werden an die Familien verteilt. Keiner darf dabei zu kurz kommen, am allerwenigsten der Kaiser und sein Hof, an den das meiste abzuliefern ist. Das kluge Aufteilen und zugleich Vorrathalten gehörte zu den Pflichten eines Meiers.

Mit dem Kopfrechnen allein kam er bei dem Vielerlei von Dingen nicht mehr aus. Auf dem Geflügelhof wimmelte es von Gänsen, Enten, Truthühnern, Tauben und Hühnern, die nicht strammstanden und warteten, daß er sie zählte. Nichts blieb bis zum Ende eines Jahres so, wie es am Anfang war. Wie konnte er sich das alles merken ohne Notizen für die Abrechnung?

Wahrscheinlich haben sich die Meier Strichlisten angelegt. Mit einem Stückchen Holzkohle ließen sich solche Listen gleich an die Stalltür schreiben. Vielleicht

auch ritzen sie Striche mit dem Messer ein. Entscheidend war, daß die Summe ohne viel Schreiberei und zusätzliches Rechnen am Jahresende abgelesen werden konnte. Deshalb verfahren sie ebenso wie zur Erntezeit auf ihren Kornfeldern. Dort wurden die Halme auch nicht einzeln abgezählt, sondern zu Garben gebündelt und aus gleichmäßig vielen Garben „Puppen“ gebaut. Dadurch ließ sich auf einen Blick abschätzen, wie reich die Ernte war.

Die Zahlen mußten wie Halme zu Einheiten gebündelt werden. Das war das Geheimnis einer guten Abrechnung. Zur Übersicht eigneten sich solche Zahlen am besten, mit denen sich beliebig große Mengen in überschaubar viele Teile bündeln ließen: das Korn in je 15 Garben für einen Sack Mehl, das Fleisch zu je 20 Pfund Gewicht, die Eier zu je 60 Stück. Von den Grundzahlen 15, 20 und 60 leitete sich jeweils eine andere Zählweise ab. Welche Grundzahl und Zählweise der Meier wählte, blieb ihm – außer bei festgelegten Maßen – selber überlassen.

Nehmen wir an, sechs Meier bereiten für ihre Inventarliste die Abrechnung der Masthähnchen vor, die sie während eines Jahres an den Kaiserhof geliefert haben. Jeder von ihnen hat 156 Hähne abgegeben, aber jeder wählt eine andere Zählweise und Grundzahl. Welche Zählweise die beste ist, werden wir gleich sehen.

Meier 1 denkt nicht viel nach, er fügt Strich an Strich (Grundzahl 1):

156 $\triangle$ |||||
 |||||
 |||||

Meier 2 ist schon gewitzter, er wendet die Einteilung in Fünfergruppen an (Grundzahl 5):

156 $\triangle$ IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII
IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII
IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII
IIII I

Meier 3 geht von zehn Einheiten aus und setzt für jede Zehnergruppe ein X als Merkzeichen ein (Grundzahl 10):

156 $\triangle$ XXXXXXXXXXXXXXXX IIIII

Meier 4 rechnet mit zwanzig Einheiten und kennzeichnet sie mit Z. Seine Rechnung geht nicht ganz auf, deshalb zieht er vier Einheiten ab (Grundzahl 20):

156 $\triangle$ ZZZZZZZZ weniger IIII

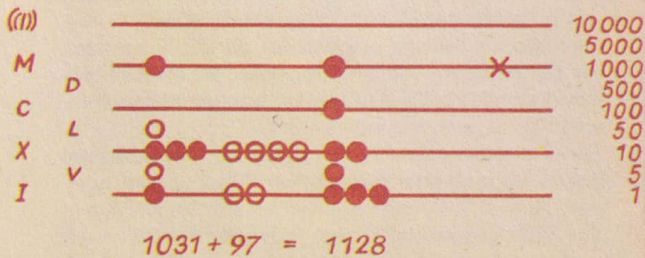
Meier 5 hat von den Mönchen die römische Zählweise gelernt, er verwendet die Zeichen C für 100, L für 50, V für 5 und I für 1 und faßt zusammen:

156 $\triangle$ CLVI

Meier 6 ist ein ausgemachter Faulpelz, der lieber im Wirtshaus sitzt als rechnet. Seine Strichliste ist unvollständig, er weiß nur noch, daß er eine ziemlich große Menge Hähne an den kaiserlichen Koch geliefert hat, und schreibt:

156 $\triangle$ das Vierfache von hundert

Wenn er sich wenigstens gemerkt hätte, daß es wöchentlich drei Hähne waren, wäre die Sache halb so schlimm gewesen. So aber stimmte seine Rechnung nicht, denn 3 (Hähne) mal 52 (Wochen, also 1 Jahr)



$$1031 + 97 = 1128$$

ergibt 156 Hähne, aber nicht 400, wie in seiner Liste stand. Für die schlechte Abrechnung wurde er davongejagt. Meier 1 und 2 erhielten einen Tadel, weil der Kontrolleur beim Überprüfen ihrer Abrechnung ins Schwitzen kam. Schlaumeier 5 aber wurde mit einem Orden ausgezeichnet und zum Hausmeier ernannt. Seine Inventarliste gefiel dem Kaiser gut, und dabei hatte dieser Meier die wenigste Zeit für seine Abrechnung gebraucht.

Zählstöcke, Meßplatten und Doppelhölzer

Kerbhölzer, in die Zeichen über Ernteergebnisse, Arbeitsleistungen, Schulden und andere abrechenbare Angaben eingeschnitten waren, wurden im Mittelalter Zählstöcke genannt. Im 12. Jahrhundert führte man in England Vorschriften für einheitliche Kerbschnitte auf solchen Zählstöcken ein. Ähnliche Vorschriften wird es auch im Frankenreich gegeben haben.

Im Mittelalter diente auch die Meßplatte als Zählgerät. Sie ist unserem Zentimetermaß vergleichbar, nur waren statt der Millimeter und Zentimeter für bestimmte Längen jeweils Kerben eingetragen. Als solche durch Kerben bezeichnete Längenmaße galten die Fingerbreite, die Spanne (Handbreite), die Elle (Fingerspitzen bis Ellbogen) und die Doppelelle. Mit diesen Meßplatten arbeiteten die Handwerker auf den Meierhöfen, wenn sie Maß zu nehmen hatten.

Für Kaufverträge zwischen zwei Partnern war es damals üblich, Doppelhölzer herzustellen. Diese wiesen zweimal die gleiche Anzahl von Kerben auf. Sie wurden in der Mitte gespalten, so daß jeder der Partner einen

gleichen Teil des Doppelholzes zur ständigen Kontrolle als Beleg erhielt.

Im Frankenreich wurden zur Zeit Kaiser Karls Doppelhölzer bei Streitigkeiten in Tauschgeschäften vor dem Gericht als Beweismittel anerkannt.

Als viele Menschen in den Klosterschulen gelernt hatten, Urkunden zu schreiben, nahmen sie anstatt des Doppelholzes ein Blatt Pergament und fertigten Briefe aus. Dazu mußte der Text zweimal geschrieben werden. In der Mitte blieb ein freier Zwischenraum, den man mit Buchstaben ausfüllte. Dann wurde das Blatt wellen- oder zackenförmig gerissen oder aufgeschnitten und dadurch jeder Buchstabe ungleich zerteilt. Wenn bei Verhandlungen die beiden Partner ihren „Kerb“brief vorwiesen und sich die Buchstaben richtig zusammenfügten, dann galt dieser als Vertrag.

Womit sich die Bauern beim Rechnen halfen

Ein Bauer durfte nichts lernen

Vieles, was die Mächtigen besaßen und für ihren persönlichen Bedarf benötigten (Nahrung, Kleidung und vieles andere), wurde damals durch die Landwirtschaft gewonnen. Deshalb hätte der Bauer, wenn es recht zugegangen wäre, zu den Angesehensten im ganzen Land gehören müssen. Jedoch war keiner mehr geschunden, mehr verachtet, unterdrückt und rechtloser als er. Kein Bauer durfte Waffen tragen oder sich wie die Ritter kleiden. Fisch, Wild, Gewürze, süße Leckereien galten als Herrnenspeise und kamen nicht auf seinen Tisch.

Der Bauer unterstand entweder einem reichen Grundbesitzer oder einem Kloster, die Grundbesitzer unterstanden einem Grafen, die Grafen dem König und der König dem Kaiser, die Klöster den Bischöfen und die Bischöfe dem Papst. Diese strenge Ordnung erlaubte es jedem der Machthaber, seinen Willen bei den Unterstellten durchzusetzen: Das war um so leichter, je ungebildeter die Unterdrückten waren. Jeder der Machthaber halste dem Letzten in der Ordnung, dem Bauern, Arbeit auf. Er war abhängig von jedermann, ausgebeutet, mißachtet.

Obgleich die leibeigenen Bauern und ihre Kinder weder die Möglichkeit noch die Zeit dazu hatten, eine Klosterschule zu besuchen, mußten sie bei vielen Arbeiten ebenso zählen und rechnen wie die Meier. Wie konnten sie das schaffen?

Der Knoten im Tuch

So merkwürdig es klingen mag, der Knoten im Tuch galt einst als Hilfsmittel zum Zählen. Er erfüllte den gleichen Zweck wie die Kerben; denn er hatte Zahlen zu ersetzen.

Mit Hilfe der Knoten merkten sich die Bauern, was sie nicht vergessen durften. Die unterschiedlich geknüpften Knoten waren für sie genauso wichtig wie für uns geschriebene Notizen.

Am bekanntesten waren die schleifenartigen Mül-
lerknoten, die in die Schnüre der Mehlsäcke geknüpft wurden. An diesen Knoten konnte man genau erkennen, wem der Mehlsack gehörte, in welche Bäckerei er gebracht werden sollte und mit wieviel Mahlgängen

das Korn zerkleinert worden war. Weil die Knotenformen stark voneinander abwichen, waren Verwechslungen so gut wie ausgeschlossen.

Neben dem Müllerknoten hatte der Urkundenknoten eine besondere Bedeutung. Er wurde im Mittelalter beim Abschluß eines Vertrages in den Riemen geknüpft, der an der Urkunde befestigt war. Die Knoten an der Urkunde bewiesen, wieviel Männer am Vertragsabschluß beteiligt und mit dem Inhalt des Vertrages einverstanden waren. Auf dem Gericht galt deshalb der Knotenknüpfer als Gewährsmann oder Zeuge. Auch als die meisten Menschen gelernt hatten, ihren Namen zu schreiben, wurde der Brauch des Knotenknüpfens beim Ausstellen von Urkunden noch beibehalten.

Zählbretter

Zählbretter zum Messen einer ganz bestimmten Menge wurden außerdem von den Bauern benutzt. Hierzu warf man einfach Gerstenkörner, Linsen oder Graupen in dafür vorgesehene Vertiefungen (Gruben) eines Bretts.

Ein solches Zählbrett hatte etwa hundert runde Gruben, in die eine bestimmte Menge dessen, was man zählen wollte, paßte. Auf das Brett wurde zum Beispiel eine Handvoll Linsen geworfen und dies so lange wiederholt, bis sich alle Gruben füllten. Was neben die Gruben fiel, glitt ab. Waren die hundert Gruben voll, kam ihr Inhalt in einen Sack. Da wurde nicht noch mal gewogen oder nachgerechnet, das wäre viel zu umständlich gewesen.

Solche Zählbretter wurden später auch zum Geldzählen verwendet. Dabei hatte jede Vertiefung Form und Größe einer Münze. Bei hundert Vertiefungen waren auf diese Weise hundert Pfennige oder Taler sehr schnell abgezählt.

Vom Rechnen in den Städten

Eine Urkunde mit rotem Siegel

Dort, wo Lebensmittel und Geräte für den Haushalt, Stoffe und Gewürze oder seltene Waren aus fremden Ländern auf den Märkten angeboten wurden, wo viel Volk zusammenströmte, um zu verkaufen und zu kaufen, bildeten sich Siedlungen heraus, die nach und nach zu stadähnlichen Ortschaften anwuchsen. Vor allem Handwerker und Kaufleute faßten in diesen Orten Fuß, schlossen sich zusammen, gründeten Zünfte oder Kaufmannsgilden und versuchten in langen Kämpfen mit den Mächtigen, Vorrechte für ihre Arbeit und für ihre Ortschaft durchzusetzen. Blieben sie Sieger im Kampf, dann bestätigte der Landesherr die Vorrechte in einer Urkunde, an der ein dickes rotes Siegel hing. Damit war die Ortschaft zur freien Stadt erklärt.

Jeder, der in einer Stadt als Bürger lebte, war nicht mehr wie der Bauer auf dem Dorf von einem ganzen Schwarm von Unterdrückern abhängig. Er durfte mitbestimmen, was in der Stadt geschehen sollte und ihm selbst von Nutzen war. Das regte die Arbeitsfreude so an, daß viele Bürger bald zu Wohlstand kamen und ihre Stadt zu einem Mittelpunkt des Landes wurde.

Die Städtegründungen waren eng verbunden mit dem Aufblühen des Handels und dem Aufkommen der

Geldwirtschaft. Darum kann es nicht verwundern, daß in den Städten die Rechenkunst gefördert wurde. Rechenkenntnisse verlangten die Handwerksarbeiten, der Bau der Häuser, Brücken und langen Straßen, besonders aber der Verkauf der überall begehrten Waren aus der Stadt. In vollgepackten Planwagen oder auf Schiffen brachten Händler diese Waren in fremde Länder und boten sie dort Käufern an. Dadurch flossen den Städten reichlich Golddukaten, Silbertaler und Guldengroschen zu. Nicht nur mit einheimischem Geld mußte gerechnet werden, sondern auch mit Münzen, die in Prag, Wien, Paris und London oder anderen Handelsstädten galten.

Je mehr das Leben in der Stadt tägliche Rechenarbeiten erforderte, um so weniger genügte der Knoten im Tuch. Selbst das Rechnen mit den Fingern reichte nicht mehr aus. Man gab es deshalb auf und wandte sich dem Rechnen mit Rechenmarken zu. Diese Rechenmarken wurden auch Rechenpfennige genannt, besaßen jedoch keinen Wert als Münze. Bezahlen konnte man mit Rechenmarken nichts. Sie waren lediglich ein Hilfsmittel zum Ausrechnen einer bestimmten Summe.

Welchen Wert der Pfennig hatte

Eine Marktordnung aus dem Jahr 1256, die in Landshut, einer alten Stadt in Niederbayern, erlassen wurde, zeigt uns, welchen Wert zu jener Zeit eine Münzeinheit wie der Pfennig hatte. In der Marktordnung legten die Ratsherren folgenden Wert des Pfennigs fest:

„Wir verordnen, daß zweieinhalb Pfunde Rindfleisch für einen Pfennig abgegeben werden sollen und eben-

soviel Hammelfleisch oder drei Pfund Ziegenfleisch. Zwei gute und mittelgroße Würste aus reinem Schweinefleisch sollen einen Pfennig kosten. Auch zwei Brote jeder Art, wohl gesalzen und geknetet, sind für einen Pfennig zu verkaufen. In unserer Stadt sollen die Bürger den besten Traubenwein für fünfundsiebzig Pfennig erhalten, die mittlere Sorte für fünfundfünfzig Pfennig. Ein Eimer Bier wird für achtzehn Pfennig verzapft. Wir verordnen auch, daß graues Tuch gefertigt werden soll von fünf Spannen Breite, die Elle davon wird für zehn Pfennig verkauft. Die Weber sollen drei Ellen Sackleinwand oder zwei Ellen Linnen für je einen Pfennig machen. Schuster haben Sohlen und Absätze für einen Pfennig zu erneuern und Absätze für einen halben Pfennig.“

Übertreter dieser Ordnung wurden hart bestraft. Sie mußten sechzig Pfennig dem Stadtrichter als Buße zahlen. Hatten sie kein Geld, sperrte man sie in den Schuldturm ein, aus dem sie erst herauskamen, wenn ein Freund für sie die Schuld beglich. Nicht allen Menschen in der Stadt brachte das Rechnen mit den Pfennigen nur Freude.

Als die Geldrechnung zur wichtigsten Rechenart geworden war, richteten die Bürger für ihre Kinder Schulen ein, damit sie schon in jungen Jahren alles Wissenswerte von der Geldrechnung lernten, nicht betrogen wurden, keine Schulden machten und auch nicht in den Schuldturm kamen. „Verführt wird einer nur mit List, dem die Zahl verborgen ist. Das nehmt zu Herzen, bitt’ euch sehr, drum jeder sein Kind rechnen lehr“, heißt es in einem alten Rechenbuch.

„Es ist für junge Leute besser, in den Schreibstuben zu sitzen, zu rechnen und zu lernen, als den ganzen Tag herumzuschwärmen“, entschieden auch die Ratsherren. So wurden die Jungen und die Mädchen der Handwerker und Kaufleute in die Stadtschulen geschickt. Für die Kinder der Ratsherren und der anderen reichen Bürger richtete man Lateinschulen und Domschulen ein.

Vom Numerieren,

Zweifältigen und Rechnen auf den Linien

In den Stadtschulen gehörte das Rechnen zu den Hauptfächern. Außer dem Gebrauch der Pfennige lernten die Kinder noch viele andere Rechenarten kennen. Welche die wichtigsten waren, wird in einem der ersten gedruckten Rechenbücher ausführlich beschrieben. Dort können wir lesen:

das Numerieren – „heißt zählen und lehret, wie man jegliche Zahl aussprechen und schreiben soll“;

das Addieren – „lehrt, wie man viel und mancherlei Gulden, Groschen und Pfennige in eine Summe bringen muß“;

das Abziehen – „lehret, wie man eine Zahl von der anderen nehmen soll, wenn ein Teil der Schuld beglichen wird“;

das Duplieren – „heißt zwiefältigen oder eine Zahl mit Zwei verdoppeln“;

das Medieren – „heißt halb machen oder in zwei gleiche Teile spalten und ist das Gegenteil vom Duplieren“;

das Multiplizieren – „heißt viel machen, indem man

eine Zahl mit sich selbst oder einer anderen vervielfältigt. Dazu muß man vor allen Dingen das Einmaleins auswendig lernen“;

das Dividieren – „lehrt, wie man eine Zahl in mancherlei Teile teilen soll“;

das Rechnen auf den Linien – „heißt mit Rechenmarken numerieren, zählen, abziehen, multiplizieren, Teile aufheben, Münzen wechseln, Gewinn und Verlust bestimmen, duplieren, medieren, Gewicht berechnen und Gold in fremdes Geld umwandeln“:

Zum Rechnen auf den Linien besaß jedes Kind sein Rechenbrett: ein Holzbrett, etwa von der Größe einer Lesebibel. In dieses Rechenbrett waren waagrecht übereinander entweder feine Drähte eingezogen oder schmale Rillen eingeritzt. Sie ergaben die Linien, auf denen beim Rechnen die Rechenmarken lagen. Auf unserem Brett sind vier solche Linien vorhanden, von unten nach oben bedeuten sie: Einerlinie, Zehnerlinie, Hunderterlinie und Tausenderlinie. Je nachdem, auf welcher dieser Linien eine Rechenmarke lag, erhielt sie den Wert 1 bis 1000. Zwei Marken auf der Einerlinie = 2, 1 Marke auf der Zehnerlinie = 10, 3 Marken auf der Hunderterlinie = 300. Alle Rechenmarken, die zwischen zwei Linien lagen, hatten immer den Wert 5, 50, 500 und 5000. Dadurch kam man zum Beispiel beim Wert 8 mit vier Rechenmarken aus: 3 Marken auf der Einerlinie = 3, 1 Marke zwischen der Einer- und der Zehnerlinie = 5, ergibt zusammen 8.

Auf unserem Rechenbrett sehen wir folgende Werte ausgelegt: 17 – 18 – 1 – 16 – 18 – 35. Gerechnet wurde durch Hinzufügen und Wegnehmen von Rechen-

marken. So machten es damals auch die Erwachsenen. Nur benutzten sie anstatt des Rechenbrettls zumeist einen Rechentisch.

Da die Rechentische in den Kaufhallen so lang waren, daß mehrere Handelsleute daran nebeneinandersitzen und ihren Verdienst berechnen konnten, wurden diese Tische auch Rechenbank genannt. Das Wort „Bank“ für Sparkasse weist heute noch auf das Rechnen an den Rechentischen hin.

Münzrechnung am Rechentisch

In den Kaufhallen wechselte der Kaufmann für Fremde auch ausländisches Geld.

Für diese Münzrechnung teilte der Kaufmann die Linien auf dem Rechentisch mit weißer Kreide in mehrere Spalten auf. Über jeder Spalte trug er gleich noch die fremde Münzart ein, zum Beispiel: Pfennig, Groschen, Gulden. Die Spalten für die Münzarten wurden Bankier genannt.

In den ersten Bankier legte er die Gulden, weil sie den höchsten Wert besaßen, in den zweiten die Groschen und in den dritten die Pfennige. Dann summierte er die Münzen in jedem Bankier, machte die Pfennige zu Groschen, die Groschen zu Gulden und tauschte sie in einheimische Münzen um.

Auf dem Rechentisch sehen wir die Summe, die errechnet wurde.

	1. Bankier Gulden	2. Bankier Groschen	3. Bankier Pfennige	
3. Linie	•			Hunderter
2. Linie	• •	•	• •	Zehner
1. Linie	•	• • •	• • • •	Einer

1. Linie (Einer): 1 Gulden, 8 Groschen, 9 Pfennige

2. Linie (Zehner): 2 Gulden, 2 Pfennige

3. Linie (Hunderter): 1 Gulden

Ergibt: 121 Gulden, 8 Groschen, 29 Pfennige.

Diese Summe zahlte der Kaufmann dann einem Fremden in einheimischer Münze aus.

Da die Kaufleute selbst oft weit reisen mußten, um Waren zu besorgen, benutzten sie außer dem Rechentisch auch das Rechentuch.

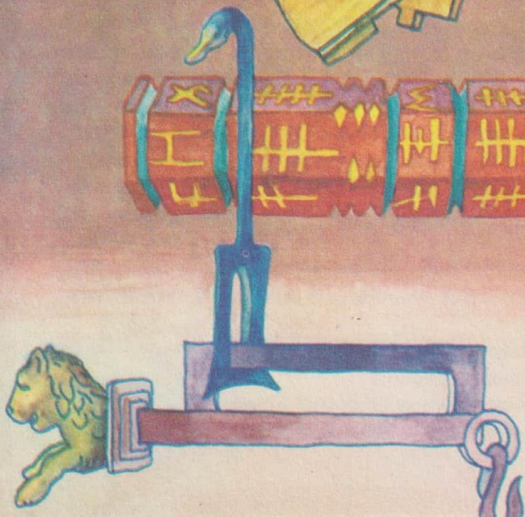
Solche Rechentücher waren meist aus Stoff von grüner Farbe oder auch aus Leder. Die Linien wurden mit Kreide aufgemalt, sobald man rechnen wollte. Um das Zeichnen zu vermeiden, waren mitunter die Linien mit weißem Garn gleich in die Rechentücher eingestickt.

An die grünen Rechentücher erinnert noch die Redewendung, daß etwas „am grünen Tisch“ erfunden ist. Damit soll angedeutet werden, wie rasch die Kaufleute mit Rechenmarken auf den Linien zu arbeiten verstanden. War eine hohe Summe zu bezahlen, fragten sich die Zuschauer wahrscheinlich oft, wie beim Hinundherschieben der Marken die Rechnung eigentlich zustande kam.

Was ein Rechenknecht zu leisten hatte

Der Rechentrick

Schwierige und langweilige Rechenarbeiten führten die reichen Kaufleute, Handwerker und Münzmeister nicht selber aus. Dazu hielten sie sich Lohnarbeiter, die Rechenknechte, die in kürzester Zeit sämtliche Zwi-



schenergebnisse zur Lösung einer Aufgabe zu finden hatten.

Für ihre Arbeit brauchten die Rechenknechte, wie es damals hieß, „viel Kopfs“. Sie galten als die besten Kopfrechner. Welche Aufgaben Rechenknechten gestellt wurden, erfahren wir aus alten Rechenbüchern, in denen auch Hinweise für das Vorgehen beim Rechnen und die Anwendung der Rechentricks beschrieben sind, die sie beherrschten. Wir wollen jetzt als Beispiel eine Münzaufgabe kennenlernen:

„Hat dein Herr drei Posten gekörntes Metall von unterschiedlichem Gewicht und will er die drei Posten im Tiegel zusammenschmelzen, wieviel Groschen wird er erhalten? Rechne zuerst, wieviel Feingehalt an Silber ein Groschen haben wird, dann multiplizier über Kreuz und summiere zuletzt alle deine Groschen. – Multiplizier auch miteinander und durch die Mitten über Kreuz, wenn du erfahren willst, wieviel Groschen als rheinische Gulden gelten und wieviel als ungarische Münze. Dann verwandle alles in Schillinge, denn es ist ein zwiefältiger Wechsel.“

Die Aufgabe deutet bereits an, auf welche Weise Rechenknechte rasch und sicher das Ergebnis fanden. Ihr Trick bestand darin, hohe Zahlen in ihre Bestandteile zu gliedern und schrittweise die Rechnung auszuführen. Dabei wandten sie das Über-Kreuz-Malnehmen an.

Beim Über-Kreuz-Malnehmen wird von der Überlegung ausgegangen:

Einer entstehen aus Einer mal Einer;

Zehner entstehen auch aus Einer mal Einer oder aus

Einer mal Zehner oder Zehner mal Einer;
 Hunderter entstehen aus Einer mal Zehner oder aus
 Zehner mal Einer, aus Einer mal Hunderter, Hunderter
 mal Einer oder Zehner mal Zehner usw.

Mußte zur Berechnung der Anzahl von Groschen, die
 aus einem Stück Metall gewonnen werden konnten,
 und zur Bestimmung ihres Feingehalts an Silber die
 Multiplikation 3482 mal 6879 vorgenommen wer-
 den, dann verfahren die Rechenknechte so:

3482	3482	3482	3482	3482	3482	3482
	X	X	X	X	X	
6879	6879	6879	6879	6879	6879	6879
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.

1. Rechenschritt: $2 \cdot 9 = 18$; merke ⑧, übertrage 1
2. Rechenschritt: $(2 \cdot 7 = 14) + (8 \cdot 9 = 72) + \ddot{U}1 = 87$;
 merke ⑦, übertrage 8
3. Rechenschritt: $(2 \cdot 8 = 16) + (8 \cdot 7 = 56)$
 $+ (4 \cdot 9 = 36) + \ddot{U}8 = 116$; merke ⑥,
 übertrage 11
4. Rechenschritt: $(2 \cdot 6 = 12) + (8 \cdot 8 = 64)$
 $+ (4 \cdot 7 = 28) + (3 \cdot 9 = 27)$
 $+ \ddot{U}11 = 142$; merke ②, übertrage 14
5. Rechenschritt: $(8 \cdot 6 = 48) + (4 \cdot 8 = 32)$
 $+ (3 \cdot 7 = 21) + \ddot{U}14 = 115$; merke ⑤,
 übertrage 11
6. Rechenschritt: $(4 \cdot 6 = 24) + (3 \cdot 8 = 24) + \ddot{U}11 = 59$;
 merke ⑨, übertrage 5
7. Rechenschritt: $(3 \cdot 6 = 18) + \ddot{U}5 = 23$; merke ②③
 23 9 5 2 6 7 8

3482 mal 6879 = 23 952 678

Sie multiplizierten fortlaufend in 7 Rechenschritten vom niedrigsten bis zum höchsten Zahlenwert über Kreuz und merkten sich stets nur die letzte Ziffer einer Zwischenlösung. Die anderen Ziffern galten als Übertrag (Ü) und wurden zum nächsten Ergebnis hinzugezählt.

Für die Merzkahlen (8, 7, 6, 2, 5, 9, 23) legten die Rechenknechte in entsprechender Anzahl Rechenmarken beiseite. Das Ergebnis lasen sie dann in umgekehrter Richtung ab:

$$3482 \cdot 6879 = 23\,952\,678.$$

Mit diesem Trick sparten sie beim Rechnen sehr viel Zeit und konnten mit erstaunlicher Geschwindigkeit die schwierigsten Rechenexempel lösen, etwa so wie heute die Schnellrechner im Variété.

Nochmals eine Multiplikation

Nicht nur auf das Kopfrechnen verstanden sich die Rechenknechte, sie arbeiteten oftmals auch am Rechentisch. Mußten zum Beispiel mehrere komplizierte Aufgaben hintereinander durchgerechnet werden, dann zeichneten sie Linien auf einen Tisch und teilten diese in Merkspalten ein. Auf den Linien führten sie mehrfach das Über-Kreuz-Malnehmen aus.

Die Aufgabe soll lauten: 66 mal 96.

	Aufgabenspalten					Ergebnisspalte	
Tausender							
Hunderter							
Zehner							
Einer							
	66	x	96	=	36	+	540
						+	360
						+	5400
						=	6336

In den Spalten der Abbildung sehen wir ausgelegt:

- | | |
|----------------|-----------------------------|
| 1. Spalte | – Multiplikator (66) |
| 2. Spalte | – Multiplikand (96) |
| 3. Spalte | – Zwischenergebnis 1 (36) |
| 4. Spalte | – Zwischenergebnis 2 (540) |
| 5. Spalte | – Zwischenergebnis 3 (360) |
| 6. Spalte | – Zwischenergebnis 4 (5400) |
| Ergebnisspalte | – Produkt (6336) |

Multipliziert wurden über Kreuz nacheinander:

Einer mit Einer $6 \cdot 6 = 36$ (lege 36 auf die Linien)

Einer mit Zehner $6 \cdot 90 = 540$
 $6 \cdot 60 = 360$ (lege beides auf die Linien)

Zehner mit Zehner $60 \cdot 90 = 5400$ (lege 5400 auf die Linien)

Die in den Zwischenergebnis-Spalten ausgelegten Summen wurden zum Schluß addiert:

$36 + 540 + 360 + 5400 = 6336$ (siehe Ergebnisspalte).

Damit war die Aufgabe gelöst: $66 \cdot 96 = 6336$.

Ihr Geldbeutel blieb leer

Obleich die Rechenknechte Tag für Tag den Inhalt fremder Geldbeutel berechnen mußten, wurden sie alles andere als reich. Was sie an Lohn verdienten, erfahren wir durch eine Aufgabe aus einem alten Rechenbuch.

„Wenn einer neun Rechenknechte fünf Wochen lang hat und gibt einem jeden des Tags vierzehn Pfennige, wieviel kostet es ihn? Mach's also: Rechne die Wochen mit sieben Tagen. Werden fünfunddreißig Tage sein.

Die multipliziere weiter mit neun Arbeitern. Kommt dreihundertfünfzehn heraus. Die multipliziere fort mit vierzehn Pfennigen, so kommen Pfennige, die mache zu Groschen und alsdann zu Gulden, so weißt du es.“

Sie erhielten demnach nicht mehr als 14 Pfennig am Tag und mußten dafür auch am Sonntag schuften. Gewinn aus der Geldrechnung zogen vor allem die Landesherren, denen einstmals die Bergwerke gehörten und die die Besitzer der Münzwerkstätten waren, wo die Geldstücke geschlagen wurden.

Vom Zahlenschreiben

Eine riesige Zahl

„Lies Er!“ befahl der Kurfürst seinem Rentmeister. Er reichte ihm die Pergamentrolle, die den Bericht des Berghauptmanns enthielt. „Wieviel Holz hat Er schlagen lassen in diesem Jahr?“

Der Berghauptmann hatte das Holz in Klafter, einem alten Raummaß, abgerechnet.

„Haben wir geschlagen und gestapelt nach Dero höchstem Willen“, las der Rentmeister, „Fichtenholz, geschnitten und gemessen, eintausend tausend tausend tausend Tausender viermal und hundert tausend tausend Tausender dreimal und achtzig tausend tausend Tausender dreimal und dann siebenhundert tausend Tausender zweimal und drei tausend Tausender zweimal und einundfünfzig Tausender und vier Hunderter und zweiundneunzig Klafter.“

Wie ein Bienenschwarm schwirren uns die Tausender im Kopf, wenn wir diese Zahlenfolge hören. Über eine Billion Stangen Holz hatte der Berghauptmann ge-

stapelt. In unseren Ziffern ausgedrückt, sind das 1 180 703 051 492 Klafter. Uns bereitet das Lesen und Erkennen dieser Summe keine Schwierigkeit. Heute können wir zwölfstellige Zahlen mühelos erkennen, weil wir wissen, daß innerhalb einer Zahl jede Ziffer – von links nach rechts gelesen – entsprechend der *Stelle*, an der sie steht, einen anderen *Wert* besitzt. Den niedrigsten *Stellenwert*, die Einer, bezeichnet stets die am weitesten rechts stehende Ziffer. Bei 444 wird zum Beispiel mehrmals das gleiche Zahlzeichen verwendet, aber der Wert 4 nimmt von Stelle zu Stelle zu. Er bedeutet von rechts nach links: 4, 40 und 400.

Bis zum Ausgang des Mittelalters kannte man kein Wort oder Zeichen für so hohe Zahlenwerte wie Million oder Billion. Man mußte diese Werte mit Zahlwörtern umschreiben, wodurch manche Summenangabe an Genauigkeit verlor. Noch Hans Sachs (1540) sprach in seinen Fabeln von „tausend Tausendern“, wenn er eine Summe von mehreren Millionen bezeichnen wollte.

Ganz unmöglich konnte man mit geschriebenen Zahlwörtern rechnen. Die Rechenknechte rechneten deshalb meist im Kopf. Rechenaufgaben, die wir mit unseren auf Papier geschriebenen Zahlen leicht lösen, bereiteten damals Kopferbrechen, vor allem, wenn es sich um große Zahlen handelte. Das Rechnen war früher überhaupt viel schwieriger als heute. Die einzige Möglichkeit, Zahlen deutlich sichtbar darzustellen, bot das Rechnen mit den Rechenmarken. Darum war das Rechenbrettli so beliebt.

Die Spaltenschreibweise

Wer Zahlwörter vermeiden wollte, schrieb ein Ergebnis mit Hilfe römischer Ziffern auf und benutzte dafür die Grundzeichen: I = 1, V = 5, X = 10, L = 50, C = 100, D = 500, M = 1000. Viel übersichtlicher wurde dadurch die Schreibweise nicht, wie die Zahl 3878, in römischen Ziffern dargestellt, zeigt: MMMDCCCLXXVIII.

Um sich das Schreiben zu vereinfachen, teilte man die Zahlen spaltenweise in Zifferngruppen ein. Über jede Spalte (Kolumne) schrieb man das Grundzeichen für Einer, Zehner usw. Da man die Null nicht kannte, blieb für das „Nichts“ die betreffende Stelle in den Spalten leer.

Beispielsweise die Zahlen 542, 540, 502 und 42 ergaben in Spaltenschreibweise demnach folgendes Bild:

	C <i>Hunderter</i>	X <i>Zehner</i>	I <i>Einer</i>
542	V	IV	II
540	V	IV	
502	V		II
42		IV	II

So sahen auch die Abrechnungen der Kaufleute und Münzmeister oder die Berichte der Stadtschreiber aus.

Die gemischte Schreibweise

Etwa Ende des 15. Jahrhunderts kam die „gemischte“ Schreibweise bei Zahlenangaben auf. Man begann zwischen die klobigen römischen Zeichen einzelne arabische Ziffern einzuschmuggeln, damit die langen Ziffernreihen kürzer wurden. In der veränderten

Schreibweise wurde die Zahl MMMCCCXXXIII (= 3333) jetzt beispielsweise durch MMM3XXXIII, 3CCC3III oder MMM333 dargestellt.

Doch noch in den Jahren 1509, 1516 und 1543 mußten die Bergrechnungen im Erzgebirge mit römischen Ziffern geschrieben werden, weil eine Anordnung des Landesherrn es so befahl. Selbst der berühmte Rechenmeister Adam Ries, der sonst nur mit arabischen Ziffern rechnete, durfte in seinen Rechnungsbüchern über die Erträge des Annaberger Bergbaus keine anderen als römische Zahlzeichen verwenden.

Eine Ausnahme war jedoch um das Jahr 1509 bereits erlaubt: Die Jahreszahlen konnten mit arabischen Ziffern eingetragen werden. Dabei kennzeichnete man die Tausender durch „ein Pünktlein, das ihr darübersetzt“, wie Adam Ries seinen Schülern rät. Man schrieb also $\dot{1}$ 509 oder $\dot{1}$ 532.

Viel langsamer noch als das Zahlenschreiben setzte sich das schriftliche Rechnen mit arabischen Ziffern durch. Man war an das Rechnen mit Rechenmarken gewöhnt, die nur auf Linien gelegt wurden. Mit der Schreibfeder notierte man gewöhnlich nur römische Ziffern, die sich zum Rechnen überhaupt nicht eigneten. Deshalb fiel es manchem schwer, umzulernen. Im Gegensatz zum Rechnen auf den Linien nannte man das Rechnen mit arabischen Ziffern das Rechnen mit der Feder. Es bedeutete: schriftlich rechnen.

„Ich habe befunden in Unterweisung der Jugend“, meinte sogar der Rechenmeister Adam Ries, „daß allweg die, so auf den Linien rechnen, viel sicherer und schneller sind, als wenn man sie heißt, arabische Zif-

fern mit der Feder aufzuschreiben. Auf den Linien können sie zählen und alle Exempel des Kaufhandels und der Hausrechnung richtig berechnen. Mögen sie also dabei bleiben, um später mit geringerer Mühe auch das Ziffernrechnen zu erlernen.“

Arabische Ziffern aus Indien

Zahlen auf dem Karawanenweg

Die von uns benutzten Zahlen stammen aus Indien. Dort war von alters her die Mathematik vor allem eine Lehre von den Zahlen. Die Inder hatten eine ganz besondere Vorliebe für große und sehr große Zahlen. Sie besaßen schon Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung für Zahlen der Größenordnung bis 10^{53} (die Zehn dreißigmal mit sich selbst multipliziert) Namen.

Wie schwierig die schriftliche Wiedergabe großer Zahlen durch Zahlwörter ist, wissen wir bereits. Die Inder suchten und fanden dafür einen Ausweg: Sie stellten alle Zahlen, gleichgültig ob kleine oder große, durch einige wenige Symbole dar, nämlich durch die Ziffern 0 bis 9, und bildeten dazu die Stellenwertschreibweise aus (siehe Seiten 61 u. 67).

Mit diesen Ziffern und der Schreibweise ließen sich vor allem Aufgaben aus der Handelspraxis viel schneller und sicherer lösen als mit jedem anderen Zahlensystem. Längs der Karawanenwege orientalischer Kaufmannszüge breiteten sich deshalb die indischen Ziffern in den orientalischen Ländern aus. Auch die Araber griffen auf, was die Inder ersonnen hatten. Von Bagdad aus, dem Mittelpunkt der Wissenschaft und Kunst im arabischen Großreich, das um das Jahr 700 entstanden

war, wurden die indischen Ziffern später auch in den im Nordwesten des arabischen Reiches gelegenen Ländern bekannt. Als die Araber im 8. Jahrhundert Gebiete Spaniens erobert und ihrem Großreich eingegliedert hatten, erhielt man in Europa erstmals von den Ziffern der Inder Kenntnis. Diese Ziffern wurden in westarabischer Schreibweise dargestellt und als Gobarziffern oder Staubziffern (siehe Seite 67) bezeichnet. Allerdings wechselte sie damals noch ständig ihre Form, weshalb Gobarziffern schwer lesbar sind.

Nach den Vermittlern, durch die sie aus Indien nach Europa gekommen waren, nannte man die neuen Zeichen später die arabischen Zahlen. Für die Weiterentwicklung der Mathematik und der Rechentechnik hat der Gebrauch der arabischen (indischen) Ziffern eine ebenso hohe Bedeutung gehabt wie im Altertum die Erfindung der Buchstaben für die Schrift.

Das wichtigste Zeichen fehlte

Vermutlich um das Jahr 976 wurden zum ersten Mal im nördlichen Europa Rechenmarken aus dem Kloster Albeldo in Nordspanien gesehen, die merkwürdige, fremdartige Zeichen trugen. Die unbekannten Zeichen stellten Gobarziffern dar. Abgewandelt tauchten seitdem wiederholt ähnliche Rechenmarken auf, wie sie auf unserer Zeichnung auf Seite 25 abgebildet sind. Wenn man die Rechenmarken dreht, bis die Zeichen auf dem Kopfe stehen, wird bei einigen ihre Ähnlichkeit mit unseren Ziffern deutlich.

Rechnen auf unsere Weise konnte man mit den Zeichen auf diesen Rechenmarken nicht. Die Marken wiesen je-

doch nur neun Zeichen auf, damit war ein Zeichen verlorengegangen, das besonders wichtig war.

Die Wunderzahl des Musa Al-Hwârizmî

Unter den Gelehrten des Orients überrief Muhammad ibn Musa Al-Hwârizmî, der muslimische Mathematiker und Astronom von Chiwa, alle an Weisheit, Können und Gelehrsamkeit. Seine großen mathematischen Werke verfaßte er um die Jahre 810 bis 840, etwa zur gleichen Zeit, da in Europa noch mit Zählstöcken und Meßlatten gerechnet wurde. In der Nähe des Aralsees (heute Usbekische SSR) wurde Musa Al-Hwârizmî geboren; die Wirkungsstätte des Gelehrten war Bagdad. Wenn er seine Gedanken über den Algorithmus, so bezeichnete er seine Rechenvorschrift für den „Weg zur Lösung“ einer mathematischen Aufgabe, niederschrieb, dann malte Musa Al-Hwârizmî am liebsten mit dem Schreibrohr ein flatterndes Band aufs Pergament. Dieses Zeichen nannte er As-Sifr, die Ziffer aller Ziffern – das war der Name seiner Wunderzahl, eben der Ziffer, die unter den Ziffern auf den Rechenmarken fehlte.

Später wurde aus dem Band ein Kreis, und wir erkennen in der Wunderzahl As-Sifr unsere Null. Nach ihr nannte man bald alle Zahlzeichen Ziffern.

Während die Null in Europa als „das Nichts“ beim Zahlenschreiben weggelassen wurde, erkannte Musa Al-Hwârizmî ihre großen Möglichkeiten. Je nachdem, wie oft As-Sifr ihr Band hinter einer anderen Ziffer flattern ließ, stieg deren Wert. Aus der 2 beispielsweise wurde die 20, 200, 2000, 200 000, sobald As-Sifr sich wie eine gute Fee zu ihr gesellte. „Das zehnte Zeichen, das

man As-Sifr nennt, wiegt für sich selbst so gut wie nichts. Nimmt As-Sifr aber ihren Platz bei anderen Ziffern ein, dann gibt sie ihnen eine neue, höhere Bedeutung“, sagte Musa Al-Hwârizmî von der Null.

Vor allem trug die Null zur vollkommenen Ausbildung des Stellenwertsystems bei, das auch wir heute benutzen und dessen Grundlage die Zehnereinheit ist.

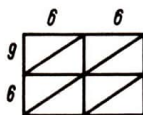
Seitdem das Zeichen Null für die einstmals leeren Stellen vorhanden war, wurde schriftliches Rechnen leicht. Das Bezeichnen der Zehnereinheiten (10, 20, 30, 40 usw.) durch Anhängen der Null, wie überhaupt der Gebrauch arabischer Ziffern, kam besonders denen zugute, die viel Rechenarbeit zu verrichten hatten.

Staubrechenmethoden

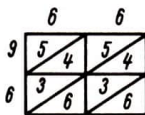
Wenn arabische Händler mit ihren Karawanen durch die Wüsten zu entfernten Handelsstädten zogen, dann nahmen sie keine Rechenmarken mit. Sie schrieben ihre Ziffern einfach in den Sand. Vom Wüstensand haben die westarabischen Ziffern ihren Namen: Gobar- oder Staubziffern. In Europa schrieb man arabische (indische) Ziffern zuerst stets auf ein mit Sand oder Staub bestreutes Brett, wie man es bei den Arabern gesehen hatte. Man glaubte, ohne das Sand- oder Staubstreuen vor dem Zahlenschreiben und Rechnen gar nicht auskommen zu können.

Zur schnellen Berechnung ihrer Warenpreise erfanden arabische Händler neue Rechentricks, die wir Staubrechenmethoden nennen wollen. Eine solche Erfindung war das Rechengitter, mit dem sich mühelos multiplizieren ließ.

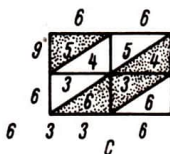
Mußte ein Händler beispielsweise die Multiplikation von $66 \cdot 96$ ausführen, dann malte er ein Gitter mit 4 rechteckigen Feldern dort in den Sand, wo er gerade stand, zog eine diagonale Linie durch jedes Feld, setzte den Multiplikator (66) über, den Multiplizierten (96) links neben das Rechengitter und begann sofort zu rechnen (A).



A



B



C

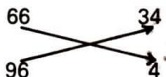
Zuerst multiplizierte er jeweils die Zahlen der beiden Gegenseiten eines Rechtecks, dann trug er das Ergebnis aus $9 \cdot 6 = 54$ in jedes der beiden oberen Rechtecke und das aus $6 \cdot 6 = 36$ in die beiden unteren Rechtecke ein. Dabei standen die Zehner stets oberhalb, die Einer unterhalb der diagonalen Linie (B). Jetzt wurde nur noch diagonal addiert (C), wobei Merzkahlen für den Übertrag zur nächsten Additionsreihe hinzukamen. Addiert wurde von rechts nach links:

$$6; 6 + 3 + 4 = 13; \ddot{U} 1 + 3 + 4 + 5 = 13; \ddot{U} 1 + 5 = 6.$$

Unter dem Rechengitter war nun von links nach rechts das Resultat zu sehen: $66 \cdot 96 = 6336$.

Die gleiche Aufgabe ließ sich ebenso schnell durch Über-Kreuz-Abziehen lösen. Dafür schrieb der Händler zunächst die Ausgangsgrößen 66 und 96 untereinander. Dann suchte er jeweils die Differenz zur 100: 66 bis 100 ergibt 34; 96 bis 100 ergibt 4. Die Dif-

ferenzwerte trug er jeweils neben die Ausgangsgrößen ein, verband die Zahlen durch zwei Linien über Kreuz und subtrahierte $66 - 4 = 62$; $96 - 34 = 62$. An dieses Ergebnis hängte er zwei Nullen an, ergibt 6200. Dann multiplizierte er die Differenzzahlen $34 \cdot 4 = 136$, rechnete $136 + 6200$ und erhielt: $66 \cdot 96 = 6336$.



Wettkampf zwischen Rechenmarke und Gänsefeder

Im Jahr 1226 begab sich der Stauferkaiser Friedrich II. zu einem ungewöhnlichen Turnier. Sein Reiseziel war Pisa, wo er den berühmten Mathematiker Leonardo Fibonacci aufsuchen und kennenlernen wollte. Bei Meister Leonardo sollte das Turnier stattfinden, nicht zwischen Rittern hoch zu Roß, sondern zwischen gelehrten Mathematikern am Rechentisch.

Leonardo Fibonacci von Pisa war als Sohn eines reichen Kaufmanns nach Griechenland, Spanien und auch nach Nordafrika gereist. Dort hatte er Gelegenheit gefunden, den Händlern auf den Warenmärkten zuzuschauen. Ihre Art zu rechnen schien ihm so bemerkenswert, daß er nach alten Schriften forschte, um mehr über die Ziffernzeichen zu erfahren, die er erstmals bei den Händlern sah. Viele Stunden verbrachte er damit, die Werke arabischer Gelehrter, auch die des Musa Al-Hwârîzmî, zu studieren.

Meister Leonardo konnte sowohl mit den Rechenmarken auf den Linien als auch mit arabischen Ziffern, die er mit der Gänsefeder auf ein mit Staub bestreutes

Tischtuch schrieb, so vortrefflich rechnen, daß der Kaiser sich vom Können dieses Meisters selber überzeugen wollte.

Während des Turniers benutzte Meister Leonardo nur die Gänsefeder. Er schrieb arabische Ziffern auf das Tuch. Als seine Gegner sich noch mit dem Auslegen von Rechenmarken auf Linien abplagten, hatte er jede Aufgabe bereits gelöst. So wurde er als Meister des Ziffernrechnens mit der Gänsefeder Sieger im Turnier.

Vor allem verblüffte Meister Leonardo den Kaiser damit, daß er nicht nur auf jede Frage die richtige Antwort wußte, sondern auch die Formel nennen konnte, die zur Lösung führt. Er zeigte dem Kaiser, daß bei arabischen Ziffern zwei Größen miteinander vergleichbar sind ($3 = 3$) oder sich zueinander ins Verhältnis setzen lassen ($4 - 1 = 5 - 2$), aber auch eine Zahl um ihren Wert vervielfacht ($3 \cdot 3 = 3^2 = 9$) oder eine Zahl als die Wurzel einer anderen Zahl erkannt ($\sqrt{9} = 3$) werden kann.

Als Belohnung für den Sieg bat Meister Leonardo nur darum, der Kaiser möge dafür Sorge tragen, daß überall im Land mit arabischen Ziffern und der Null gerechnet werde, „nach der Art der Inder“, wie er sagte.

Obgleich der Kaiser ihm zusagte, seiner Bitte zu entsprechen, und sogar selbst das Buch des Musa Al-Hwârizmî las, gelang es ihm doch nicht, das Rechnen mit den neuen Ziffern einzuführen. Die arabischen Ziffern waren damals in Europa als heidnischer Spuk und das Rechnen mit ihnen als gefährliche Zauberei verschrien. Besonders gegen die Ziffer Null war das

Mißtrauen so groß, daß es nicht einmal ein kaiserlicher Befehl hätte überwinden können. Man ließ die arabischen Ziffern in den europäischen Ländern nicht an den Rechentisch heran. Im Jahr 1299 wurde das Schreiben dieser Ziffern sogar öffentlich verboten.

Erst während der Renaissance, als die Stadtrepubliken in Italien größere Freiheiten für sich erkämpften und mathematische Schriften des Altertums wieder hervorgeholt und aufmerksam gelesen wurden, setzte sich das Ziffernrechnen durch. Zu seiner Verbreitung hat die Benutzung des Papiers als Schreibmaterial, später dann die Erfindung des Buchdrucks und die Herausgabe gedruckter Rechenbücher, wesentlich beigetragen.

Eine neue Seite im Abrechnungsbuch

Zu den großen Finanziers, die aus den Bergwerken Tirols, Kärntens, der Steiermark, Ungarns und auch des Erzgebirges riesigen Gewinn erzielten, gehörte die Augsburger Kaufmannsfamilie Fugger. Soche Unternehmer richteten Bankhäuser zum Ausleihen von Geld ein. Sie schickten ihre Söhne nach Italien, damit sie dort das kaufmännische Rechnen lernten. In ihren großen Rechenstuben, den Faktoreien, wurde nur noch das Rechnen mit arabischen Ziffern angewandt. Römische Ziffern zu schreiben, wäre für ihre Abrechnungen viel zu schwerfällig gewesen.

Das Augsburger Abrechnungskontor des Handelshauses Fugger war das Reich des Faktors Matthäus Schwarz. Er hatte in den italienischen Städten Mailand, Genua und Venedig das schriftliche Rechnen mit ara-

bischen Ziffern studiert und eine Buch- und Rechnungsführung entwickelt, die den stümperhaften Jahresabschlußrechnungen der Münzmeister, Berghauptleute und kurfürstlichen Rentmeister weit überlegen war.

Da es bei den Fuggern riesige Beträge abzurechnen galt, mußte allein auf einer Seite des Rechnungshauptbuches sofort zu erkennen sein, aus welchen Einnahmen und Ausgaben sich die Endsumme zusammensetzte. Der große Vorzug der Rechnungsführung des Matthäus Schwarz bestand darin, daß er eine doppelte Abrechnung vornahm, die ihm erlaubte, das Aufstellen der Rechnung gleich mit einer Probe zu verbinden.

Schlagen wir eine Seite des dicken Folianten auf, in den er seine Abrechnung eintrug, dann sehen wir dort folgende Rechnung und Probe aufgeführt:

ain müntz	1.429.812.14.	2
auß müntz	73.995.97.	10
rest müntz	1.355.816.16.	4
ain golt	1.570.776. 5.	4
auß golt	793.801. 3.	6
rest golt	776.975. 1.	10
Also wirt es sein $\frac{3}{4}$ müntz und $\frac{1}{4}$ golt rainisch (rheinisches Gold).		
prob: müntz	1.355.816.16.	4
golt	776.975. 1.	10
	2.132.791.18.	2

zu außgeendem 1527ten jare (am Jahresende 1527).

Mit Maschinen wird es leichter

Die interessante Wissenschaft

Mancher Kaufmann, der durch die Beteiligung am Erzbergbau, den Handel mit Metallerzeugnissen oder die Gründung von Banken reich geworden war, machte mehr und mehr die Angehörigen des Adels, ja selbst Könige und Kaiser, von seinem Geldsack abhängig. Jacob Fugger der Reiche lieh beispielsweise 70 000 Goldgulden dem Kaiser Maximilian für dessen Eroberungsfeldzüge und das kostspielige Leben bei Hofe aus. Kaiser Karl IV., sein Nachfolger, war bei den Fuggern noch weit mehr verschuldet und konnte seine ehrgeizigen Pläne nur mit ihrem Geld verwirklichen. Selbst in Fragen der Verwaltung holten sich die Landesherren immer häufiger bei Männern aus dem Bürgerstand anstatt bei den anspruchsvollen adligen Herren Rat.

Der Adel besaß jedoch nach wie vor die größte Macht und die meisten politische Rechte. Er war der stärkste Gegner des Bürgertums, das sich Bevormundungen durch die herrschende Schicht nicht mehr gefallen lassen wollte. Die Gegnerschaft zwischen beiden Klassen — dem auf alte Vorrechte sich stützenden Adel und dem emporstrebenden Bürgertum — wuchs, je mehr das Bürgertum durch harte Arbeit, Erwerbssinn und Bildungsstreben zu Wohlstand und Ansehen gelangte und immer offener eigene politische Anschauungen und Interessen vertrat.

Von der Überlegenheit der reichen Bürger, der Grubenbesitzer, Kaufleute und Stadtherren, gegenüber dem hoffärtigen Adel erzählt zum Beispiel die Fabel vom

Fuchs und den Ameisen, die der Magdeburger Schuldirektor Georg Rollenhagen um das Jahr 1600 niederschrieb. In dieser Fabel sieht der Fuchs voller Neid, wie die Ameisen in felsiges Gestein eindringen, um goldene Körner in großer Menge herauszuholen. Er gönnt ihnen diesen Reichtum nicht und ist verärgert über ihre unermüdliche Betriebsamkeit. Da er auch am Reichtum teilhaben will, versucht er gleichfalls, in die engen Schächte und Gänge der Berge einzudringen. Aber das mißlingt ihm; denn er ist dafür zu fett. Unter dem Hohnlachen der Ameisen muß er mit zerschundenem Fell und schlimmen Beulen abziehen.

Die beste Waffe des Bürgertums im Kampf gegen den Adel war außer dem Reichtum sein Bestreben, sich wissenschaftliche Kenntnisse anzueignen. Hierzu sagt Friedrich Engels: „Schritt für Schritt mit dem Emporkommen des Bürgertums entwickelte sich der gewaltige Aufschwung der Wissenschaft. Astronomie, Mechanik, Physik... wurden wieder betrieben. Das Bürgertum gebrauchte zur Entwicklung seiner industriellen Produktion eine Wissenschaft, die die Eigenschaften der Naturkörper und die Betätigungsweise der Naturkräfte untersuchte... Das Bürgertum brauchte die Wissenschaft und machte die Rebellion (gegen die Feudalherren) damit.“

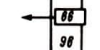
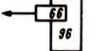
Viel ausgeprägter als zuvor galt jetzt die Mathematik als eine aufregende, interessante Wissenschaft. Alle bevorzugten Forschungsgebiete, wie Astronomie, Optik und Mechanik, waren eng mit mathematischen Studien verbunden. Sie setzten das Umgehen mit großen Zahlenmengen und hohen Zahlenwerten voraus. Er-

schwerend dabei wirkte, daß die bisher üblichen Berechnungsarten sich als viel zu unzulänglich, zeitraubend und aufwendig erwiesen. Aus diesem Grund gewannen neue Methoden zum Vereinfachen des numerischen Rechnens sehr große Bedeutung. Mathematiker und Handwerker bemühten sich gemeinsam um die Entwicklung mechanischer Rechenhilfen oder den Bau von Maschinen, die sich zum Rechnen eigneten. Der Wunsch nach Arbeitserleichterung förderte diese Versuche.

Was Schiebestangen und Zahnräder vermögen

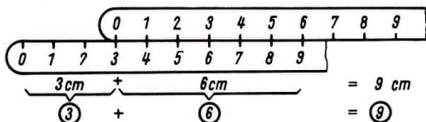
Ein erster Schritt zur Konstruktion mechanischer Rechenhilfsmittel war das Anwenden des Schiebeverfahrens, bei dem in ähnlicher Weise vorgegangen wurde wie bei der Über-Kreuz-Multiplikation. Man benutzte dazu einen Schiebezettel und rückte diesen von Ziffer zu Ziffer vor. Wofür die Rechenknechte noch den eigenen Kopf und einen Trick gebrauchen mußten, das wurde jetzt in Kürze ohne Anstrengung gelöst.

Die Idee mit den Schiebezetteln regte zur Erfindung von Rechenhilfen an, die auf das Analogieprinzip zurückzuführen sind. Analog bedeutet vergleichbar, angepaßt und übereinstimmend. Eine analoge Darstellung er-

<i>Schiebezettel</i>	<i>Rechnung</i>	<i>Merkzahl</i>
	$6 \times 6 = 36$	6
	$\bar{U}3 + (6 \times 6) + (6 \times 9) = 93$	3
	$\bar{U}9 + (6 \times 9) = 63$	63

möglichst beispielsweise, die Länge einer Strecke in das richtige Maßverhältnis zu einer Zahl zu setzen. Das ist der Fall beim Thermometer, auf dem die Temperaturanzeige mittels einer Quecksilbersäule erfolgt. Auch der Tachometeranzeiger im Auto arbeitet analog. Hier entspricht die angezeigte Zahl der mit einer bestimmten Geschwindigkeit zurückgelegten Strecke; Tempo und Kilometerstand können vom Tachometer abgelesen werden. Durch die analoge Darstellung gelang es, auf sehr einfache Weise erste mechanische Rechenhilfsmittel zu bauen.

Findige Mathematiker und Mechaniker übertrugen Ziffern auf verschiebbare Stäbe und addierten damit Zahlen, die einander zugeordnet waren. Ein solches Gerät können wir uns aus zwei Linealen mit Zentimetereinteilung leicht selbst herstellen, indem wir sie so legen, daß die gleichen Zahlen genau untereinander stehen.



Verschieben wir für die Addition $3 + 6$ das untere Lineal so weit nach vorn, daß über der 3 die 0 erscheint, so können wir unter der 6 die 9 ablesen. Also $3 + 6 = 9$. Wir sehen das auf dem Bild. Das Ergebnis entsteht durch Addieren von Strecken ($3 \text{ cm} + 6 \text{ cm}$), denen eine Ziffernfolge (0, 1, 2, 3 bis 9) entspricht.

Etwa in der Weise wie die Lineale arbeitete der Rechenschieber, den der Mathematikprofessor Edmond Gunter (1561–1626) im Jahr 1624 in London baute. Bei

seinen verschiebbaren Stäben waren die Zahlenfolgen für bestimmte Strecken so angeordnet, daß man mit dem Rechenschieber zwar nicht addieren, dafür aber multiplizieren und dividieren konnte. Wenig später ersetzten andere Mathematiker die verschiebbaren Stäbe durch zwei kreisförmige, gegeneinander laufende Scheiben und verwandelten den Rechenschieber in eine Rechenscheibe. Auch sie war geeignet, umfangreiche Berechnungen zu vereinfachen.

Beide Erfindungen dienten zum Umrechnen von Maßen und Gewichten. Sie wurden auch für fortgesetzte Multiplikationen langer Zahlenreihen oder andere zeitraubende Rechenaufgaben gebraucht. Jedoch zum Aufbau einer rechnenden Maschine reichten die verschiebbaren Stäbe noch nicht aus.

Den entscheidenden Impuls, Rechenvorgänge mechanisch zu bewältigen, erhielten die Erfinder durch die Uhrentechnik. Sie erlaubte, Ziffernanzeigen durch die Bewegung miteinander verbundener Zahnräder, Zahnstangen, Hebel und Walzen zu bewirken. Jetzt tauchte erstmals die Idee auf, die zehn Ziffernwerte von 0 bis 9 durch die Winkelstellung eines Zahnrads darzustellen.

Aus dem Zahnrad wurde ein Dezimal-Zählrad mit zehn Zähnen, die die Ziffern 0 bis 9 erhielten. Damit war ein wichtiger Bauteil für die Konstruktion mechanischer Rechenwerke entdeckt.

Für die ersten Rechenmaschinen wurden solche Zählräder benutzt. Zur Angabe einer gewünschten Zahl ließ sich mit Hilfe eines Hebels und einer Zahnstange das Zählrad so weit drehen, bis es einer Kerbe gegenüber-

stand und in einer Öffnung, dem Fenster für die Ziffernanzeige, die betreffende Ziffer sichtbar war.

Kopfzerbrechen bereitete vor allem die mechanische Ausführung des Zehnerübertrags. Die Rechenmarke auf dem Rechentisch ließ sich mit der Hand bewegen, man brauchte sie beim Übergang von der 9 zur 10 nur auf die nächsthöhere Linie zu schieben. Eine Rechenmaschine mußte diese Bewegung selbsttätig ausführen. Mit nur einem Zählrad konnte kein Zehnerübertrag verwirklicht werden. Erst als man auf den Gedanken kam, mehrere Zählräder miteinander zu koppeln, bereitete der Zehnerübertrag keine Schwierigkeiten mehr. Jetzt bewegte das erste Zählrad, war es einmal ganz herumgedreht, beim Übergang von der Ziffer 9 zur Ziffer 0 das zweite Zählrad für den nächsthöheren Wert um eine Stelle mit, und in der Ziffernanzeige erschien die Ziffer 1.

So einfach uns diese Zahlenübertragung heute auch erscheinen mag, für die damalige Zeit waren nach diesem Prinzip arbeitende Rechenwerke eine Sensation. Es bedurfte vieler Versuche und Überlegungen, bis es gelang, das selbsttätige Weiterschalten so zu ermöglichen, daß mit den Rechenmaschinen Additionen und Subtraktionen mit durchlaufendem Übertrag, Multiplikationen und auch schon Divisionen vorgenommen werden konnten. Dazu mußte jedoch noch die Feinmechanik weiterentwickelt werden, um die Maschinen funktionstüchtig zu machen. Die automatische Zahlenübertragung war einer der entscheidenden Entwicklungsschritte in der Geschichte des maschinellen Rechnens.

Das Hobby eines Lords

Der schottische Landedelmann John Neper von Merchiston (1550–1617) hatte ein sehr anspruchsvolles Hobby: die Mathematik. Auf dieses Hobby war er als Grundbesitzer durch die Landwirtschaft gekommen, über die er sogar Bücher schrieb.

Ein weiteres Interessengebiet des Lords waren die für die englische Seefahrt erforderlichen astronomischen Berechnungen. Über Möglichkeiten, die hierfür umfangreiche Rechenarbeit zu verkürzen, tauschte er mit dem Londoner Mathematikprofessor und Astronomen Henry Briggs, aber auch mit Gelehrten anderer Länder Gedanken aus. Viele Briefe, in denen mathematische Probleme beraten wurden, wanderten von Merchiston, dem Landsitz des Lords Neper, nach London und über den Ärmelkanal zu Astronomen bis nach Prag. Sogar über den Bau mechanischer Geräte für das Rechnen unterhielt man sich.

Nur ganz nebenbei erfand Neper auch die Rechenstäbchen, die besonders für den Bau der ältesten Rechenmaschine von Bedeutung waren.

An nebligen, kalten Tagen saß der Lord oft stundenlang mit seinem Freund, dem Pater Caspar Schott, vor dem Kamin, um mit ihm über neue mathematische Erkenntnisse zu sprechen. Wenn sie so ins Plaudern kamen, dann erzählte Pater Schott, welchen Ärger er beim Steuereintreiben für sein Kloster hatte. Bei dieser umfangreichen Arbeit mußte der Pater unter Anwendung des Einmaleins hohe Summen fortgesetzt multiplizieren, was ihm gar nicht lag.

Um dem Pater zu helfen, zeichnete Lord Neper das

Einmaleins von 1 bis 9 zunächst getrennt auf neun Stäbchen auf. Dann kam er auf den Gedanken, das in Kolonnen auf jedem Rechenstäbchen untereinander angeordnete Einmaleins mit der Gitterrechnung zu verbinden. Das war möglich, wenn er die Einer schrägrechts unter die Zehner setzte. Diese kleine Änderung in der Ziffernschreibweise machten Lord Nepers Rechenstäbchen in der ganzen Welt berühmt.

Jetzt ließ sich mit den Stäbchen leicht das Vielfache beliebig hoher Zahlen bilden. Legte Pater Schott die Stäbchen für das Sechsfache von 473 897 nebeneinander, zeigten die Stäbchen folgende Angaben zum Einmaleins:

(6 · 4)	(6 · 7)	(6 · 3)	(6 · 8)	(6 · 9)	(6 · 7)
2	4	1	4	5	4
4	2	8	8	4	2

Er brauchte nur noch zu jeder Zahl der unteren Zeile die schrägrechts über ihr stehende Zahl (von rechts nach links) zu addieren, wie wir das von der Gitterrechnung kennen, und das Ergebnis war gefunden:

2 /	+4 /	+1 /	+4 /	+5 /	+4 /
4	2	8	8	4	2
2 8	4	3	3	8	2

$$6 \cdot 473\,897 = 2\,843\,382.$$

Multiplikation von $3 \cdot 374 = 1122$ mit Lord Nepers Rechenstäbchen

	3	7	4
1	3	7	4
2	6	1 4	8
3	9	2 1	1 2
4	1 2	2 8	1 6
5	1 5	3 5	2 0
6	1 8	4 2	2 4
7	2 1	4 9	2 8
8	2 4	5 6	3 2
9	2 7	6 3	3 6

Schritt 1: schreibe =

2 Einerstelle

Schritt 2: addiere 1+1=

2

Zehnerstelle

Schritt 3: addiere 9+2= 11

Hunderterstelle

Ergebnis: $3 \times 374 = 1122$



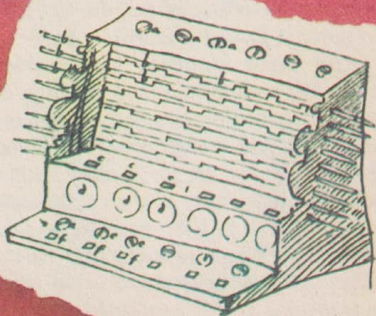
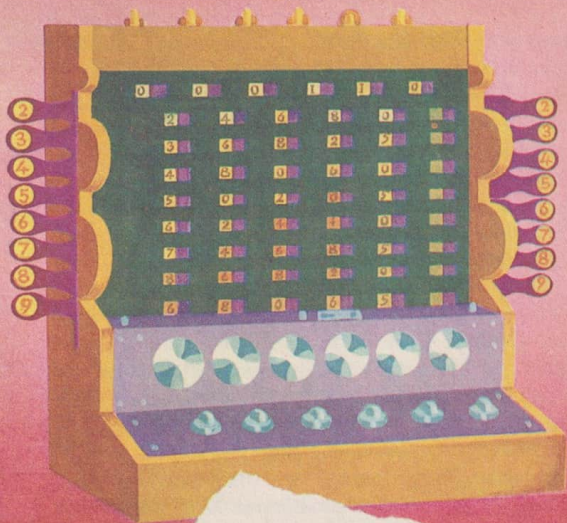
Wiederentdeckte Skizzen

Im Jahr 1957 erregten zwei Skizzen, die zufällig entdeckt wurden, allgemeines Aufsehen. Die Skizzen stammen aus der Zeit des Dreißigjährigen Krieges (1618–1648) und enthalten Zeichnungen sowie Bauhinweise für eine mechanische Vorrichtung zum Rechnen. Vermutlich hat es drei Exemplare der nach diesen Skizzen vor mehr als 300 Jahren gebauten Rechenmaschine gegeben, die aber während der Kriegswirren alle vernichtet worden sind.

Anhand der Skizzen wurde 1960 ein Modell angefertigt, um zu erproben, ob die Rechenmaschine auch funktionstüchtig gewesen sei. Obgleich im 17. Jahrhundert das Anfertigen der Zahnräder noch Mängel aufgewiesen haben mag, zeigte sich bei Verwendung von Bestandteilen der modernen Feinmechanik doch, daß nach diesem Konstruktionsprinzip gebaute Maschinen durchaus leistungsfähig waren. Damit lag der Beweis vor: Mit den Skizzen waren Unterlagen für die älteste brauchbare Rechenmaschine gefunden worden, von der uns eine Nachricht überliefert ist.

Wie sah diese Maschine aus? Für wen war sie bestimmt?

Die Maschine enthielt mehrere ineinandergreifende Zählräder für die Addition und Subtraktion mit bis zu sechsstelligen Zahlen und für den mechanischen Zehnerübertrag. Das selbständige Rechnen wurde durch den Drehwinkel der Nockenscheiben ausgelöst, die einander in Bewegung setzten. Für die Multiplikation



waren kolonnenartig Rechenstäbchen, wie sie Lord Neper verwendet hatte, eingebaut. Zur Angabe der Teilprodukte des kleinen Einmaleins auf den Rechenstäbchen diente ein drehbares Anzeigewerk, das allerdings mit der Hand betätigt werden mußte. Vervollständigt wurde die Maschine durch ein ebenfalls mit der Hand einstellbares Register, mit dem sich bereits Zahlen speichern ließen.

Dieses Meisterwerk hat um das Jahr 1623 ein Mechanikus namens Pfitzner im Auftrag des Universitätsprofessors für Mathematik, Astronomie und hebräische Sprachen Wilhelm Schickardt (1592–1635) in Tübingen gebaut. Die Skizzen gehörten zu einem Brief Schickardts an den Mathematiker und Astronomen Kaiser Ferdinands II. in Linz, Johannes Kepler (1571–1630), mit dem Schickardt befreundet war. Für Kepler, wie für viele seiner Zeitgenossen, war die Umwelt ein lohnendes Objekt wissenschaftlicher Untersuchungen. Sein Erkenntnisstreben veranlaßte ihn, umfangreiches Zahlenmaterial für astronomische Berechnungen, das von Tycho Brahe stammte, auszuwerten. Das war damals außerordentlich zeitaufwendig; denn für die mühevollen Arbeit konnte Kepler nur Papier und Gänsekiel benutzen. Wie erfreut muß er gewesen sein, als ihm Schickardt am 20. September 1623 die Skizzen schickte und ihm dazu schrieb: „Dasselbe, was Du rechnerisch gemacht hast, habe ich in letzter Zeit auf mechanischem Wege versucht und eine aus elf vollständigen und sechs verstümmelten Rädchen bestehende Maschine konstruiert, welche gegebene Zahlen augenblicklich automatisch zusammenrechnet, ad-

diert, subtrahiert, multipliziert und dividiert.“

Schickardt ließ für Kepler diese Maschine nachbauen. Ein halbes Jahr später, in seinem Brief vom 25. Februar 1624, berichtet er, daß die Maschine fertiggestellt, aber leider durch einen Brand zerstört worden sei. Über weitere Versuche, ein neues Exemplar der Rechenmaschine Kepler doch noch zuzustellen, fehlt jede Mitteilung, da Schickardt wenig später den Unruhen des Dreißigjährigen Krieges selbst zum Opfer fiel. Während in den Ländern, die nicht vom Krieg betroffen wurden, gerade zu Anfang des 17. Jahrhunderts hervorragende mathematische Leistungen vollbracht worden sind, wurde in anderen die Weiterentwicklung der Wissenschaften im allgemeinen durch den Krieg behindert. Viele wertvolle Unterlagen über Erfindungen, auch die von brauchbaren Rechenmaschinen, gingen verloren, und mancher gute Gedanke wurde nie genutzt.

Die Pascaline

Bemerkenswert für die Entwicklung mechanisch arbeitender Rechengeräte ist, daß sich vor allem junge Menschen für ihre Herstellung und ihre Arbeitsweise interessierten. Sie wagten sich als Pioniere des Fortschritts am mutigsten in technisches Neuland vor. Ein Beispiel dafür ist die Erfindung einer Rechenmaschine durch den erst achtzehnjährigen Franzosen Blaise Pascal (1623—1662). Etwa zwanzig Jahre nach Schickardts Erfindung, von der er kaum Kenntnis gehabt haben kann, stellte er im Jahr 1641 seine „Pascaline“, wie er sie nannte, fertig. Die Pascaline war eine

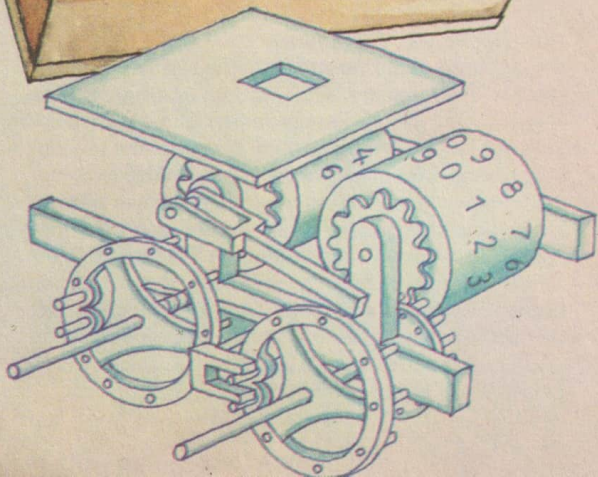
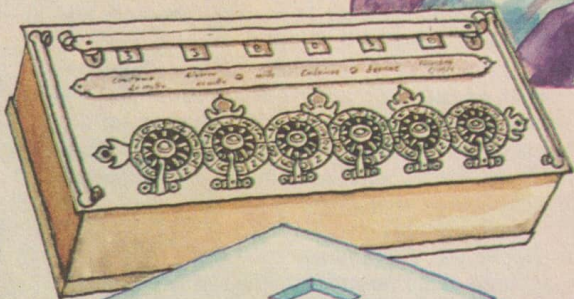
Additions- und Subtraktionsmaschine, also geeignet für zwei Rechenarten, weshalb sie auch als Zweispeziesmaschine bezeichnet worden ist.

Diese Maschine fand sehr schnell allorts Bewunderung; denn es galt damals als Sensation, daß statt des Menschen auch Räder rechnen konnten. Sie wurde nicht nur Pariser Bürgern, sondern auch bei Hofe vorgeführt. Man feierte Pascal als junges mathematisches Genie, und 1649 wurde ihm sogar ein königliches Privileg zur Herstellung weiterer Rechenmaschinen gewährt. Insgesamt 50 Exemplare der „Pascaline“ sind, nach der Notiz einer französischen Zeitschrift aus jener Zeit, bis zum Jahr 1700 angefertigt worden, teils aus Eisen, Holz und sogar Elfenbein, teils aus Kupfer. Eines dieser Modelle ist heute im Mathematisch-Physikalischen Salon des Dresdner Zwingers ausgestellt.

Zum Bau dieser Maschine wurde Pascal veranlaßt, weil er seinem Vater helfen wollte, der Finanzverwalter des Departements Haute-Normandie war und sich oft bis in die Nacht hinein mit nicht enden wollendem Addieren der Summen auf Steuereinzugslisten abplagte.

Das Prinzip der Pascalschen Rechenmaschine weist auf viele Elemente der Uhrmachertechnik hin. Die Addition wurde mit einem Registrierzähler ausgeführt, der beispielsweise statt der 3 dreimal die 1 addierte, wobei das Zahnrad um 3 Stelleniterrückte, etwa von der Ziffer 2 zur 5. Der Übertrag zur nächsthöheren Stelle erfolgte ebenfalls durch Zahnräder. Bauteile der Ma-

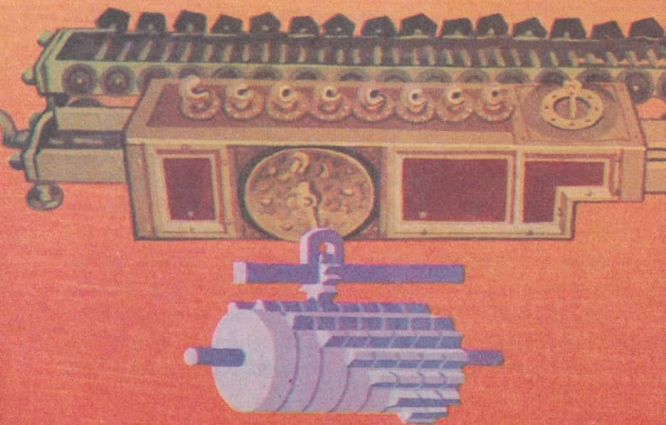
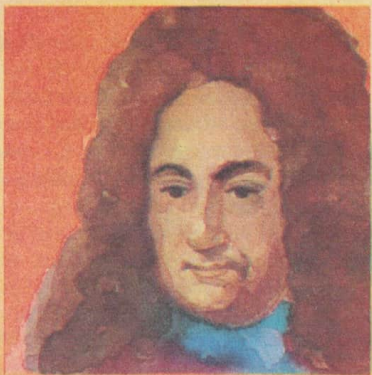
Pascals Rechenmaschine; Blick ins Innere der Maschine



schine waren: zwei Zahlenwalzen, verbunden durch Zahnräder mit einem Zwischenrad, Zahnstangen, Zahnsegmente und Hebel. Sobald das Zahnrad für die Einer eine vollständige Drehung ausgeführt hatte, erfaßte ein entgegengesetzt angeordnetes Paar von Stiften eine Klaue und führte sie unter gleichzeitiger Mitnahme des Zahnrades für die Zehner um einen Ziffernwert voran. Eine Sperrklinke verhinderte unbeabsichtigte Drehungen der über zwei Zahnräder angekoppelten Zahlenwalze. Die Zahlenwalze war mit zwei entgegengesetzt laufenden Ziffernreihen beschrieben, so daß die Maschine durch einfaches Verschieben der Abdeckplatte von der Addition auf die Subtraktion umgestellt werden konnte. Das von Pascal entwickelte Prinzip wird noch heute bei einfachen Addiermaschinen angewandt.

Geeignet für vier Rechenarten

Der große deutsche Gelehrte Gottfried Wilhelm Leibniz (1646—1716) wandte sich als junger Student vorwiegend den Rechtswissenschaften und der Philosophie zu, jedoch genügten ihm diese beiden wissenschaftlichen Disziplinen nicht. Dem Bedürfnis seiner Zeit entsprechend, strebte er eine universelle Bildung an und richtete seinen Wissensdrang auch auf mathematische Fächer. Dabei lernte er Schriften Pascals kennen, darunter eine Beschreibung der mathematischen Maschine. Von dieser Stunde an ließ ihm der Wunsch, Pascals Maschine weiterzuentwickeln, keine



Ruhe mehr. Er sagte selbst darüber: „Sooft ich etwas Neues lerne, überlege ich sogleich, ob nicht etwas Weiteres für das Leben daraus geschöpft werden könne.“ Sein Ziel bestand darin, statt der Zweispeziesmaschine eine Vierspeziesmaschine für die Grundrechenarten Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division zu bauen, was ihm auch gelang.

Im Jahr 1671 nahm er die Arbeit auf, und schon zwei Jahre später, 1673, reiste er nach London, um vor der Londoner wissenschaftlichen Gesellschaft (Royal Society) zu beweisen, daß es möglich sei, nicht nur Additionen und Subtraktionen, sondern auch Multiplikationen und Divisionen sowie andere Rechenoperationen mechanisch auszuführen. Er war 27 Jahre alt.

Beim Bau seiner Maschine ging er davon aus, daß eine Multiplikation auf die Addition zurückzuführen ist, zum Beispiel bei 6 mal 3, die 6 dreimal oder die 3 sechsmal als Summand gezählt werden muß. Hierfür mußten in der Maschine zwei Zählwerke vorhanden sein: ein Zählwerk, um die Addition auszuführen, und ein zweites, das angibt, wann die Addition abzustoppen ist. Er rüstete deshalb seine Maschine mit einem Einstellwerk zum Zählen und mit einem Resultatwerk aus. Zum stellengerechten Zuordnen des Resultatwerkes gegenüber dem Einstellwerk diente ein verschiebbarer Schlitten. Dieser bestand aus einem Zählrad, das sich auf einer quadratischen Achse befand und, sobald man es von einem zum anderen Ende schob, die Auswahl der betreffenden Zahl erlaubte, die man addieren oder multiplizieren wollte. Für das Eindrehen von einstellbar vielen Ziffernzähnen in das Zählwerk war die Maschine

mit zylinderartigen Zahnrädern, deren Zähne verschiedene Länge hatten, ausgerüstet. Diese Zahnräder ergaben eine Staffelwalze und waren durch ein Zahnrad mit dem Einstellwerk verbunden. Beim Eingeben einer bestimmten Zahl wurde der Schlitten bis zu der Stelle vorgerückt, an der die Staffelwalze die entsprechende Anzahl Zähne hatte. Dazu war eine Handkurbel vorhanden, die das Drehen des Einstellwerks bewirkte. Das Ergebnis konnte auf dem sechzehnstelligen Zählwerk abgelesen werden.

„Mit der Maschine von Leibniz kann jeder Schüler die schwierigsten Berechnungen durchführen“, soll der niederländische Physiker Christiaan Huygens erklärt haben. Dennoch wies das von Leibniz vorgestellte Modell noch einige technische Mängel auf. Die Mitglieder der wissenschaftlichen Gesellschaft ermunterten deshalb den jungen Leibniz, durch einige technische Änderungen seine Erfindung zu vervollkommen. Das ist auch geschehen, Leibniz entwickelte unter Mithilfe des Pariser Handwerkers Olivier diese Maschine weiter. Da sich die Maschine nun als funktionsfähig erwies, konnten 1694 mehrere Exemplare mit Unterstützung des Professors Wagner und des Mechanikers Levin in Helmstedt gebaut werden. Leibniz selbst hat seine Vierspeziesrechenmaschine besonders für geometrische Berechnungen verwendet.

Die Entwicklung der Rechenmaschine ist nur einer unter vielen anderen, bedeutenderen Beiträgen, die Leibniz auf fast allen Wissensgebieten geleistet hat. Durch die Ergebnisse seiner Forschungen hat er dem fortschrittlichen Bürgertum nach dem Dreißigjährigen

Krieg erneut Ansehen verschafft. Die heutige Akademie der Wissenschaften der DDR ist nach seinem Plan 1711 gegründet worden. Leibniz war ihr erster Präsident.

Die ersten Büromaschinen hießen „Millionäre“

Zu Beginn des neuen Jahrhunderts gab es wohl weitere Versuche von Handwerkern und Liebhabern, Rechenmaschinen zu erfinden, aber der Aufwand für ihre Entwicklung und Fertigung war so hoch, daß sich die Mühe oft nicht lohnte. Einige Exemplare dieser Maschinen, die an Pendeluhrn, Kaffeemühlen oder Spieldosen erinnern, sind uns noch erhalten. Zur tagtäglichen Rechenarbeit wurden sie kaum benutzt.

Ein größerer Bedarf an Rechenmaschinen ergab sich erst, als die Auswirkungen der industriellen Weiterentwicklung spürbar wurden. Um 1820 baute zum Beispiel Charles Xavier Thomas eine zuverlässige Rechenmaschine, die bald viele Interessenten und auch Abnehmer fand. Thomas war der Gründer zweier Versicherungsgesellschaften in Paris und beschäftigte eine Vielzahl von Angestellten, die ständig Rechenarbeit auszuführen hatten. Seine Maschine, mit der man in den vier Grundarten rechnen konnte, ist in seinem Auftrag in Großproduktion gefertigt worden. Damit kam zum ersten Mal eine Rechenmaschine in hoher Anzahl auf den Markt. Für die Rechenmaschinenproduktion soll bei Thomas das kapitalistische Bestreben ausschlaggebend gewesen sein, den Lohn für Angestellte einzusparen, um seinen Profit zu steigern.

Rechenmaschine des Italieners Poleni (1709)



Das jetzt notwendige Rechnen mit Millionenwerten, aber auch das Wissen darum, daß mit dem Gebrauch und der Herstellung von Rechenmaschinen Millionen zu verdienen waren, brachte den ersten Büromaschinen den Namen „Millionäre“ ein. Ein solcher „Millionär“ war zum Beispiel die mechanische Addiermaschine, die 1885 der Amerikaner William Burrough konstruierte und auch gut verkaufte, weil durch die zunehmende Mechanisierung auf vielen Gebieten der Industrie und des Handels der Bedarf an solchen Maschinen stark angewachsen war. Mit seinen Maschinen konnte man allerdings nur addieren. Das reichte zunächst für die Kontoführung im Bankwesen oder für die Preisberechnungen in großen Warenhäusern aus. Später, als Maschinen für andere Rechenoperationen benötigt wurden, erweiterte man das Leistungsvermögen der Büromaschinen wieder auf alle vier Grundrechenarten und stattete sie mit einem Rechenwerk und einem Steuerwerk aus. Das Rechenwerk verarbeitete die Zahlen, während das Steuerwerk festlegte, wie und wann eine Rechnung auszuführen war. Im übrigen bestanden auch diese Maschinen aus Dezimalzählrädern mit Mechanismen zum Zehnerübertrag wie die alten Maschinen. Als neue Bestandteile besaßen sie jetzt aber eine Tastatur zur Zifferneingabe sowie eine Vorrichtung zur Ausgabe der Zahlenwerte. Um zu erreichen, daß Rechenmaschinen dem Menschen ständig mehr Arbeit abnehmen konnten, mußte vor allem statt des handbetriebenen ein automatisches Steuerwerk entwickelt werden. Hierauf richteten jetzt die Erfinder von Rechenmaschinen das Augenmerk.

Der perfekte Rechenautomat

Von spuktreibenden Statuen

Zur Zeit des Rokoko (um 1770) bereitete ein Spaziergang im Park von Fontainebleau den Damen und Herren aus Paris das allergrößte Vergnügen. Besonders seitdem es sich herumgesprochen hatte, daß es dort nicht nur die langweiligen, starren Marmorstandbilder wie überall, sondern „lebendige“ Statuen zu sehen gab, die plötzlich mit dem Finger drohten, Spaziergänger mit Wasser übergossen oder auf andere Art ahnungslose Passanten aufschreckten.

Auch in das entlegene Städtchen La Chaux-de-Fonds pilgerten scharenweise Neugierige zum Wachsfigurenkabinett des Uhrmachers Pierre Jacques Droz, um die „wundervollen“ Androiden zu bestaunen. Die Androiden waren Automatenpuppen, die wie ein Uhrwerk aufgezogen werden konnten. Da gab es den Schreiber, der Hände und Finger bewegte, eine Schreibfeder vom Pult nahm, in das Tintenfaß eintauchte und „alles, was man ihm vorsagte“, niederschrieb, wie ein französisches Journal berichtete. Außerdem waren dort auch ein Zeichner, eine Klavierspielerin und eine eiserne Ente ausgestellt. Die eiserne Ente konnte zum Entzücken aller Bewunderer nicht nur von einem Fuß auf den anderen treten und durch die Gegend watscheln, sondern sogar dabei schnattern.

Bei den Androiden bewirkte ein einfacher Mechanismus, daß sie mit den Augen rollen, den Mund öffnen oder sich anderswie bewegen konnten. Die ganze „Zauberei“ verursachten einige miteinander verbundene Nockenscheiben und Hebel, deren Arbeitsweise wir

schon von den addierenden und subtrahierenden Maschinen her kennen. Nur ergänzte bei den Statuen in Fontainebleau den Mechanismus ein Programm, das vorgab, wann die Bewegung auszuführen war. Ein solches Programm für rechnende Maschinen war noch unbekannt, jeder einzelne Rechenschritt beim Addieren und Subtrahieren erforderte stets das Drehen einer Kurbel. Selbst als im Jahr 1840 Geschäftsleute in englischen Gaststätten Automaten aufstellten, die nach Einwurf einer Münze eine Portion Pfeifentabak abgaben, glaubte keiner, daß es je gelingen würde, einen Rechenautomaten zu erfinden. Viel später noch, als in Köln die ersten Schokoladenautomaten oder in Paris die Zeitungsautomaten Aufsehen erregten und Automatenrestaurants eröffnet wurden, galt ein selbsttätig nach einem vorgegebenen Programm rechnender Automat als purer Schwindel. Dabei hatte schon 1833 ein fähiger Mathematiker den Entwurf für einen solchen Rechenautomaten bis ins einzelne durchdacht.

Rechnen nach Plan

Mit Bleistift und Papier nach einem Plan rechnen war um das Jahr 1800 durchaus keine Seltenheit. Das Aufstellen seitenlanger Tabellen für astronomische Zwecke, Umrechnungstabellen für voneinander abweichende Maße und Gewichte oder andere Aufgaben verlangten die Vorgabe von Rechenplänen. In den Rechenbüros wurden Funktionstabellen für vermessungstechnische Arbeiten, wie den Bau von Brücken, Tunnels und Kanälen, aufgestellt oder umfangreiche Zinseszins-, Renten-, Versicherungs- und Steuerlisten

angelegt. Die hierfür erforderliche Rechenarbeit erfolgte stets nach einem aus mathematischen Formeln abgeleiteten Plan. Für solche Rechenpläne gliederten Mathematiker den Ablauf eines Rechengangs in mehrere Teilaufgaben auf und legten die Reihenfolge des Abarbeitens fest. Man nannte ein solches Schema einen Algorithmus.

Die immer umfangreichere Rechenarbeit wurde modernen Rechenknechten überlassen. Diese Hilfsarbeiter kannten zumeist die Gesamtaufgabe nicht, verstanden auch nur wenig vom Rechenplan, mußten aber Teilaufgaben lösen und hierfür pausenlos wie Maschinen addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren. Bei dieser eintönigen, ermüdenden Tätigkeit schlich sich mitunter ein Rechenfehler in die Zahlenlisten ein und wurde unbemerkt vom nächsten Rechner übernommen.

Als der Mathematikprofessor Charles P. Babbage (1792—1871) im Jahre 1812 für seine Vorlesungen an der Universität in Cambridge (England) Logarithmentafeln überprüfte, merkte er, daß sie voller Fehler waren, und entschloß sich, eine Maschine zu bauen, die sicherer, genauer und schneller rechnen konnte als je zuvor ein Mensch. Etwa 10 Jahre lang arbeitete er insgeheim am Modell einer automatisch addierenden Maschine, die anschließend gleich die Tabellen drucken sollte. Wie die Hilfsarbeiter in den Büros sollte sie nach einem Rechenplan arbeiten und dafür mit einer automatischen Steuerung ausgestattet sein. Auf den Gedanken, daß eine solche Konstruktion durchaus möglich sei, brachte ihn eine Erfindung, die kurz zuvor

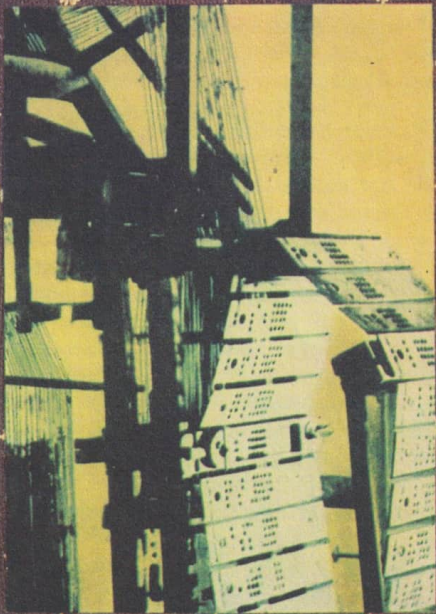
in der Tuchherstellung zu hervorragenden Leistungen geführt hatte.

Der programmierte Webstuhl

Im Jahre 1808 wurde eine Idee geboren, die sich für die Weiterentwicklung automatischer Rechenmaschinen als fruchtbar erwiesen hat: der Bau eines automatischen Webstuhls, der mittels gelochter Kartenbänder gesteuert wurde und das Herstellen gemusterter Stoffe vereinfachte. Der Erfinder war der Franzose Joseph Marie Jacquard (1752—1834). Bei seinem Webstuhl wurde jeder Kettfaden an einer Platine aufgehängt und diese im Takt der auf den Kartonbändern vorhandenen Lochungen angehoben. Ohne Unterbrechung durchliefen die Kartonbänder eine am Webstuhl angebrachte Abtastvorrichtung. Auf diese Weise war es möglich, nach einem Programm mit dem geringsten Aufwand an Arbeit die kompliziertesten Webmuster anzufertigen. Man brauchte nicht wie zuvor mehrere Webstühle, um ein neues Muster herzustellen, sondern wechselte nur noch die Kartonbänder aus. Es wurden also durch diese Erfindung auch Arbeitskräfte und weitere Maschinen eingespart. Obgleich die Zunft der Weber die neue Technik zunächst ablehnte, setzte sie sich doch bald durch und begründete die Überlegenheit der französischen über die andernorts bestehende Seidenindustrie.

Die Idee des vereinfachten Webens mittels eines Programms gab den Anstoß zur Überlegung, ob es denn

Jacquard-Webstuhl mit Lochkartenbändern zum Musterweben



nicht auch möglich sei, gleichbleibende Rechenabläufe durch gelochte Programmkarten so zu steuern, daß eine Rechenmaschine fortlaufend automatisch mehrere Aufgaben lösen könne.

Es war Charles P. Babbage, der das Konzept für einen solchen Rechenautomaten entwarf.

Der Narr von Cambridge

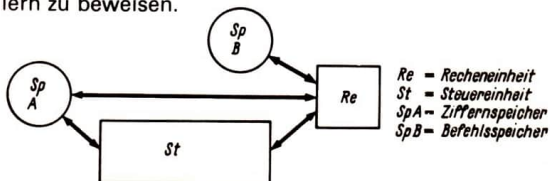
1833 beschloß Babbage, einen Rechenautomaten zu bauen, der sowohl addieren als auch subtrahieren, multiplizieren und dividieren sollte, aber auch Zahlen sortieren und Zahlenwerte vergleichen konnte. Er wollte den Automaten für Auswertungen riesiger Zahlenmassen nutzen, das heißt für Auswertungen, wie sie für komplizierte Aufgaben einer wissenschaftlichen Analyse benötigt werden. Damit strebte er ein Ziel an, das heute die moderne Datenverarbeitung erreicht. Dem sehr anspruchsvollen Ziel entsprach der Name, den Babbage bereits auf den ersten Skizzen seinem Rechenautomaten gab: Er nannte ihn eine analytische Maschine. Das Verfahren, mit dem er glaubte, seinen Plan verwirklichen zu können, war die Kartensteuerung.

Wie Jacquards Webstuhl sollte auch Babbages Maschine eine automatische Steuerung erhalten. Dafür sollte das Programm ebenfalls in Lochkarten gespeichert werden. Babbage entwarf ein Rechenprogramm, das sich auf Kartonkarten durch verschiedenartig zusammengestellte, eingestanzte Löcher übertragen ließ. Wie Jacquard die schönsten, schwierigsten und immer wieder andersartigen Muster mit Hilfe der

Kartonkarten webte, so wollte auch Babbage die vielfältigsten und kompliziertesten Rechenaufgaben mit Hilfe dieser eingelochten Rechenvorschrift lösen. Sein Automat sollte so beschaffen sein, daß nicht für jeden Berechnungstyp eine andere Maschine benötigt wurde.

Jeder, der von dieser Idee erfuhr, schüttelte den Kopf. Die Mathematiker-Kollegen stellten sich Babbages Rechenautomaten als eine phantastisch große Maschine vor. Daß der Automat fähig sein sollte, ohne einen Bediener selbsttätig Rechenvorgänge nach einem Programm abzuarbeiten, überstieg das Vorstellungsvermögen der Menschen jener Zeit. Die Maschine hätte ja ein Zahlengedächtnis wie ein Mensch besitzen müssen. Deshalb hielten alle Babbages Versprechungen für einen unverschämten Bluff und verhöhnten ihn selbst als „crackpot“, einen bedauernswerten Narren.

Babbage arbeitete trotzdem unbeirrt bis zu seinem Lebensende an seinen Plänen weiter. Er war ganz auf sich allein gestellt, wurde von keinem verstanden oder unterstützt. Alle seine Ersparnisse gab er für den Bau des Rechenautomaten aus; denn er kannte kein anderes Ziel mehr, als die Richtigkeit seiner Idee den Zweiflern zu beweisen.



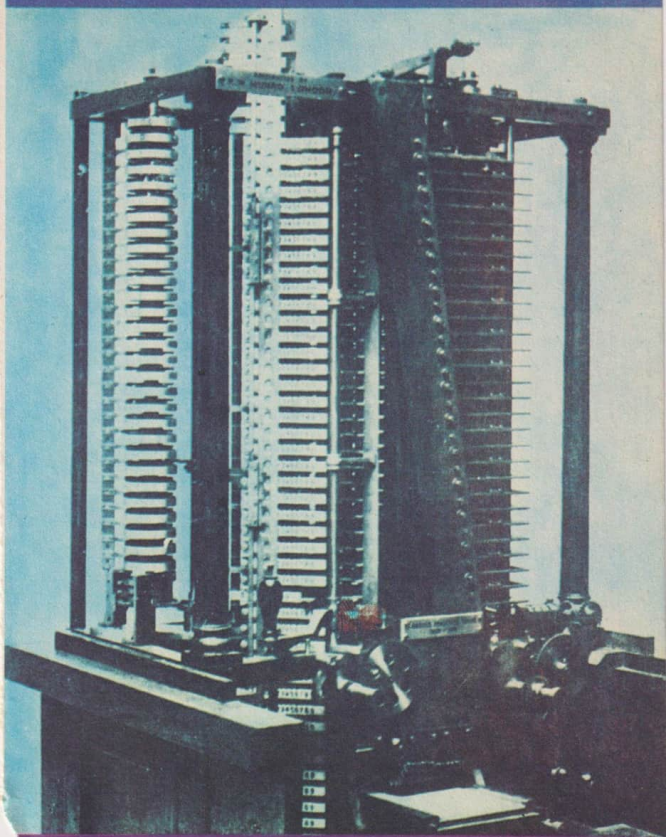
Aus Skizzen und Beschreibungen Babbages kennen wir den Aufbau und die Funktionsweise seiner analytischen Maschine (Abb. Seite 101). Dank dieser Reißbrettkonstruktionen gingen seine Gedanken, die viel später hohe Bedeutung gewinnen sollten, nicht verloren. Sie beweisen, daß er den Grundaufbau moderner Digitalrechner (Ziffernrechner), die heute in vielen Ländern der Welt für die Datenverarbeitung unerlässlich sind, lange bevor diese zum Einsatz kamen, erfunden hatte.

Die drei Baueinheiten des Rechenautomaten

Babbages Rechenautomat sollte drei wichtige Baueinheiten haben. Er nannte sie: store (Vorratskammer), mill (Rechenmühle) und control (Arbeitsaufsicht). Diese drei Teile sind auch heute noch die entscheidenden Baueinheiten jedes Digitalrechners. Wir nennen sie Speicher, Recheneinheit und Steuereinheit.

Im Speicher wollte Babbage alle Zahlen und Zeichen (zusammen Daten genannt) unterbringen, die während einer längeren Rechenoperation benötigt werden. Das Rechenwerk sollte diese Daten verarbeiten und das Steuerwerk die Aufgabe des Maschinenbedieners übernehmen.

Das Neue seines Rechenautomaten war der Speicher. Dieser mußte für die ununterbrochene automatische Arbeitsweise einen großen Vorrat von Zahlen fassen. Babbage wollte tausend fünfstellige Zahlen darin unterbringen. Sie sollten so geordnet sein, daß sie bei



Bedarf sogleich in das Rechenwerk übertragen werden konnten. War ein Arbeitsgang beendet, mußten sie in den Speicher zurückbefördert werden, um neuen Zahlen Platz zu machen und für spätere Arbeiten stets wieder griffbereit zu sein. Da ein großer Zahlenvorrat nur dann etwas nützt, wenn die Maschine weiß, was sie damit verrichten soll – addieren, multiplizieren oder vergleichen –, mußten auch Befehle vorhanden sein. Babbages „Vorratskammer“ bestand deshalb aus zwei Teilen: einem Befehlsspeicher und einem Zahlenspeicher. Diese Teile trennte er voneinander, während in modernen Digitalrechnern Befehle und Daten meist im gleichen Speicher untergebracht sind.

Im Befehlsspeicher sollten Befehle für ganze Serien von Rechenoperationen enthalten sein. Da Babbage wußte, daß sich beim Aufstellen einer Tabelle eine Folge gleichartiger Berechnungen viele Male wiederholt, stellte er für seinen Automaten Rechenprogramme auf, für die vorhandene Ergebnisse sich erneut nutzen ließen. Die Befehle ordnete er so an, daß sie schrittweise ein neues Resultat ermöglichten. Einen solchen Rechenvorgang nennt man Näherungs- oder Iterationsprozeß. Im Entwurf besaß sein Automat alle Voraussetzungen, diesen Prozeß selbsttätig ohne Unterbrechung vorzunehmen.

Die Befehle bestanden aus Aufrufsziffern ähnlich den Telefonnummern, mit denen wir unterschiedliche Gesprächspartner erreichen und mit ihnen verbunden werden. Bei Babbage bedeutete zum Beispiel die Angabe der Zahl 1135 auf der Kartonkarte: Hole die Zahl 25 aus dem Speicher ins Rechenwerk, addiere sie drei-

ßigmal hintereinander, und schicke die Summe von 30 mal 25 in den Speicher zurück.

Das Rechenwerk führte vor allem Additionen aus. Babbage hatte hierfür Dezimalzählräder mit einem Mechanismus versehen, der in nur einer Sekunde eine Addition beendete.

Das Steuerwerk mußte die Bedienerarbeit übernehmen. Seine Aufgabe war der pausenlose Betrieb des Automaten. Es hatte die ständige Verbindung zwischen Befehlsspeicher, Ziffernspeicher und Rechenwerk herzustellen, dazu Befehle und Zahlen programmgemäß zu transportieren. Diese Aufgabe erforderte einen so komplizierten Mechanismus, daß alle damals hierzu verfügbaren technischen Mittel leider viel zu dürftig waren. Das vor allem war der Grund, weshalb Babbages kluge Ideen letzten Endes scheiterten.

Zur Beförderung der Zahlen vom Speicher in das Rechenwerk, von dort zurück in den Speicher und anschließend in das Druckwerk, das die Ergebnisse gleich auf Kartonkarten drucken sollte, standen Babbage nur zehnstellige Zählräder, Nocken und mechanische Schrittschalter zur Verfügung. Die vielen Zählräder waren in langen Reihen angeordnet und mußten so ineinandergreifen, daß ein reibungsloser Befehls- und Zahlentransport gesichert war. Sie sollten fehlerfrei arbeiten und durften vor allem nicht verklemmen. Das aber brachte Babbage trotz größter Mühe nicht zustande. Als er im Alter von 79 Jahren starb, hinterließ er eine für die praktische Arbeit nutzlose Maschine. Seine Hoffnung, die Durchführbarkeit seiner Idee zu beweisen, blieb unerfüllt.

Hundert Jahre später, nachdem durch die Elektrotechnik und die Elektronik neue Möglichkeiten der sicheren Funktionsweise von Rechenautomaten erschlossen worden waren, bestätigte sich das, was Babbage vorausgesehen hatte: Die Konzeption seiner analytischen Maschine wurde als eine der genialsten Erfindungen anerkannt.

Lochkartentechnik — heute noch gebraucht

Veränderte Umwelt

Von allen Arbeitsinstrumenten, die der Mensch erfunden hat, brachten diejenigen den größten Vorteil für die Arbeit, mit denen Energie aus der einen Form in andere Formen umgewandelt werden kann. Ein Arbeitsmittel dieser Art war die Dampfmaschine: Mit ihrer Hilfe wurde aus der Energie des Wasserdampfes Wärme- und Bewegungsenergie. Die mit Dampfkraft betriebenen Maschinen nahmen den Menschen schwere körperliche Arbeit ab. Noch revolutionierender wirkte die Nutzung der Elektroenergie. Sie half den Menschen darüber hinaus, geistige Leistungen um ein Vielfaches zu steigern.

Dampfkraft und Elektroenergie veränderten die Umwelt der Menschen. Dampfschiffe, Eisenbahnen, elektrische Telegrafen, später auch Telefone gehörten nach und nach zum Alltagsbild. In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, besonders in der Zeit von 1870 bis 1913, löste die technische Entwicklung tiefgreifende Veränderungen des gesamten wirtschaftlichen und

3

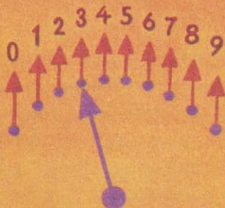
mit Rechenmarken



durch die Zähne
des Zählrades



durch
Schaltpositionen
des
Schrittschalters



durch
Impulszüge



manuell

mechanisch

elektrisch

elektronisch

gesellschaftlichen Lebens aus. Große Industriezentren, ausgedehnte Handelsverbindungen zwischen den Kontinenten entstanden jetzt. Immer dichter wurde das Verkehrsnetz, immer schneller mußten Nachrichten vermittelt werden. Der Bedarf an Rohstoffen und Waren nahm derart zu, daß die Art zu produzieren grundlegend verbessert, ja völlig neu gestaltet werden mußte. Besonders Eisen, Stahl und Kohle benötigte man allerorts. Auf der Welt stieg in diesem Zeitraum die Roheisenerzeugung von 12,1 Millionen auf 76,5 Millionen Tonnen und die Kohleförderung von 213 Millionen auf 1342 Millionen Tonnen an.

Die gewaltigen Veränderungen in der Industrie, im Verkehrswesen und in der Nachrichtentechnik bewirkten eine so ungeheure Umwälzung, daß sie als technische Revolution bezeichnet wurden. Was Karl Marx und Friedrich Engels schon 1848 im Kommunistischen Manifest gesagt hatten, galt jetzt erst recht: „Welches frühere Jahrhundert ahnte, daß solche Produktionskräfte im Schoße der gesellschaftlichen Arbeit schlummerten?“

Eine Unmenge von Dokumenten

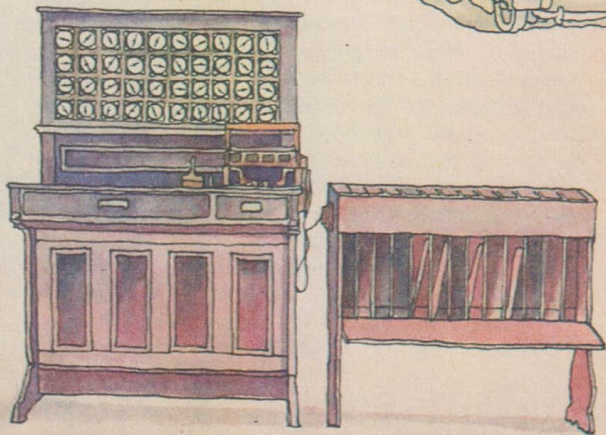
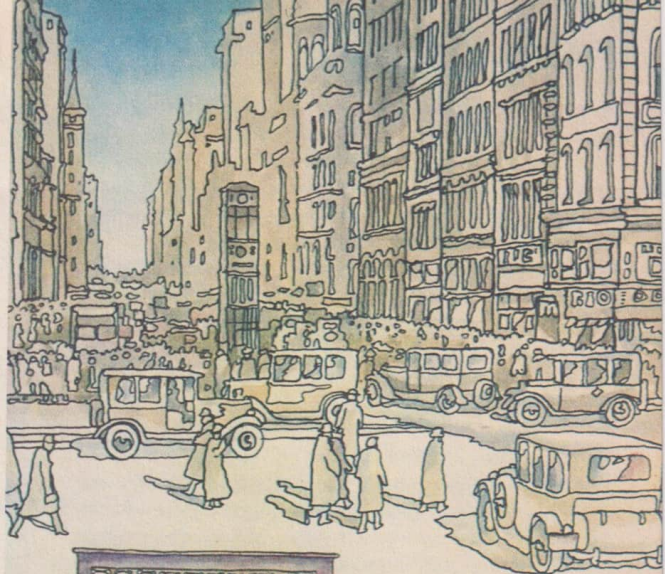
Mit der Entwicklung des Handels und der Industrie wuchs die Menge an schriftlichen Dokumenten zu einer riesigen Papierflut an. Berge von Briefen, Rechnungen, Listen, Tabellen und Warenscheinen häuften sich auf den Schreibtischen in den Büros. Es genügte jetzt nicht mehr, unverzüglich eine Nachricht zu erhalten, sie mußte zielgerichtet und umfassend informieren, am richtigen Ort zur richtigen Zeit verfügbar sein. Vor allem

sollte sie Aussagen enthalten, die sich sofort nutzen ließen. Für Auskünfte solcher Art waren manuelle Bearbeitungsmethoden unzureichend. Der Bedarf an Büromaschinen stieg. Für die statistische Auswertung wurden Rechenautomaten benötigt, deren Weiterentwicklung seit Babbage arg ins Stocken geraten war. In das späte 19. Jahrhundert reicht die Geschichte der Lochkartentechnik zurück. Sie führt in die Volkszählungsbüros der USA, in denen Veränderungen, die sich durch das Einwandern so vieler Menschen aus allen Teilen der Erde ergaben, schriftlich festgehalten und statistisch aufbereitet wurden.

Die Verfassung der USA schrieb vor, daß alle zehn Jahre Volkszählungen durchzuführen waren. Anfangs erfolgte das Berechnen der Ergebnisse für die Statistik nur mit der Hand. Dazu brauchten fünfhundert Mitarbeiter die lange Zeit von siebeneinhalb Jahren. Lagen die fertigen Listen endlich vor, hatte sich in der Zwischenzeit so vieles geändert, daß die Angaben bereits überholt und nutzlos waren.

Als die zehnte Volkszählung vorbereitet wurde, beauftragte das Statistische Amt in Washington den jungen Bergwerksingenieur Hermann Hollerith (1860—1929), einen Deutschamerikaner, die Auswertung der Ergebnisse zu leiten. Hollerith wurde als Sachbearbeiter für die Fabrikationsstatistik eingesetzt. Er sollte Übersichten anlegen, aus denen sich wichtige Hinweise für den Warenbedarf in den nächsten Jahren, den Bau neuer Fabriken, den Einsatz von Arbeitern in den Industriezweigen, über die damit verbundenen notwendigen Ausgaben und möglichen Einnahmen der

Staaten ergaben. Dazu mußte er etwa 62 Millionen Fragebögen nach 36 verschiedenen Gesichtspunkten auswerten, und zwar sollte er statt in siebeneinhalb Jahren möglichst schon nach zwei Jahren damit fertig werden. Er war in der allergrößten Verlegenheit. In seinem Büro häuften sich die Papiermassen zu riesigen Stapeln. Um die Arbeit zu vereinfachen, entwarf er zunächst Zählblättchen in der Größe der damaligen 20-Dollar-Note. Das Zählblättchen ersetzte den Fragebogen und bot den Vorteil, daß es sich viel besser ordnen ließ. Auf dem Zählblättchen waren die zutreffenden Aussagen nur anzukreuzen. Damit hatte er ein primäres statistisches Dokument zur Weiterverarbeitung geschaffen, das den Kartonkarten Jacquards zur Steuerung von Webstühlen glich. Ein genialer Einfall brachte ihn darauf, die angekreuzten Angaben auf den Zählblättchen abzulochen und eine Zählpresse zu bauen, die über so viele Kontaktstifte verfügte, wie jedes Zählblättchen Felder enthielt. Die Zählblättchen legte er jetzt nur noch zwischen zwei Kontaktplatten, von denen ein Verbindungskabel zu einem elektrischen Zählwerk führte. Sobald die Kontaktplatten wie eine Presse geschlossen wurden, ergab sich immer dort, wo sich in den Zählblättchen ein Loch befand, automatisch eine Stromverbindung, die den Zeiger eines Zählwerkes um einen Grad weiterschob. Mit dieser Zähl- und Sortiermaschine, deren Entwicklung Hollerith 1886 abgeschlossen hatte, beendete er die umfangreichen Arbeiten noch vor dem Termin.



Als die Ergebnisse der elften Volkszählung 1890 auszuwerten waren, setzte er nur noch seine inzwischen verbesserten Zähl- und Sortiermaschinen ein. Wozu früher siebeneinhalb Jahre und fünfhundert Hilfskräfte benötigt worden waren, das konnte er jetzt mit dreiundvierzig Maschinen und jeweils nur einer Person zu ihrer Bedienung in der erstaunlich kurzen Zeit von nur vier Wochen schaffen. Die Lochkarte und die Verwendung der Schwachstromtechnik hatten ihm diesen Zeitgewinn gebracht. Nicht nur vielen Arbeitskräften war langwierige, eintönige Arbeit abgenommen worden, die Anwendung seiner Maschinen war auch viel billiger als das Auswerten mit der Hand.

Immer wieder Mischen, Sortieren, Tabellieren

Seitdem wurden viele Lochkartenmaschinen entwickelt, mit denen sich die Leistung steigern und der Aufwand weiter verringern ließ. Mit ihnen konnten nicht nur massenhafte Zähl- und Rechenarbeiten schneller, billiger und genauer bewältigt werden als mit Menschenkraft, sondern auch das aufwendige Mischen und Sortieren der Karten sowie das Zusammenstellen von langen Zahlentabellen erfolgte jetzt maschinell. In welcher Reihenfolge immer wieder Karten zu mischen, zu sortieren und zu tabellieren waren, das wurde vor der Arbeit in einem Programm für die Maschinen festgelegt. Dieses Programm bestand aus Schaltanweisungen für Stromanschlüsse und wurde in eine Stecktafel gestöpselt. Das Herstellen von Steckver-

Lochkarte, Lochband und Magnetband

bindungen erinnert an die Arbeit der Telefonistinnen in den Telefonzentralen. Auch sie müssen in einem Gewirr von einander überkreuzenden Anrufen die richtige Verbindung zwischen zwei Gesprächspartnern ermöglichen. Im Gegensatz zur automatischen Programmierung moderner elektronischer Rechenanlagen verlangt die Arbeit mit Lochkartenmaschinen, daß für jede neue Rechenaufgabe auch ein neues Stecktafelprogramm vorhanden ist. Wird auch nur ein Stöpsel an der falschen Stelle in die Stecktafel gesteckt, dann ist weder ein einwandfreier Arbeitsablauf noch ein fehlerfreies Ergebnis zu erreichen.

Aus den Zählkarten hat Hollerith solche Lochkarten entwickelt, wie sie heute noch verwendet werden. Wir sehen eine dieser Lochkarten auf der Abbildung Seite 113. Sie ist 18,7 cm lang, 8,2 cm hoch und in 80 Spalten eingeteilt. Auf ihr sind die Ziffern 0 bis 9 eingetragen. In der Kopfzeile sind weitere Angaben enthalten, die als Zahlenschlüssel für die Bedeutung der eingelochten Stellen dienen, zum Beispiel die Wörter: Werk, Monat, Artikel-Nr., Lager, Ausgabemenge und Verrechnungspreis. Betrachten wir die Lochstellen genau, dann lassen sich auf unserer Lochkarte folgende Angaben ablesen: Sie stammt aus dem Werk 13 eines Kombinats, wurde im April ausgestellt, bezieht sich auf den Artikel Nr. 10.110.221 im Lager 2, der 0,32 Mark kostet. Entnommen wurden aus dem Lager genau 460 Stück dieses Artikels. Von den Maschinen können die Lochkarten durch Abtasten gelesen und zu immer wieder neuen Tabellen zusammengestellt werden, die nach den verschiedenen Jahren und Monaten oder den Lagern eines

Werkes, nach den Artikelnummern, dem Preis oder auch der Anzahl der verkauften Waren in aufsteigender Reihenfolge geordnet sind.

Was Elektroenergie und Elektronik vermögen

Signale und Impulse

Babbage kannte die Elektroenergie noch nicht, geschweige denn die Elektronik. Er konnte nicht wissen, daß von allen Übertragungsmöglichkeiten die mittels Elektroenergie die sicherste und schnellste ist.

Sie verlangt keine komplizierten Mechanismen für den Übertragungsweg. Zum Weiterleiten elektrischer Signale genügen Kabel, zum Übertragen elektronischer Impulse Kabel oder Röhren.

Elektroenergie und Elektronik schufen die Voraussetzungen dafür, nicht nur elektromotorisch angetriebene Rechenmaschinen, sondern informationsverarbeitende Rechenanlagen zu bauen. Als Wissenschaftler erkannten, daß sich Buchstaben und Ziffern durch elektrische Signale oder elektronische Impulse wiedergeben lassen, lösten in kurzen Zeitabständen immer leistungsfähigere Digitalrechner (elektronische Ziffernrechner) einander ab.

Aber bis dahin war noch ein weiter Weg. Der Bau solcher Rechenmaschinen setzte eine Reihe anderer Erfindungen voraus, zu denen beispielsweise der 1837 von dem Amerikaner Morse erfundene Schreibtelegraf gehörte.

Dieser Schreibtelegraf gibt elektrische Stromstöße (Impulse) in einer Zeichensprache, in Signalen, wieder, die aus Punkten und Strichen in verschiedener Anordnung

für Buchstaben und Zahlen besteht. Zum Beispiel

a . -	1 . - - - -
b - . . .	2 . . - - -
c - . . .	3 . . . - -
d - . .	4 -

Punkt bedeutet ein kurzes, Strich ein langes Signal.

Mit diesen Signalen ließen sich Telegramme, aber auch umfangreichere Texte über weite Entfernungen vermitteln. Der Nachrichtenaustausch zwischen Amerika und Europa erforderte keine langen Wartezeiten mehr. Bei Digitalrechnern lassen sich Buchstaben und Ziffern ebenfalls durch nur zwei Zeichen wiedergeben: 0 und L (für L auch 1). Beide Zeichen entsprechen den zwei-stabilen (bistabilen) Zuständen der Schaltelemente dieses Rechners. Ziffern aus diesen Zeichen werden deshalb auch Binärziffern (aus zwei Einheiten gebildete Ziffern) genannt.

Mit Binärziffern rechnen

Binärziffern lassen sich dadurch gewinnen, daß ein Relais geschlossen oder offen ist, eine Elektronenröhre oder ein Transistor Strom leitet oder nicht, ein Magnetkern entweder positiv oder negativ gesättigt ist.

Ähnlich den Punkten und Strichen des Morsealphabets ergeben sich aus den Zeichen 0 und L folgende Buchstaben und Ziffern

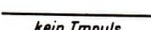
A	0L0L	1	000L
B	L0LL	2	00L0
C	LL00	3	00LL
D	L0LL	4	0L00
E	LLL0	5	0L0L

Mit Folgen dieser beiden Zeichen lassen sich aus mehreren Ziffern bestehende Zahlen, aber auch Worte bilden.

Soll der Digitalrechner eine Rechenaufgabe lösen, ist das für ihn nicht kompliziert, weil das Binärsystem nur zwei Zahlenwerte kennt: $0 = 0$, $L = 1$.

Für eine Addition genügen folgende Grundkenntnisse: 0 plus 0 gibt 0; 0 plus 1 gibt 1; 1 plus 1 gibt 0 (merke 1 für den Übertrag).

Beispiel:	2	0010	00L0
	+ 3	+ 0011	+ 00LL
	5	0101	0L0L

Binärziffern	0	1
Relais	 offen	 geschlossen
Flip-Flop	 aus	 ein
Magnetkern	 negativ gesättigt	 positiv gesättigt
Elektronenröhre	 nicht leitend	 leitend
Transistor	 nicht leitend	 leitend
elektrisches Signal	 kein Impuls	 Impuls

So stellen die Bauteile einer elektronischen Rechananlage Binärziffern dar

Beim Multiplizieren beschränkt sich das Einmaleins auf die Tatsache: 0 mal 0 gibt 0; 0 mal 1 gibt 0; 1 mal 1 gibt 1 (= L).

Subtraktions-, Multiplikations- und Divisionsaufgaben werden vom Digitalrechner eigentlich nur mit Hilfe der Addition gelöst. Er addiert, addiert und addiert in rasender Geschwindigkeit die Werte 0 und 1 (L). Diese Operation führen im Rechenwerk die Adder aus. Außerdem befindet sich in seinem Arbeitsspeicher eine Additionstabelle, in die alle möglichen Ergebnisse schon eingetragen sind, so daß er sie nur abzurufen braucht. Für ein Rechenexempel, bei dem 100 Gleichungen mit 100 unbekannten Zahlen zu berechnen sind, benötigt heute ein nur mittelschneller elektronischer Ziffernrechner (Digitalrechner) knapp 10 Minuten. Ein Mensch, nur mit Papier und Bleistift ausgerüstet, müßte zur Lösung dieser Aufgabe etwa 681 500 Rechenoperationen vornehmen und wäre damit fast 5 Jahre lang beschäftigt.

Die elektronische Wippe

Wir haben auf Seite 116 gelesen, daß Digitalrechner Schaltelemente haben, die nur zwei stabile Zustände annehmen: einen Impuls sperren oder ihn weiterleiten. Um diese Eigenschaft zu nutzen, wurde eine Grundschaltung aufgebaut, die der Bewegung einer Kinderwippe ähnelt und als Flip-Flop-Schaltung bezeichnet wird. Das Wort Flip-Flop stammt aus der englischen Sprache und bedeutet soviel wie Wippe.

Wir wissen, daß sich die Stellung einer Wippe nur dann verändert, wenn auf sie eine Kraft einwirkt. Sobald sich

auf jedes Ende der Wippe eine Person setzt und beide Personen sich abwechselnd kräftig mit den Beinen abstoßen, kommt sie in Bewegung. Das Auf und Ab der Wippe bezeichnen wir als Umschlag.

Bei der Flip-Flop-Schaltung eines elektronischen Schaltkreises (Trigger) aus Elektronenröhren oder Transistoren wirkt das Zuführen eines positiven Impulses wie das Abstoßen bei der Wippe. Es löst einen Umschlag aus.

Nehmen wir an: Röhre 1 sperrt (L), Röhre 2 leitet weiter (0).

Ein weiterer positiver Impuls bewirkt bei beiden Röhren eine Veränderung. Der Umschlag findet statt: Röhre 1 leitet weiter (0), Röhre 2 sperrt (L).

Mit Hilfe der Flip-Flop-Schaltung war es möglich, aus Folgen der Zeichen 0 und L Daten und Befehle zu gewinnen, sie zu speichern und auch zu verarbeiten.

Es lassen sich jedoch mit den Zeichen 0 und L nicht nur Rechenoperationen vornehmen, sondern auch Informationen vergleichen. Die elektronischen Adder (Addierer) besitzen nämlich eine sehr interessante Eigenschaft. Sie geben Summsignal ab, wenn die Eingangszeichen ungleich sind (0 und L; L und 0). Sind dagegen die Eingangszeichen gleich, ertönt kein Signal. Diese Eigenschaft erlaubt folgende Anwendung:

— Die Gleichheitsfeststellung. Mit ihr wird das Übertragen von Steuerbefehlen kontrolliert. Von einem Programm kann zum Beispiel dann in ein anderes gesprungen werden, wenn zwei Binärziffern bei einem Vergleich identisch (gleichlautend) sind.

— Die Ungleichheitsfeststellung. Sie wird für Prüf-

schaltungen verwendet. Bei richtigen Ergebnissen müssen die Ausgangssignale ebenfalls identisch sein. Ungleichheit der Zeichen zeigt einen Fehler an.

Auf diese Weise wird das Übertragen von Informationen im Digitalrechner überwacht und können im Arbeitsspeicher vorliegende Informationen mit Originalinformationen auf den Zusatzspeichern verglichen werden.

Auch logische Verknüpfungen lassen sich mit dieser Schalttechnik vornehmen. Sie werden benötigt, um Entscheidungen vorzubereiten. Dabei bedeuten: 0 = unwahr, L = wahr. Mit diesen beiden Zeichen werden Rechenvorschriften aufgebaut.

Vereinbaren wir beispielsweise mit unserem Freund: Wenn es Sonntag ist UND die Sonne scheint, dann zelten wir, so wird uns die Rechenmaschine bei der Entscheidung, ob das möglich ist, unterstützen. Sie vergleicht, wie weit die Bedingungen zutreffen (Sonntag, Sonne) durch folgende Formel und läßt uns ihre Zustimmung oder Ablehnung wissen:

Sonne, Sonntag $\longrightarrow$ wahr $\wedge$ wahr $\longrightarrow$ Zustimmung: $L \wedge L \longrightarrow L$; Sonne, aber Dienstag $\longrightarrow$ wahr $\wedge$ unwahr $\longrightarrow$ Ablehnung: $L \wedge 0 \longrightarrow 0$

Regen, obgleich Sonntag $\longrightarrow$ unwahr $\wedge$ wahr $\longrightarrow$ Ablehnung: $0 \wedge 1 \longrightarrow 0$

($\wedge$ bedeutet UND-Verknüpfung)

Die Aussagen werden mit Addierschaltungen gewonnen.

Das Sperren (L) oder Weiterleiten (0) eines elektronischen Impulses löst die Antwort aus. Ob wir zelten können oder nicht, weil alle Bedingungen zutreffen

oder nicht zutreffen, brauchen wir von keinem Kalender oder Thermometer abzulesen, das zeigt uns die Rechenmaschine auf dem Bildschirm an.

Das Speichern von Signalen

Als die Entwicklung der Telefonie so weit gediehen war, daß man das Telefon für den Hausgebrauch einsetzen konnte, wurde es notwendig, Telefonnetze aufzubauen und durch Zuordnen von Nummern zu jedem der vielen tausend Apparate ein Abrufsystem zu schaffen.

Ein solches System eignet sich auch für das Adressieren der Speicherplätze einer Rechenanlage.

Jede Telefonadresse besteht aus einer Ziffernfolge, die durch Drehen der Wählerscheibe des Apparates in eine Folge elektrischer Impulse umgewandelt wird. Die Nummer 50 63 98 löst zuerst 5 Impulse, dann 10, 6, 3, 9 und 8 Impulse nacheinander aus. Meldet sich der Gesprächsteilnehmer 50 63 98, so werden wir von ihm andere Informationen erhalten als zum Beispiel von den Teilnehmern der Nummern 24 30 01 oder 56 73 74.

Ebenso ist es im Speicher der Rechenanlage. Jeder Aufruf einer Adresse schickt andere Ziffernfolgen – wieder in Form elektrischer Impulse – auf den Weg zum Rechenwerk. Deshalb muß im Speicher der Rechenanlage die gleiche Ordnung wie in einer Telefonzentrale herrschen.

Schlagen wir ein Telefonbuch auf, so sehen wir Nummern über Nummern eingetragen. Auch für die Rechenanlage, die uns bei schwierigen Aufgaben der Forschung und Entwicklung unterstützen soll, ist es

wichtig, möglichst viele Adressen-Nummern vorrätig zu haben, da in großer Anzahl eingespeicherte Ziffern und Zeichen miteinander verglichen werden müssen. Deshalb wurden zusätzlich zur Lochkarte, die nur bis zu 80 Zeichen faßt, neue Zeichen- oder Datenträger entwickelt, zuerst das bis zu 300 Meter lange Lochband, auf das in acht nebeneinanderlaufenden Spuren bis zu 120 000 Zeichen aufgenommen werden können. Später kamen das Magnetband und die Magnetplatte hinzu. Das Magnetband ist einem Tonband sehr ähnlich. Es ist 730 Meter lang. Auf ihm lassen sich in sieben bis neun Spuren 20 Millionen Zeichen magnetisch speichern.

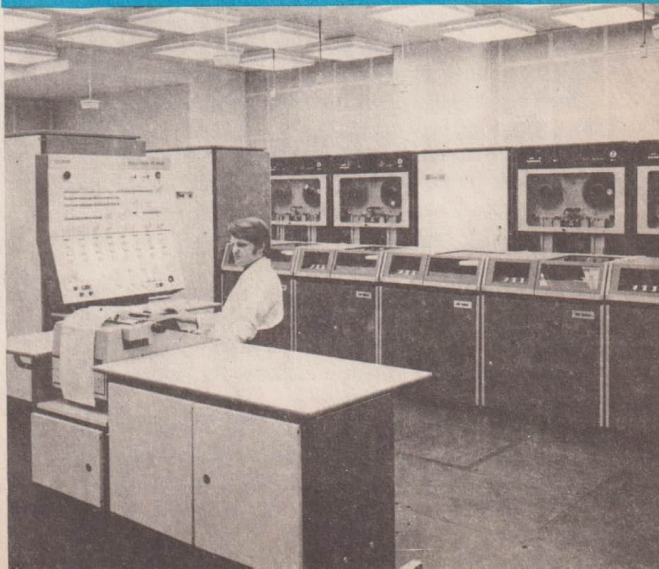
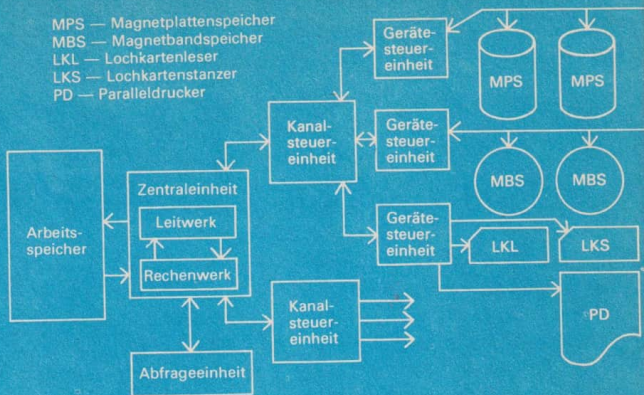
Je mehr solcher Speicher dem Digitalrechner zur Verfügung stehen, um so größere Mengen an Informationen kann er verarbeiten. Die aus den Speichern kommenden Zeichen werden an elektronischen Schreib- und Leseköpfen vorbeigeführt, die die Zeichen entziffern. Wichtig ist, daß die Zeichen möglichst schnell in das Rechenwerk gelangen.

Aufbau und Arbeitsweise des Digitalrechners

Woraus die Zentraleinheit besteht

Beim modernen Digitalrechner sind, darüber lasen wir schon, der Speicher, das Rechenwerk und das Steuerwerk die wichtigsten Baueinheiten. Zusammengekommen bilden sie die Zentraleinheit. Der Arbeitsspeicher enthält einen Vorrat der am meisten be-

MPS — Magnetplattenspeicher
 MBS — Magnetbandspeicher
 LKL — Lochkartenleser
 LKS — Lochkartenstanzer
 PD — Paralleldrucker



nötigten Informationen, das Rechenwerk verarbeitet sie, und das Steuerwerk regelt den Gesamtablauf ihrer Verarbeitung.

Obgleich sich der Grundaufbau des Rechenautomaten (Speicher, Rechenwerk, Steuerwerk) seit Babbage nicht verändert hat, weisen doch die Baueinheiten seiner analytischen Maschine und die der modernen Rechenanlagen keine Ähnlichkeit mehr auf.

Der Speicher besteht heute zumeist aus kleinen magnetisierbaren Ringen, die einen Innendurchmesser von nur 0,5 Millimetern haben und 4000 bis 5000 Daten oder Befehle speichern können. Damit Umschaltungen in rascher Folge möglich werden, sind auf dem Magnetkern im Innern eines jeden Ringes Wicklungen angebracht. Außerdem sind die Magnetkerne auf ein Drahtgitter aufgefädelt und bilden so ein Netz. Ist ein Magnetkern negativ gesättigt, entspricht das dem Zeichen 0, ist er positiv gesättigt, dem Zeichen 1. Da die Magnetkerne durch das Netz zu einer Kette verbunden sind, können durch Taktimpulse (Treiberimpulse) die Zeichen 0 und 1 sehr schnell von Kern zu Kern übertragen werden. Nach den Kernen werden diese Speicher Kernspeicher genannt.

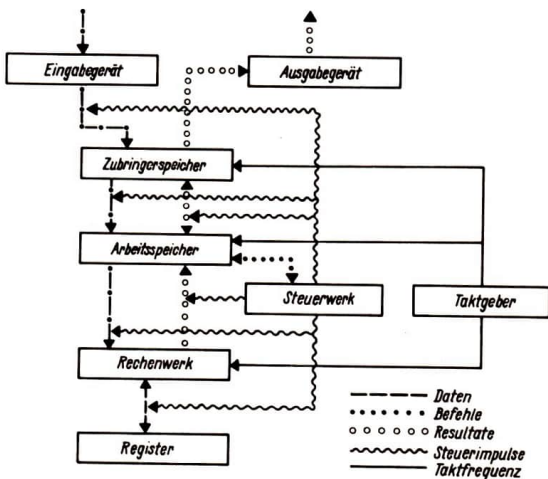
Das Rechenwerk besteht aus flachen Platten mit aufgedruckten Leitungen. Die Platten stecken in großen Rahmen und werden durch Steckkontakte festgehalten. Das Rechnen übernehmen elektronische Addierwerke (Addierer).

Die wichtigsten Bestandteile des Steuerwerks sind Kabel, darunter ein Standardanschlußkabel, das die Zentraleinheit mit den Eingabe- und Ausgabegeräten,

den Zusatzspeichern und den Datenfernübertragungsgeräten verbindet.

So arbeitet der Digitalrechner.

Im Arbeitsprozeß übernimmt das Steuerwerk die Aufgabe eines Kommandeurs. Es sendet fortlaufend Steuerimpulse (Befehle) aus. Dabei wird es vom Taktgeber wie von einem Assistenten unterstützt. Die Steuerimpulse sind auf dem Blockschaltbild (unten) durch Wellenlinien gekennzeichnet.



Blockschaltbild einer elektronischen Rechananlage

Sie machen deutlich, daß das Steuerwerk des Digitalrechners ein umfangreiches Schaltsystem darstellt. Alle modernen Digitalrechner haben eine automatische Programmsteuerung. Dabei wird innerhalb der Zentraleinheit stets der gleiche Arbeitsablauf wiederholt:

1. Ein Befehl wird aus dem Arbeitsspeicher geholt.
2. Das Steuerwerk entschlüsselt den Befehl und legt anhand der im Befehl enthaltenen Angaben die Art der Aufgaben (Addieren, Multiplizieren, Vergleichen usw.) und deren Reihenfolge (z. B. erst Addieren, dann Multiplizieren) fest.
3. Daraufhin fordert das Steuerwerk aus dem Arbeitsspeicher die für das Abarbeiten des Befehls benötigten Daten an und schickt sie in das Rechenwerk.
4. Jetzt erfolgt die Verarbeitung im Rechenwerk.
5. Daten und Befehl werden an den Ausgangsort zurückgeschickt.

Ist diese Aufgabe beendet, folgt sofort die Entnahme des nächsten Befehls, und der Arbeitsablauf wird im gleichen Rhythmus fortgesetzt. So arbeitet der Digitalrechner mit Hilfe des Steuerwerkes das gesamte Programm ab.

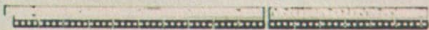
Zusatzgeräte ergeben eine Rechenanlage

Kommen wir in ein Rechenzentrum, so sehen wir, daß der Digitalrechner nicht nur aus der Zentraleinheit besteht. Zuerst fällt uns das Kontrollpult auf, das mit der Zentraleinheit verbunden ist. Auf dem Kontrollpult

Im modernen Rechenzentrum: Geräte eines Rechnersystems und sein Arbeitsschema

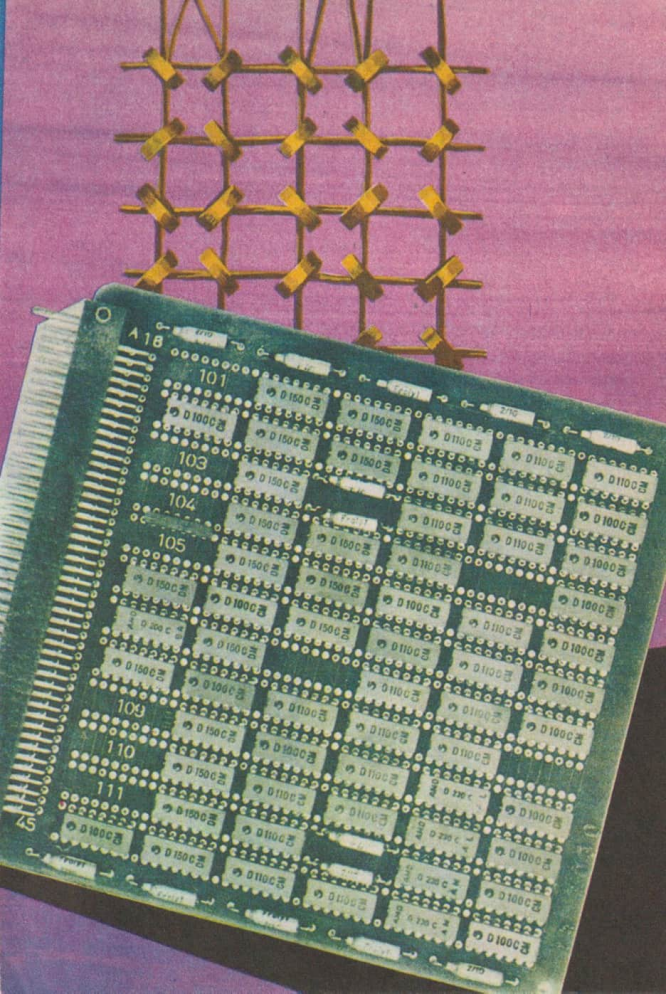
100 AUTOMATIC PICKING CONTROLLED 10000000

ROBOTRON EC 2040



befinden sich neben den Schaltern für „Start“ und „Stop“ auch Tasten, mit denen jede der Baueinheiten des Digitalrechners, besonders das Steuerwerk, gesondert ein- und ausgeschaltet werden kann. Das Ausschalten einer Baueinheit gewinnt vor allem dann Bedeutung, wenn ein Fehler erkannt worden ist, der rasch berichtigt werden muß, während andere Programmteile weiterlaufen.

Außer der Zentraleinheit und dem Kontrollpult besitzt der Digitalrechner meist mehrere Eingabe- und Ausgabegeräte sowie eine Vielzahl von Zusatzspeichern, so daß er sich aus einer Anlage mit vielen einzelnen Geräten zusammensetzt. Die Eingabegeräte bereiten alle für die Verarbeitung in der Zentraleinheit wichtigen Daten und Befehle vor. Sie „lesen“ und „sortieren“ die Ziffern, Zeichen und Worte, die in die Zentraleinheit des Digitalrechners zur Verarbeitung gelangen sollen. Die Ausgabegeräte dagegen drucken und schreiben die Resultate für den Menschen lesbar aus. Da Ein- und Ausgabegeräte mit geringeren Geschwindigkeiten arbeiten als das sehr schnelle Rechenwerk in der Zentraleinheit, aber kein Zeitverlust entstehen soll, werden mehrere dieser Geräte gleichzeitig benutzt. Auch die vielen Zusatzspeicher ermöglichen erst, daß der Digitalrechner hintereinander und gleichzeitig eine Vielzahl von Programmen abarbeiten kann. Diese Speicher sind das „Gedächtnis“ des Digitalrechners. Je umfangreicher ein Gedächtnis ist, das wissen wir aus dem Unterricht in der Schule, um so besser und um so



schneller können wir auf Fragen antworten. Das ist bei dem Digitalrechner ebenso. Da er für die unterschiedlichsten und kompliziertesten Aufgaben eingesetzt werden soll, müssen ihm große Datenmengen zur Verfügung stehen. Für einen Digitalrechner werden deshalb unzählig viele Daten auf Lochkarten, Lochbändern, Magnetbändern und Magnetplatten in langen Schrankreihen aufbewahrt. Je nachdem, für welche Wissensgebiete auf Zusatzspeichern Daten vorhanden sind, kann der Digitalrechner Aufgaben der Medizin, der Chemie, der Statistik, der Sprachwissenschaft, Information und Dokumentation oder der Steuerung von Arbeitsprozessen übernehmen.

Weil ein Digitalrechner aus mehreren Baueinheiten und Zusatzgeräten besteht, bezeichnen wir heute alle seine Bestandteile insgesamt als Rechenanlage.

Ein Traum wird Wirklichkeit

Bestauntes „Wunder der Technik“

Als im Februar 1946 das geheimnisvolle Schweigen um den ersten Computer ENIAC (USA) gebrochen wurde, lösten sein Aussehen und seine Arbeitsweise großes Erstaunen aus. Der ENIAC war ein Koloß von 30 Tonnen Gewicht und brauchte eine Fläche von 12 Meter mal 6 Meter Raum. Aber er rechnete zweitausendmal schneller als alle Rechner, die es bisher gegeben hatte. Diese Überlegenheit verdankte er einem Netz von elektronenbestückten Triggern (Schaltkreisen). Insgesamt

Älteste elektronische Rechenanlage MARK I und moderne Anlage ES 2040



war er aus 500 000 Einzelteilen, darunter 18 000 Elektronenröhren, 10 000 Kondensatoren und 6000 Schaltern, aufgebaut. Schon das weckte die Vorstellung, daß er ein „Wunder der Technik“ sei.

Mit Elektronenröhren ausgerüstet waren beispielsweise auch die ersten sowjetischen Anlagen BESM, URAL und STRELA. Anstoß zur Weiterentwicklung gab der Wunsch nach noch schnelleren, kleineren und billigeren Maschinen. Die 18 000 Elektronenröhren des ENIAC erforderten für ihren Betrieb zum Beispiel die gesamte Energie, die ein mittleres Kraftwerk liefern konnte. Außerdem war die Störanfälligkeit der Geräte mit Elektronenröhren sehr groß. Als deren Ablösung durch Transistoren und Dioden erfolgte, zeigte sich bei einer ersten Probe mit diesen neuen Bauteilen, daß von 1000 Transistoren in 10 000 Betriebsstunden nur ein einziger Transistor gebrauchsunfähig wurde, während in der gleichen Zeit mehrere Tausend von Elektronenröhren ausgewechselt werden mußten.

Mit Transistoren und Dioden versehene Rechenanlagen benötigen weniger Energie, keine Kühlanlagen und arbeiten vor allem sicherer. Sie sind in ihren Abmessungen viel kleiner als Rechenanlagen mit Elektronenröhren und dadurch besser einsetzbar. Zu diesen Rechnern gehören die in der Sowjetunion entwickelte Rechnerfamilie MIR oder die in der DDR gebaute Anlage ROBOTRON 300.

Weiterentwickelte moderne Rechenanlagen in der DDR sind der ROBOTRON 21 und der R 40. Beide sind so beschaffen, daß sie mit Geräten aus anderen sozialistischen Ländern verbunden werden können. Der Re-

chenautomat R 40 wurde bereits von Wissenschaftlern und Technikern der DDR und der Sowjetunion gemeinsam entwickelt und gebaut. Er wird von beiden Ländern auch gemeinsam für wichtige Aufgaben der Forschung und Volkswirtschaft genutzt.

Die bessere Nutzbarkeit kleiner Rechenanlagen für die Weltraumforschung spornt heute zu Neuentwicklungen an. Anstelle der Transistoren werden bereits Mikroschaltelemente, die nur salzkorngroß sind, für Rechenanlagen verwendet. Noch kleiner sind die Schaltelemente der Molekulartechnik, dünne Siliziumscheibchen von der Größe eines 1-Mark-Stückes, auf denen sich bis zu 10000 komplette Schaltungen unterbringen lassen. Zur Arbeit einer Rechenanlage stehen damit gedruckte Schaltungen auf auswechselbaren Schaltkarten zur Verfügung. Beim raschen Fortschritt der technischen Entwicklung in unserer Zeit wird vielleicht bald schon eine Rechenanlage hergestellt, die sich in der Aktentasche unterbringen läßt.

Rechenanlagen vielseitig eingesetzt

Wenn wir aus Angebot und Nachfrage in unseren Verkaufsstellen ermitteln wollen, wieviel Fußbälle, Fahrräder, Zelte und Schlauchboote bis zum Jahr 1980 von den Jungen Pionieren in der DDR benötigt werden, genügt es, eine elektronische Rechenanlage zu fragen. Sie rechnet das in rasendem Tempo aus. Der Vorzug, schnell eine Auskunft für die verwickeltesten Anfragen bereit zu haben, macht diese Anlagen auf allen Gebieten der Wirtschaft, der Industrie, der Wissenschaft und des gesellschaftlichen Lebens unentbehrlich.

Wir brauchen elektronische Rechenanlagen für die Weltraumforschung, steuern mit ihnen die Flugbahnen von Raketen und Satelliten, berechnen mit ihrer Hilfe die Positionen der schnellsten Flugzeuge in kürzester Zeit. Schwierige Konstruktionsprobleme in den Entwicklungsbüros der Industrie werden mit Rechenanlagen bearbeitet, aber auch wissenschaftliche Aufgaben der Chemie, Medizin und vieler anderer Gebiete gelöst. Fahrpläne werden mit Rechenanlagen aufgestellt, der Straßenverkehr mit ihnen geregelt, Dienstleistungen organisiert, die Löhne abgerechnet. Rechenanlagen steuern in den Betrieben und Kombinatn bereits viele Fertigungsprozesse. In der Sowjetunion und in der DDR wurden die wichtigsten Beschlüsse für den neuen Fünfjahrplan durch Vergleiche und umfangreiche Berechnungen mit elektronischen Rechenanlagen vorbereitet. Von Jahr zu Jahr kommen mehr Anwendungsgebiete hinzu.

Wofür man Rechenanlagen nutzt, hängt von der Gesellschaftsordnung ab, in der die Menschen arbeiten und leben. Unter kapitalistischen Verhältnissen bringt ihr Einsatz Nachteile für den arbeitenden Menschen. Sie macht seinen Arbeitsplatz überflüssig und trägt zur wachsenden Arbeitslosigkeit bei. Vorteile haben nur die Besitzer dieser Anlagen, denen sie zu noch höherem Gewinn verhelfen.

Bei uns und in den mit uns befreundeten sozialistischen Staaten werden Rechenanlagen stets so eingesetzt, daß sie das Anwachsen des gesellschaftlichen Reichtums fördern, der jedem von uns zugute kommt. Ganz gewiß werden wir mit der weiteren Entwicklung des

Sozialismus und dem Aufbau des Kommunismus immer bessere Maschinen haben, die uns langwierige Arbeit abnehmen und unser Leben angenehmer machen. Eine dieser Maschinen wird auch die ständig verbesserte und leistungsfähigere Rechenanlage sein.

Übersichtstafel

Das Entstehen programmgesteuerter elektronischer Rechenanlagen setzte sieben Bedingungen voraus:

1. Zeichen für Zahlen

- Rechnen mit 10 Fingern
- Gebrauch der Ziffer 0 (seit 1202 in Europa)
- Zahlenschreibweise in arabischen Ziffern (ab 13. bis 16. Jahrhundert)
- Rechnen im Zweiersystem mit den Ziffern 0 und 1

2. Mechanische Geräte zur Addition, Subtraktion und Multiplikation

- Ziffernrad mit Zehnerübertragung (ab 1623)
- verschiebbarer Schlitten und Staffelwalze zum Steuern des Rechners (ab 1672)
- Entwicklung einer in allen Ziffernstellen gleichzeitig wirkenden Schaltung (ab 1833)

3. Programmsteuerung

- drehbare Blechwalze mit eingestanzten Löchern zum Herstellen von Stoffmustern (ab 1725)
- Lochbandprogramme auf Kartonkarten für den Webstuhl (ab 1804)
- gelochte Zählkarten (ab 1882)
- Lochkarten für die Zifferneingabe in einen Rechner (ab 1890)

4. Elektromechanik und Telegrafentechnik

- Übertragen von Signalen durch elektrischen

Strom (ab 1830)

- Morsetelegrafie mit Punkt- und Strichspuren auf Lochstreifen (ab 1870)
- Fünfspurenlochstreifen für das „springende“ Schreiben von Ziffern (ab 1878)
- Verwendung des Relais in Schaltgeräten und für das Telefon
- Rechenmaschine mit Relaissteuerung (Schaltung: offen = 0; geschlossen = L)

5. Elektronik

- elektronische Schaltkreise entstehen, schaltbar in zwei Zustände: einen stabilen (kein Impuls = 0) und einen veränderlichen Zustand (Impuls = 1)
- Darstellung von Ziffern durch aufeinanderfolgende elektronische Impulse auf einen zehnstelligen Ringzähler (ab 1944)
- Elektronenröhren mit nicht leitender Wirkung (= 0) und leitender Wirkung (= L)
- elektronische Speicher in Form von Kathodenröhren
- magnetische Speicherung von elektronischen Impulsfolgen zum Rechnen mit den Ziffern 0 und 1

6. Halbleiter-Technik

- Verwendung von Dioden für Radar- und Fernsehschaltungen (ab 1956)
- Dioden werden in Rechenanlagen eingebaut; sie sind raumsparender, leichter, verlässlicher als Elektronenröhren, nicht wärmeentwickelnd und

von langer Lebensdauer. Dioden verdrängen die Elektronenröhren

- Transistoren mit konstanten Eigenschaften (nicht stromführend = 0; stromführend = L) werden in Serie hergestellt und für Rechenanlagen verwendet (ab 1955)
- Durch Dioden und Transistoren werden die Rechenanlagen kleiner und erlauben einen andauernden Betrieb

7. Mikromodul-Bausteine

- Bisher einzeln vorhandene Schaltelemente werden auf Trägerplättchen zu einem winzig kleinen Bauteil zusammengefaßt
- Mikromodul-Bausteine haben jeweils nach ihrer Anordnung eine bestimmte Funktion, zum Beispiel die eines Verstärkers
Schaltelemente sind in Kunstharz eingegossen, und nur die Anschlußdrähte deuten auf ein elektronisches Funktionsvermögen hin

Inhaltsverzeichnis

- 5 *Von den Anfängen der Rechenkunst*
- 13 *Große Gegensätze*
- 13 Ein Römer wundert sich
- 18 Der römische Abakus
- 21 Kopfrechnen war die wichtigste Rechenart
- 23 *Wie die Mathematik Einzug hielt*
- 23 Mathematik hinter Klostermauern
- 24 Vom Klosterabakus
- 26 Kluge Befehle
- 28 Der Kaiser lernt Buchstaben und Zahlen
- 29 Rechenrätsel bei der Tafelrunde
- 30 Die Hofschule für Prinzen
- 33 Zeitrechnung nach dem Mond
- 33 *Das älteste Rechengerät war die Hand*
- 33 Zehn Finger und tausend Zahlen
- 34 Die Rechenregeln des Beda
- 37 Rechnen war Zusammenzählen und Malnehmen
- 38 7 Pferde zu je 18 Güldengroschen
- 38 *Auf dem Kerbholz stand die Summe*
- 38 Abrechnung der Meier
- 40 Auf die Zählweise kam es an
- 44 Zählstöcke, Meßplatten und Doppelhölzer

- 45 *Womit die Bauern sich beim Rechnen halfen*
- 45 Ein Bauer durfte nichts lernen
- 46 Der Knoten im Tuch
- 47 Zählbretter

- 48 *Vom Rechnen in den Städten*
- 48 Eine Urkunde mit rotem Siegel
- 49 Welchen Wert der Pfennig hatte
- 51 Vom Numerieren, Zwiefältigen und Rechnen auf den Linien
- 53 Münzrechnung am Rechentisch

- 54 *Was ein Rechenknecht zu leisten hatte*
- 54 Der Rechenrick
- 58 Nochmals eine Multiplikation
- 59 Ihr Geldbeutel blieb leer

- 60 *Vom Zahlenschreiben*
- 60 Eine riesige Zahl
- 62 Die Spaltenschreibweise
- 62 Die gemischte Schreibweise

- 64 *Arabische Ziffern aus Indien*
- 64 Zahlen auf dem Karawanenweg
- 65 Das wichtigste Zeichen fehlte
- 66 Die Wunderzahl des Musa Al-Hwârizmî
- 67 Staubrechenmethoden
- 69 Wettkampf zwischen Rechenmarke und Gänsefeder
- 71 Eine neue Seite im Abrechnungsbuch

- 73 *Mit Maschinen wird es leichter*
- 73 Die interessante Wissenschaft
- 75 Was Schiebestangen und Zahnräder vermögen
- 79 Das Hobby eines Lords
- 82 Wiederentdeckte Skizzen
- 85 Die Pascaline
- 88 Geeignet für vier Rechenarten
- 92 Die ersten Büromaschinen hießen Millionäre

- 95 *Der perfekte Rechenautomat*
- 95 Von spuktreibenden Statuen
- 96 Rechnen nach Plan
- 98 Der programmierte Webstuhl
- 100 Der Narr von Cambridge
- 102 Die drei Baueinheiten der Rechenautomaten

- 106 *Lochkartentechnik — heute noch gebraucht*
- 106 Veränderte Umwelt
- 108 Eine Unmenge von Dokumenten
- 112 Immer wieder Mischen, Sortieren, Tabellieren

- 115 *Was Elektroenergie und Elektronik vermögen*
- 115 Signale und Impulse
- 116 Mit Binärziffern rechnen
- 118 Die elektronische Wippe
- 121 Das Speichern von Signalen

- 122 *Aufbau und Arbeitsweise des Digitalrechners*
- 122 Woraus die Zentraleinheit besteht
- 125 So arbeitet der Digitalrechner
- 126 Zusatzgeräte ergeben eine Rechenanlage

- 130 *Ein Traum wird Wirklichkeit*
- 130 Bestauntes „Wunder der Technik“
- 133 Rechenanlagen vielseitig eingesetzt
- 136 *Übersichtstafel*



© DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN – DDR 1977

Lizenz-Nr. 304–270/122/77 – (40)

Satz und Repro: ND, Berlin

Druck: VEB Papierverarbeitung Leipzig

Buchbinderische Verarbeitung: LVZ-Druckerei

„Hermann Duncker“ Leipzig

1. Auflage

LSV 7841

Für Leser von 10 Jahren an

Bestell-Nr. 629 771 9

DDR 3,– M