

Hans-Joachim Vollrath

Zeichnen Messen Rechnen

Mathematische Instrumente
des Industriealters



Bestandskatalog der Sammlung
Historische mathematische Instrumente
Institut für Mathematik der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Die Deutsche Bibliothek – CIP Einheitsaufnahme
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliographie;
detaillierte bibliographische Daten sind im Internet
über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Layout, Satz und Fotos: Hans-Joachim Vollrath

©2019 Verlag J.H. Röll GmbH Dettelbach a.M.
Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigungen aller Art,
auch auszugsweise, bedürfen der Zustimmung des
Verlags und des Autors.
Gedruckt auf chlorfreiem, alterungsbeständigem Papier.

Printed in Germany

ISBN 978-3-89754-561-8

Inhalt

Vorwort.....	9
Einleitung.....	11
Mathematische Instrumente im Industriezeitalter	13
Mathematische Instrumente als Zeitzeugen.....	13
Mathematische Instrumente als Werkzeuge.....	15
Mathematische Instrumente als Träger von Ideen.....	16
Verborgene Ideen.....	19
Historische Wurzeln mathematischer Instrumente.....	20
Entwicklungen von mathematischen Instrumenten	22
Mathematische Instrumente als Forschungsgegenstände	25
Zur Entstehung der Würzburger Sammlung	26
Erschließung der Funktion historischer mathematischer Instrumente.....	32
Historische mathematische Instrumente in der Schule	33
Historische mathematische Instrumente als Kulturgüter.....	36
Zeicheninstrumente – Grundlagen.....	37
Zeichnen im Industriezeitalter	37
Reißzeuge	38
Parallel-Lineale.....	40
Ellipsenzirkel.....	41
Spiralzirkel.....	45
Reduktionszirkel.....	45
Pantographen.....	46
Erfindungen	49
Reißzeug-Fabrikanten.....	51
Zeicheninstrumente – Katalog.....	55
Lineale und Zeichendreiecke.....	55
Reißzeuge	59
Stangenzirkel.....	68
Handwerkerzirkel	70
Ellipsenzirkel.....	72
Spiralzirkel.....	79
Reduktionszirkel.....	82
Pantographen.....	86
Messinstrumente – Grundlagen.....	89
Geometrische Größen und ihre Messung	89
Messung von Längen.....	89
Maßstäbe.....	90
Skalen	91
Messung von Flächeninhalten.....	93

Approximation durch Quadratgitter	93
Approximation durch Trapeze	93
Approximation durch Dreiecke	94
Hersteller von Polarplanimetern	95
Messung von Rauminhalten	97
Winkelmesser für Zeichnungen	97
Winkelmesser für Messungen im Gelände	99
Winkelmesser für Messungen auf See	101
Messinstrumente – Katalog	103
Maßstäbe	103
Planimeter	104
Polarplanimeter	108
Winkelmesser	119
Vermessungsinstrumente	128
Kartographie-Instrumente	139
Navigations-Instrumente	140
Analogrechner – Grundlagen	145
Rechnen an Skalen	145
Funktionsskalen	146
Proportionalzirkel	147
Rechenschieber	152
Polymeter	153
Systeme von Rechenschiebern	153
Hersteller	155
Rechenschieber in der Schule	157
Rechenwalzen	159
Rechenscheiben	159
Analogrechner – Katalog	161
Proportionalzirkel	161
Polymeter	164
Rechenstäbe	165
Kombi-Rechenstab	179
Spezial-Rechenstab	180
Rechenwalze	180
Rechenscheiben	181
Graphisches Rechnen mit komplexen Zahlen	182
Digitalrechner – Grundlagen	183
Staffelwalze	184
Sprossenrad	186
Schaltklinke	186
Proportionalhebel	187
Multiplikationskörper	187
Zahnsegment	189
Schwinghebel	189

Zu den Firmen und Erfindern	190
Rechenmaschinen und Schule.....	192
Digitalrechner – Katalog.....	195
Staffelwalzenmaschinen	195
Sprossenradmaschinen	199
Schaltklinkenmaschine.....	205
Proportionalhebelmaschinen.....	206
Multiplikationskörpermaschine.....	207
Zahnscheibenmaschine	208
Schwinghebelmaschinen	208
Zahnsegmentmaschinen.....	209
Literatur.....	215
Abbildungen.....	219
Index der Personen und Firmen.....	221

Vorwort

Mathematik ist mehr als Zeichnen, Messen und Rechnen. Doch Zeichnen, Messen und Rechnen sind die Grundlagen der Mathematik, und sie regten über Jahrtausende hinweg Mathematiker und Techniker dazu an, Instrumente zu entwickeln, mit denen diese Tätigkeiten immer genauer und einfacher durchgeführt werden konnten. In einer beeindruckenden Zusammenstellung gibt Hans-Joachim Vollrath nicht nur einen Überblick über die mathematischen und technischen Ideen zahlreicher mathematischer Instrumente, sondern er setzt diese Ideen auch in Beziehung zur Entwicklung der Mathematik. Er erläutert, wie sich mathematische Ideen und Entwicklung von Instrumenten wechselseitig beeinflussten, und er erzählt darüber hinaus auch seine eigenen ganz persönlichen Erlebnisse und Erkundungen bei seiner Annäherung an diese Instrumente. So wurde etwa sein Interesse für mathematische Instrumente durch einen prachtvollen Bildband des Mathematisch-Physikalischen Salons in Dresden geweckt, den er von einem Kollegen aus der DDR geschenkt bekam. Seinen ersten Ellipsenzirkel erhielt er aus dem Nachlass eines befreundeten Kollegen und musste erst Sinn und Funktionsweise dieses für ihn unbekannten Instrumentes erschließen. Schließlich streut er auch manche Anekdote aus seinen Kindheits- und Jugenderlebnissen in den Text ein und kann dadurch sehr authentisch von der Wirkung vieler Instrumente erzählen.

Der Leserin und dem Leser werden bei der Lektüre dieses Katalogs der Sammlung historischer mathematischer Instrumente des Instituts für Mathematik der Universität Würzburg die teilweise sehr großen technischen Herausforderungen deutlich, die die industrielle Fertigung dieser Instrumente darstellten. Dies führte dann zur Gründung von Firmen und Fabriken für die Herstellung von Instrumenten, die fortschreitende Weiterentwicklung der Technik erzwang dann aber auch wieder den Niedergang mancher dieser Firmen. So spiegelt sich in der Geschichte der Instrumente auch die politische und soziale Situation der entsprechenden Zeit wider. Die äußerst sorgfältigen Recherchen hinsichtlich des erstmaligen Auftretens von Konstruktionsideen und deren industrielle Umsetzung lässt diesen Katalog auch zu einem Nachschlagewerk für Spezialisten werden, die sich für die historische Entwicklung von Instrumenten interessieren. Und schließlich ist dieser Katalog auch ein optischer Genuss, zum einen durch die zahlreichen professionellen Fotografien von Instrumenten aus dem Privatbesitz des Autors, zum anderen aber auch durch die vielen historischen Bilder aus Werksbroschüren, Bedienungsanleitungen und antiquarischen Büchern.

Welche üppige Vielfalt an Konstruktionsideen und Einsatzmöglichkeiten bereits in einem „einfachen“ Zirkel für das Zeichnen von Kreisen steckt, erfährt man, wenn der Autor über Flach-, Rund-, Kanten-, Hand-, Einsatz-, Teil-, Nullen-, Reduktions-, Stangen-, Stab-, Parallel-, Schleuder-Nullenzirkel sowie über dreibeinige Zirkel berichtet und deren jeweils eigenen Sinn und Zweck äußerst anschaulich erläutert. Daneben werden viele weitere Instrumente angesprochen, wie etwa Planimeter, Theodoliten, Navigationsgeräte, Integraphen, Parallellineale oder Pantographen. Proportionalzirkel zeigen dabei die wechselseitige Beziehung zwischen Geometrie und Arithmetik auf, Rechenschieber sind Beispiele für die sinnvolle Anwendung von Funktionsskalen bei Recheninstrumenten.

Ein solches Werk wie dieser Bestandskatalog lässt sich nur schreiben, wenn man eine enge Beziehung zu den dargestellten Objekten hat, sich für vieles interessiert und sich daran erfreut, was im Zusammenhang mit diesen Instrumenten steht. Die Begeisterung des Autors für Rechenmaschinen hat 1989 an der Universität Würzburg zu einer ersten Sammlung und einer Ausstellung von Maschinen geführt, die großenteils von Privatpersonen für das Institut für Mathematik der Universität gespendet wurden. Die Ausstellung ist auch heute noch öffentlich zugänglich und gibt einen guten Überblick über die Entwicklung der Rechentechnik beginnend beim Abakus der Griechen und Römer, über die erste Rechenmaschine des Würzburger Mathematikers Kaspar Schott, die im 19. Jahrhundert industriell angefertigten mechanischen, später dann elektrischen Maschinen bis hin zu den ersten elektronischen Rechnern.

Mathematische Instrumente sind nicht nur Werkzeuge und Träger von technischen sowie von – meist verborgenen – mathematischen Ideen, sie sind auch Zeitzeugen für Denk- und Arbeitsweisen der Zeit, in der sie geschaffen wurden. Sie zeigen, wie und bei welchen Problemstellungen sie zum Einsatz kamen und welche Rolle sie bei deren Lösung spielten. Ein Beispiel für eine Anwendung ist etwa die Berechnung der Entfernung zweier Punkte bei einem unzugänglich dazwischenliegenden Gelände. Dabei ergab sich durch den technischen Fortschritt stets auch der Wunsch oder gar die Notwendigkeit, Längen, Flächeninhalte und Winkel mit stets zunehmender Genauigkeit messen zu wollen. Auch dafür wurden immer wieder neue Lösungen gefunden.

Dieses Buch gibt somit nicht nur einen Überblick über die zahlreichen Instrumente der Würzburger Sammlung, sondern es ist vor allem eine Aufforderung, die *historischen Wurzeln* der heutigen Zeichen-, Mess- und Rechentechnik, also der Computertechnik, nicht zu vergessen, einerseits, um den aktuellen Stand der Technik besser einordnen zu können, andererseits und vor allem aber auch, um zukünftige Entwicklungen besser antizipieren zu können.

Hans-Georg Weigand

Einleitung

Im April 1986 schenkte mir ein Kollege, der aus der DDR zu uns an das Mathematische Institut der Universität Würzburg kam, einen wunderschönen Bildband des *Mathematisch-Physikalischen Salons* in Dresden aus dem Jahr 1978. Die hervorragenden Bilder historischer mathematischer Instrumente *faszinierten* mich.

Drei Jahre später hatte ich nach dem Tod meines befreundeten Kollegen Otto Volk (1892–1989) die traurige Aufgabe, seinen Haushalt aufzulösen. Im Keller entdeckte ich in einem Holzkasten ein Instrument aus Neusilber in gutem Zustand, das mir *Rätsel* aufgab. Nach einigem Probieren fand ich heraus, dass es ein Instrument zum Zeichnen von Ellipsen war. Aber warum war das möglich? Ich kannte die verschiedenen Ellipsenkonstruktionen ja noch aus dem Mathematikunterricht. Auf den ersten Blick half mir das nicht weiter. Betrachten, Nachdenken und Probieren führten mich dann doch zu der überraschenden Erkenntnis, dass dem Instrument das sogenannte „Papierstreifenverfahren“ als *mathematische Idee* zu Grunde lag.

Meine persönlichen Erfahrungen mit mathematischen Instrumenten beschränkten sich damals auf Zirkel, Lineal, Rechenschieber, Rechenmaschine, Taschenrechner und Computer sowie auf die Tatsache, dass der Computer vielen Instrumenten ein Ende bereitet hatte. Als ich in einem Abstellraum des Instituts alte mechanische und elektromechanische Rechenmaschinen sowie einige Kästen mit Planimetern entdeckte, wurde mir bewusst, dass es nötig war, diese Geräte zu *retten*. Und dafür konnte ich auch meinen damaligen Assistenten Dr. Hans-Georg Weigand begeistern. Das war der Beginn unserer Sammlung historischer mathematischer Instrumente. Im Jahr 1989 konnten wir mit ihnen eine erste Ausstellung in der Institutsbibliothek eröffnen.

Auch persönlich war mein Sammeleifer geweckt, der sich nun auf Zeichengeräte, geometrische Messinstrumente und Analogrechner ausweitete. Als Träger verborgener mathematischer und technischer Ideen hatte ich die Instrumente bald als *anregende* didaktische Gegenstände für den Mathematikunterricht erkannt, so dass sie Gegenstände meiner didaktischen Forschung und Lehre wurden. Daraus entstanden Veröffentlichungen in Zeitschriften und 2013 mein Buch *Verborgene Ideen. Historische mathematische Instrumente*.

Regelmäßig stellte ich bestimmte Instrumente meiner Sammlung zusammen mit historischen Büchern in der Teilbibliothek Mathematik aus, um die ihnen zu Grunde liegenden Ideen den Studierenden und der Öffentlichkeit zu zeigen. Für die Studierenden bot sich damit eine Verbindung der studierten mathematischen Theorien mit der Praxis, für die Öffentlichkeit wurde in der Verbindung von Mathematik und Technik Mathematik fassbar. Für viele Besucher erzeugten die ausgestellten Instrumente Erstaunen, bei etlichen älteren Besuchern weckten sie auch Erinnerungen.

Nach den speziellen Ausstellungen habe ich jeweils die ausgestellten Instrumente dem Institut für Mathematik geschenkt. So ist die Dauerausstellung der Rechenmaschinen durch die Instrumente zum Zeichnen und Messen erweitert worden, so dass ein Über-

blick über die wichtigsten Typen historischer mathematischer Instrumente des Industriezeitalters geboten wird. Sie sind damit Zeugen dieser etwa hundertjährigen Epoche, die mit der Verbreitung des Computers zu Ende ging. Mit ihren mathematischen und technischen Ideen gehören sie als Kulturgüter zum kulturellen Gedächtnis. Die Sammlung bewahrt sie zur Erinnerung, lädt aber auch zu ihrem Studium ein und kann vielleicht sogar darauf hinweisen, was die Computer ihnen verdanken.

Dieses Buch soll einen Überblick über die Sammlung geben. Zugleich soll es Universitäten und Schulen anregen, historische mathematische Instrumente dieser Epoche in den Unterricht mit einzubeziehen. Dabei ist es bemerkenswert, welche grandiosen Möglichkeiten der Computer dazu bietet.

Beim Aufbau der Sammlung habe ich von vielen Seiten Anregungen und Hilfen erhalten. Ein besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. Hans-Georg Weigand, der als mein Nachfolger weiter zum Aufbau der Sammlung beitrug und die zahlreichen Ausstellungen förderte. Auch die Otto-Volk-Stiftung war daran beteiligt. Wesentliche fachliche Ratsschläge und fachliche Informationen verdanken wir Herrn Prof. Erhard Anthes aus Ludwigsburg und Herrn Prof. Dr. Joachim Fischer aus München. Beide haben mir mit ihren sorgfältigen Korrekturvorschlägen beim Abfassen dieses Buches sehr geholfen. Frau Prof. Dr. Ina Prinz vom Arithmeum in Bonn hat mit Exponaten und Abbildungen zum Gelingen unserer Ausstellungen und Veröffentlichungen beigetragen. Als Kenner des Maßwesens verdanke ich meinem 2017 verstorbenen Freund Herrn Gerhard G. Wagner viele Anregungen. Durch ihn habe ich auch Kontakt zum Mainfränkischen Museum in Würzburg erhalten. Frau Dr. Frauke van der Wall ermöglichte mir den Zugang zu den alten Würzburger Maßen des heutigen Museums für Franken. Der Universitätsbibliothek danken wir für die Möglichkeit, in der Teilbibliothek Mathematik unsere Sammlung auszustellen. Fotos der Planimeter und der Rechenmaschinen wurden von Herrn Peter Ruff am Rechenzentrum angefertigt.

Schließlich hat sich meine Frau immer wieder mit mir über den Erwerb eines Instruments gefreut und mich bei meinen Ausstellungen und Veröffentlichungen beraten.

Ihnen allen danke ich von Herzen.

Die Universität Würzburg verfügte bis Ende des 19. Jahrhunderts über eine Sammlung mathematischer und physikalischer Instrumente im Kabinett der Philosophischen Fakultät. Wertvolle Instrumente wurden damals an das Bayerische Nationalmuseum in München verkauft und dem Deutschen Museum in München zur Verfügung gestellt. Unsere Sammlung ist aus dem Bewusstsein der engen Verbindung zwischen der Mathematik und ihren Anwendungen erwachsen und soll die Instrumente als Kulturgüter den Betrachtern dauerhaft in Würzburg nahebringen.

Dem Verlag J. H. Röll danke ich für die Bereitschaft, diesen Bestandskatalog in so ansprechender Weise zu veröffentlichen, für die sorgfältige Bearbeitung der Abbildungen und für die vielen anregenden Gespräche bei der Planung und Gestaltung.

Mathematische Instrumente im Industriezeitalter

Mathematische Instrumente als Zeitzeugen



Abb. 1.1 Zirkelschmied, aus Jost Amman, *Das Ständebuch*, Frankfurt 1568



Abb. 1.2 Arbeiterinnen bei der Fertigung von Zirkeln der Fa. Wild, Heerbrugg, in den 1960er Jahren, Foto: Virtual Archive of WILD Heerbrugg

Mathematische Instrumente sind *Werkzeuge* der Praktischen Mathematik.¹ Sie helfen beim *Zeichnen* von Plänen, beim *Messen* von Längen, Flächeninhalten, Rauminhalten und Winkeln sowie beim *Rechnen*. Bereits im Altertum lassen sich Zirkel, Maßstäbe und Rechensteine als älteste mathematische Werkzeuge nachweisen.

Für Zirkel gibt es eine lange handwerkliche Tradition, in der einfache, robuste Instrumente geschmiedet wurden (Abb. 1.1). Im 17. Jahrhundert faszinierten wohldurchdachte, meist komplizierte, von Mathematikern geplante und von Instrumentenbauern häufig schmuckvoll verzierte Instrumente die Menschen. In Lehrbüchern wurde über sie berichtet und Reklame für sie gemacht. An den Fürstenhöfen und in Hochschulen wurden sie in Kabinetten als Raritäten gesammelt und bewundert. Kriege haben etliche dieser Kostbarkeiten zerstört, doch viele von ihnen können noch heute in Museen bewundert werden.

Als Mitte des 19. Jahrhunderts das *Industriezeitalter* begann, konnten nun auch mathematische Instrumente industriell gefertigt werden (Abb. 1.2). Die Industrialisierung führte zu einem wachsenden Bedarf an derartigen Instrumenten, und die industrielle Fertigung konnte sie in großer Zahl zu erschwinglichen Preisen liefern. Zugleich begann eine Zeit neuer Erfindungen, die sich zunehmend in Patenten niederschlugen. Diese Periode endete mit der Digitalisierung in den 1970er Jahren. Damit waren praktisch all diese Instrumente auf einmal überholt. Viele wurden entsorgt, etliche wurden gerettet und sind nun als historische mathematische Instrumente *Zeugen* des Industriealters.

¹ Vollrath 2013



Abb. 1.3 Ellipsograph



Abb. 1.4 Planimeter

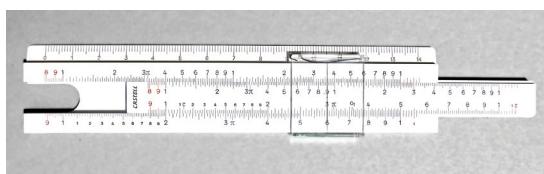


Abb. 1.5 Rechenschieber

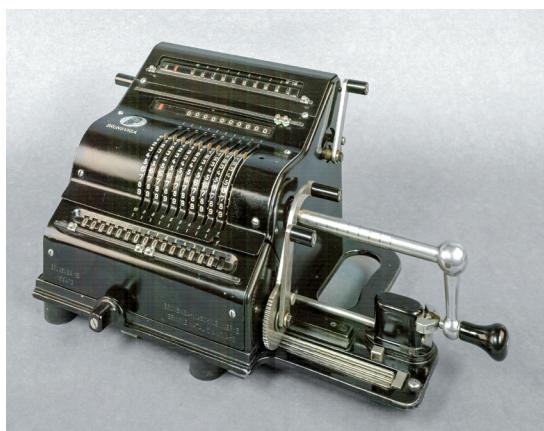


Abb. 1.6 Rechenmaschine

Ihre *Bezeichnungen* bezeugen die Tätigkeiten, für die sie bestimmt waren: das *Zeichnen*, das *Messen*, das *Analog-Rechnen* und das *Digital-Rechnen*. Mit dem *Ellipsographen* (Abb. 1.3) werden durch Drehen der Kurbel Ellipsen gezeichnet. Mit dem *Planimeter* (Abb. 1.4) kann durch Umfahren des Randes einer ebenen Fläche ihr Flächeninhalt gemessen werden. Mit dem *Rechenschieber* (Abb. 1.5) lassen sich durch Verschieben der Zunge im Wesentlichen Multiplikationen und Divisionen ausführen. Mit der *Rechenmaschine* (Abb. 1.6) können durch Drehen der Kurbel eingestellte Zahlen addiert, subtrahiert, multipliziert und dividiert werden.

Alle vier Instrumente tragen den *Namen des Herstellers*: der Ellipsograph stammt von der *Fa. Clemens Riefler* in Nesselwang, das Planimeter von der *Fa. Albert Ott* in Kempten, der Rechenschieber von der *Fa. Faber-Castell* in Nürnberg und die Rechenmaschine von der *Fa. Brunsviga* in Braunschweig. Meist hatten die Gründer eine zündende Idee, Unternehmungslust, den Mut und die Kraft, ein Unternehmen aufzubauen, das Menschen in ihrer Region Arbeit und Lohn bot. In der Regel zogen sie technisch Begabte an, die mit ihren Ideen zur Entwicklung der Instrumente beitrugen. So sind die Instrumente auch Zeugen der Leistungen dieser Menschen.

Zu jedem der Instrumente gab es *Bedienungsanleitungen* mit typischen Beispielen. Das konnten einzelne Blätter, Broschüren, ja sogar Bücher sein. Im Vordergrund standen natürlich die Standardaufgaben mit ihren Lösungen. Dabei bestand die Tendenz, an möglichst vielen verschiedenen Typen von Aufgaben zu zeigen, wie vielseitig einsetzbar das Instrument ist. Bei jedem Instrument gibt es praktische Schwierigkeiten und natürliche Grenzen. Zu ihrer Überwindung werden meist an Beispielen hilfreiche *Tricks* vorgeführt.

Manche Instrumente müssen zu Beginn des Einsatzes erst zusammengebaut werden. Um den *Zusammenbau* zu beschreiben, werden die Teile mit *Fachbegriffen* versehen und an Skizzen erläutert. Diese Anleitungen zeigen Aufgaben, für die die Instrumente konstruiert wurden, und sie beschreiben, wie mit ihnen umgegangen werden sollte.

Die mathematischen Instrumente waren als Werkzeuge für das Lösen von praktischen mathematischen Aufgaben in verschiedenen *Lebensbereichen* gedacht. Das lenkt die Aufmerksamkeit auf die *Benutzer*, ihre Berufe, Interessen, Bedürfnisse, Erwartungen und Probleme. Unmittelbar denkt man bei dem Ellipsenzirkel an *Technische Zeichner*, bei dem Planimeter an *Landvermesser*, beim Rechenschieber an *Ingenieure* und bei der Rechenmaschine an *Finanzfachleute, Kaufleute und Ingenieure*. In *Prospekten* zur Werbung für die Instrumente und in den *Lehrbüchern* für bestimmte Berufe finden sich Hinweise. So sind die mathematischen Instrumente auch Zeugen für mathematische Bedürfnisse und Anforderungen in den unterschiedlichsten Lebensbereichen ihrer Zeit. Um die Instrumente als Zeitzeugen zum „Sprechen“ zu bringen, stellen die ihnen zugehörigen zeitgenössischen Schriften wichtige, des Bewahrens werte Quellen dar, obwohl sie meist eher entsorgt werden als die Instrumente selbst. Und in Bibliotheken finden sich allenfalls einschlägige Lehrbücher. Immerhin werden diese Schriften zunehmend im Internet dokumentiert.

Mathematische Instrumente als Werkzeuge

Das aus dem Lateinischen stammende Wort „Instrument“ bedeutet Werkzeug. Und so sprechen wir bei der Beschreibung der Instrumente immer wieder von Werkzeugen. Es lohnt sich, etwas näher auf ihren Werkzeugcharakter hinzuweisen. Zeichnen, Messen und Rechnen sind praktische Tätigkeiten an Objekten, die als Modelle mathematischer Gedankengebilde aufgefasst werden. Wenn wir in unserer Umwelt Geraden oder Kreise sehen und sie dann etwas genauer betrachten, wird deutlich, dass die beobachteten Gebilde keineswegs Geraden oder Kreise im mathematischen Sinn sind. Und das gilt insbesondere auch für die Gerade oder den Kreis, die wir freihändig zeichnen. Praktische Mathematik als Werk von Gedanken entsteht durch Idealisierung und wird entsprechend angewandt. Beim Anwenden stößt dann der Anwender ganz schnell an *Grenzen*: Die freihändig gezeichneten Geraden und Kreise *nähern* sich nur idealen Gebilden der Mathematik, und das ist ebenso der Fall beim Zählen, Messen und Rechnen.

Dem Menschen sind eben Grenzen gesetzt, die er mit Hilfe von Werkzeugen zu überwinden trachtet. Das gilt für alle mathematischen Instrumente. Historische Instrumente laden dazu ein, sich damit zu beschäftigen, für welche Funktionen sie gedacht waren und welche Grenzen sie überwinden sollten, wie sie das taten, doch auch, wo ihnen selbst wiederum Grenzen gesetzt waren. Mathematische Instrumente können also nicht die Grenzen beseitigen, sondern im Grunde nur verschieben. Aber immerhin waren und sind sie wichtige Hilfsmittel des Menschen. Und schließlich sollte man darüber nachdenken, warum das jeweilige Instrument das Erwartete leisten kann.

Mathematische Instrumente als Träger von Ideen

Jedem mathematischen Instrument liegen *mathematische* und *technische Ideen* zu Grunde, deren Kenntnis zu seinem Verständnis wesentlich ist.² Selbst bei einem bekannten und häufig benutzten Instrument wie dem Zirkel sind das Bewusstsein und die Kenntnis dieser Ideen nicht selbstverständlich. Es lohnt sich also, einmal genauer hinzusehen.



Abb. 1.7 Hand-Zirkel

Betrachten wir den Zirkel der Abbildung 1.7 etwas näher: Die beiden *Schenkel* sind über das *Gelenk* im *Zirkel-Kopf* so weit geöffnet, dass der Abstand zwischen der *Nadelspitze* und der *Bleistiftspitze* gleich dem Radius ist. Sticht man den Zirkel an dem geplanten Mittelpunkt ein und führt man am *Griff* oben am Kopf eine volle Drehung aus, dann zeichnet das Instrument einen Kreis.

Das ist der Fall, weil durch die eingestellte Öffnung der Schenkel der Abstand zwischen den Punkten der gezeichneten Linie und dem Mittelpunkt beim Zeichnen stets gleich ist. Und das ist die grundlegende *mathematische* Idee. Schon 300 v. Chr. hatte Euklid in seinen *Elementen* definiert: „Ein Kreis ist eine ebene von einer einzigen Linie umfasste Figur mit der Eigenschaft, dass alle von einem Punkt innerhalb der Figur gelegenen Punkte bis zur Linie laufenden Strecken einander gleich sind.“³ In einem *Postulat* forderte er dann: „Dass man mit jedem Mittelpunkt und Abstand den Kreis zeichnen kann.“ Wie das geschehen kann und soll, dazu äußert er sich nicht. Das scheint ihn nicht interessiert zu haben. Oder er setzte selbstverständlich voraus, dass jeder Leser wusste, dass dies mit einem *Zirkel* möglich ist.

Dass Zirkel gabelförmig gebaut sind und über ein Gelenk für verschiedene Radien geöffnet werden können, sind die grundlegenden *technischen Ideen* des Instruments. Daneben gibt es weitere: den Griff zum Drehen, die auswechselbaren Spitze und Bleistift, sowie die Möglichkeit, die Schenkel so zu knicken, dass Spitze und Bleistift senkrecht auf das Papier gesetzt werden können.

Weniger bekannt sein dürfte, dass auch andere technische Ideen zu brauchbaren Zirkeln führen können (Abb. 1.8). Bei diesem *Stangen-Zirkel* sind die Nadel-Spitze und die Bleistift-Spitze verschiebbar und feststellbar auf einer Stange angebracht. Diese Zirkel sind besonders für Kreise mit großem Radius geeignet, weil bei ihnen die Spitze und Bleistift stets senkrecht auf dem Papier stehen.

² Vollrath 2013

³ Euklid 300 v. Chr./1962



Abb. 1.10 Scheiben-Polarplanimeter der Fa. A. Ott, Kempten

Noch schwieriger ist es bei den Rechenmaschinen, die ihnen zu Grunde liegenden Ideen zu erkennen, denn bei ihnen sind wesentliche Teile des Gerätes im Innern des Gehäuses verborgen. Immerhin lohnt es sich zu klären, auf welchen Ideen wichtige Funktionen beruhen.

Betrachtet man nur das Äußere einer Rechenmaschine (Abb. 1.11), kann das zu Täuschungen führen.

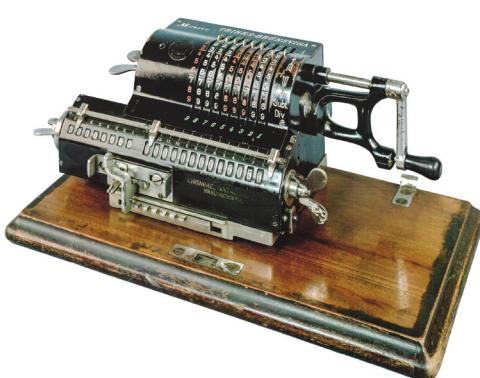


Abb. 1.11 *Brunsviga*
Sprossenradmaschine



Abb. 1.12 *Hamann Manus*
Schaltklinkenmaschine

Obwohl die beiden Maschinen von Abb. 1.11 und Abb. 1.12 äußerlich sehr ähnlich sind, arbeiten sie doch nach unterschiedlichen Prinzipien. Während die Drehungen bei der *Brunsviga* mit *Sprossenräder*n übertragen werden, geschieht das bei der *Hamann Manus* mit *Schaltklinken*. (Diese Bauteile werden später bei den Rechenmaschinen erläutert.) Die *Hamann Manus* ist bewusst so ähnlich gebaut wie die *Brunsviga*, weil die Firma Käufer gewinnen wollte, die an die *Brunsviga* gewöhnt waren.⁴

⁴ Martin o. J., S. 380

Verborgene Ideen

Die den Instrumenten zu Grunde liegenden Ideen sind ihrem Charakter nach nicht unmittelbar den Sinnen zugänglich, sondern erfordern als gedankliche Gebilde ein Nachdenken. Als im 16. Jahrhundert die Menschen begannen, die der Natur zu Grunde liegenden Ideen des Schöpfers zu suchen, war es eine überwältigende Erkenntnis, dass sie dabei auf die Mathematik stießen. Galileo Galilei (1564–1642) schreibt über das große Buch der Natur: „Es ist in der Sprache der Mathematik geschrieben und ihre Buchstaben sind Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren, ohne die es ganz unmöglich ist, auch nur einen Satz zu verstehen, ohne die man sich in einem dunklen Labyrinth verliert.“⁵ Ob das wirklich so ist, darüber kann man diskutieren, immerhin ist die Mathematik ein wirksames Werkzeug, mit dem man es beschreiben und verstehen kann.

Bereits früh wurden mathematische Instrumente entwickelt, mit denen die Menschen sich in der Welt zurechtfinden konnten. Dazu dienten in erster Linie Winkelmesser für die Ortsbestimmung auf dem Land (Abb. 1.13) und auf See sowie für die Zeitbestimmung (Abb. 1.14).



Abb. 1.13 Vermessung: Theodolit von Stanley, London 1940

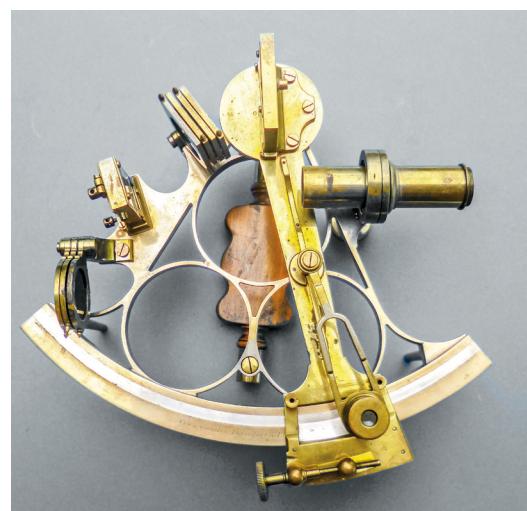


Abb. 1.14 Navigation: Sextant von Cox & Coombes, Devonport & Plymouth

Diese Instrumente dienten der Erschließung der Erde und bahnten letztlich sogar den Weg ins Weltall. Aber wissen die Menschen heute noch, wie früher Zeit und Ort ohne Navigationsgerät bestimmt werden konnten?

⁵ Galilei 1623/1864, S. 60

Historische Wurzeln mathematischer Instrumente

Viele mathematische und technische Ideen, die mathematischen Instrumenten des Industriealters zu Grunde liegen, finden sich bereits in Instrumenten früherer Zeiten. Meist waren diese aus Messing, mit kunstvollen Verzierungen gefertigt. Selbst ein einfacher Winkelmesser konnte kunstvoll gestaltete Elemente und Gravuren aufweisen wie zum Beispiel der Halbkreiswinkelmesser aus Messing des Berliner Mechanikers Ernst August North um 1734 (Abb. 1.15). Wie nüchtern ist dagegen doch ein heutiges Instrument aus Plexiglas, dem die gleiche mathematische Idee zu Grunde liegt (Abb. 1.16).



Abb. 1.15 Halbkreiswinkelmesser,
Ernst August North, Berlin um 1734

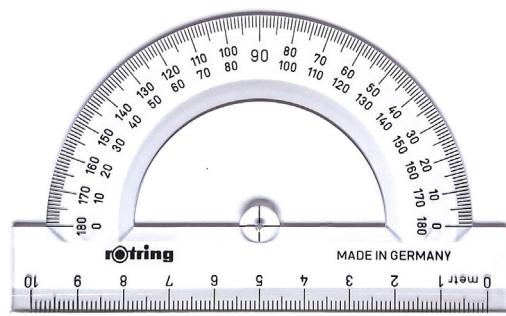


Abb. 1.16 Halbkreiswinkelmesser
der Fa. Rotring

Bei Besuchen in Museen wirken die großartigen Zeugnisse hoher handwerklicher Kunst beeindruckend. Berühmte Sammlungen mathematischer Instrumente bieten das *Astronomisch-Physikalische Kabinett* in Kassel, das *Deutsche Museum* in München und der *Mathematisch-Physikalische Salon* in Dresden. Das weltweit größte Museum für Rechenmaschinen ist das *Arithmeum* in Bonn.

Diese Museen geben außerdem in *Bestandskatalogen* wertvolle Hinweise auf Hersteller, Herkunftsorte, Maße und Materialien sowie Beschreibungen der Verwendungszwecke und grundlegenden Ideen.⁶ Auch *Ausstellungskataloge* sind informative Quellen für historische mathematische Instrumente.⁷

Eine weitere wichtige Quelle für die Vorfahren unserer Instrumente sind *Bücher* aus dem 17. und 18. Jahrhundert. Sie stellen eine erstaunliche Fülle an Instrumenten in Wort und Bild dar, die als Vorfürer von Instrumenten des Industriealters zu betrachten sind. Besonders ergiebig sind die Werke von Nicolas Bion (1709), Jakob Leupold (1752) und George Adams (1797).⁸ Überraschend sind die vielen Übereinstimmungen bei traditionellen sowie speziellen Instrumenten.

⁶ Z. B. Anthes, Prinz 2010 (Bonn), Bauer 2004 (München), Hamel 2011 (Stralsund), Mackensen 1991 (Kassel), Schillinger 1990, 2000 (Dresden)

⁷ Z. B. Dreier 1979 (Berlin, Winkelmessinstrumente), Fischer 2014 (München, Planimeter), Prinz 2017 (Bonn, Logarithmisches Rechnen)

⁸ Wir benutzen die folgenden Ausgaben: Leupold 1727, Bion 1752 und Adams 1797