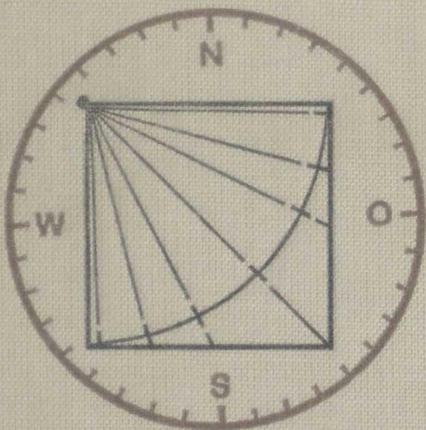

N
W
O
S

H. WUNDERLICH

Kursächsische Feldmeßkunst, artilleristische Richtverfahren und Ballistik im 16. und 17. Jahrhundert

VERÖFFENTLICHUNGEN
des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons

— Forschungsstelle —

Dresden — Zwinger

Band 7

Herausgeber: H. Grötzsch, Direktor des Staatl. Math.-Phys. Salons

Mitarbeiter: J. Schardin, Ch. Böttger

HERBERT WUNDERLICH

Kursächsische Feldmeßkunst, artilleristische Richtverfahren und Ballistik im 16. und 17. Jahrhundert

Beiträge zur Geschichte der praktischen Mathematik, der Physik und des Artilleriewesens in der Renaissance unter Zugrundelegung von Instrumenten, Karten, Hand- und Druckschriften des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons Dresden

Mit 73 Abbildungen

VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften
Berlin 1977

Verlagslektor: Dipl.-Math. E. Arndt
Gestaltung von Einband und Schutzumschlag: D. Gröschke

Printed in the German Democratic Republic
Lizenz-Nr. 206 · 435/108/77
Gesamtherstellung: VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, Altenburg
LSV 1005
Bestellnummer: 570 498 4
DDR 25,— M

Vorwort

Zu einer der Hauptaufgaben des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons gehört neben seiner vielseitigen Ausstellungstätigkeit und der Erhöhung der kulturpolitisch-wissenschaftlichen Wirksamkeit der Aussage ihrer Darstellungen auch die Weiterführung der ihm übertragenen Forschungsarbeiten für bestimmte Bereiche der Geschichte und Entwicklung der Naturwissenschaften. Die umfangreichen Sammlungen des Museums mit oft einmaligen Originalmaterialien an wertvollen Arbeitsinstrumenten des 13. bis 19. Jahrhunderts sind exakte wissenschaftliche Arbeitsgrundlagen der Naturwissenschaften, der Feinmechanik und des frühen Kunsthandwerks und ermöglichen die Erarbeitung wesentlicher Beiträge für Forschung, Lehre und Weiterbildung. Die Ergebnisse werden in der Fachliteratur des In- und Auslandes publiziert und mit der Schriftenreihe „Veröffentlichungen des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons" der Fachwelt, besonders aber den Museen und anderen wissenschaftlichen Institutionen zugänglich gemacht.

Die umfangreiche Sammlung der vielfältigen geodätischen Instrumente — mit hervorragenden frühen handwerklichen Meisterleistungen an wissenschaftlichen Arbeitsgeräten — bildet die Grundlage auch für diesen Beitrag zur Geschichte der kursächsischen Feldmeßkunst und der artilleristischen Meßtechnik. Er ist mit seiner wissenschaftlichen Genauigkeit der Bearbeitung der historischen Landesvermessung, der damaligen allgemeinen Meßkunst und des artilleristischen Messens im 16. und 17. Jahrhundert von großer Bedeutung für die Darstellung der praktischen Mathematik der Renaissance und ihrer wissenschaftlichen Arbeitsinstrumente.

Der Autor dieser Arbeit, Herr Dr. Herbert Wunderlich, Leipzig, ist seit 1930 mit dem Math.-Phys. Salon durch seine Forschungen verbunden und verfaßte Band 1 der Institutsveröffentlichungen über das Dresdner „Quadratum geometricum" von Christoph Schissler aus dem Jahre 1569 (erschienen 1960 im VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften).

Er hat nun von den in Dresden erhaltenen, aber auch von den 1945 verlorengegangenen Zeugen der Feldmeßkunst und der artilleristischen Meßtechnik in Kursachsen einige historisch wichtige Beispiele in systematischem Zusammenhang neu bearbeitet und einige erstmalig gewürdigt. Die Ergebnisse seiner Forschungen hat er dem Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salon zur Herausgabe in diesem Band 7 seiner Publikationsreihe zur Verfügung gestellt. Für die Überlassung dieser reichhaltigen wissenschaftlichen Unterlagen mit einer wichtigen, umfangreichen Zusammenstellung wertvollen Bildmaterials sei hier nochmals gedankt.

Besonderer Dank gilt aber auch dem VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften für die vorbildliche Unterstützung bei der Durchführung der erforderlichen Verlagsarbeiten und bei der Herausgabe dieser Veröffentlichung.

Dresden-Zwinger, Januar 1976 HELMUT GRÖTZSCH

Von der Statt Dresen. Cap. cccc? pviiii.

Erklärung etlicher Oerter der Statt Dresen.

A	Das Schloß	C	Zu Vnser Frawen	E	Die Pfarrkirch
B	Alten Dresen	D	Das Zeughauß	F	Windmülen.

DJß ist im Landt zu Meyssen ein narhhafftige Statt / eines gesunden Luffts / fruchtbaren Bodens / mit Pasteyen / Mawren / Gräben vnnd Wehren wol versehen. Sie ligt drey Meil oberhalb Meyssen an der Elb / einem Schiffreichen Wasser / welches mitten durch beyde Stett fleußt / deren die ein / so jenseit dem Wasser ligt / Alten Dresen genennt wirdt. Doch werden sie mit einer schönen gewelbten Bruck zusammen gefügt. Die Churfürsten von Sachsen haben bey vnsern zeiten in dieser Statt in einem zierlichen vnnd schönen Schloß ihr wohnung vnnd Hofhaltung / da sie auch ein solch wolgerüstet Zeughauß / mit Geschütz / allerley Sturmzeug / Munition / Wehr vnd Waaffen haben / daß demselben kümmerlich ein anders in Teutscher Nation zu vergleichen / daß ich jetz der schönen Fürstlichen Lustgärten / mit allerhand Bäumen / Gewächsen vnd andern / zu ergetzung dienstlichen dingen geschweige.

Abb. 1
Ansicht von Dresden zur Renaissancezeit vor 400 Jahren
(Holzschnitt aus S. Münsters „Cosmographey“, Basel 1574)

Inhalt

Einführung

Die Erinnerung an Leben und Werk des Nicolaus Copernicus im Jahr 1973 anläßlich der 500sten Wiederkehr seines Geburtstages hat erneut die Blicke auf eine Zeit gelenkt, die die größte progressive Umwälzung brachte, die die Menschheit bis dahin erlebt hatte: die *Renaissance*. Wenn Friedrich Engels mit seinen berühmten Worten diese Zeit als eine Periode charakterisierte, die Riesen brauchte und Riesen zeugte, Riesen an Denkkraft, Leidenschaft und Charakter, an Vielseitigkeit und Gelehrsamkeit, so hat er damit im besonderen auch all jener gedacht, die wie Nicolaus Copernicus (1473—1543), Galileo Galilei (1564—1642), Johannes Kepler (1571—1630) — um nur einige der wahrhaften „Riesen" zu nennen — durch unermüdliche Arbeit unter Anwendung bisher bekannter und weiterentwickelter mathematischer Kenntnisse und technischer Hilfsmittel ein neues Weltbild auf- und auszubauen sich erfolgreich bemühten bzw. die Grundlagen für wahre Naturforschung mit Hilfe des „Experimentes, dem Vater aller Glaubwürdigkeiten", wie Leonardo da Vinci (1452—1519) sagte, legten.

Ullrich von Huttens bekannter Ausruf, in einem Brief von 1518 an den Nürnberger Humanisten Willibald Pirkheimer enthalten: „O seculum! O literae! Juvat vivere!" (O Jahrhundert! O Wissenschaften! Es ist eine Lust zu leben!) widerspiegelt so recht die Begeisterung, die die Renaissance des 16. Jahrhunderts, die Zeit des Überganges vom Feudalismus zum Frühkapitalismus, den Wissenschaften entgegenbrachte.

Die mathematische Wissenschaft und ihre sich jetzt besonders stark entwickelnden technischen Anwendungsmöglichkeiten spielen hierbei eine beachtliche Rolle, wobei eine stetig fortschreitende Annäherung von Theorie und Praxis zu beobachten ist. Es ist erstaunlich, wie viele Menschen verschiedenster Standesklassen und Berufe (hier vor allem Künstler und Kunsthandwerker) von mathematischen Ideen — besonders der geometrischen Gebiete — erfaßt und zur Mitarbeit beflügelt wurden, eine Entwicklung, die natürlich durch die Verbreitung mathematischer Kenntnisse mit Hilfe der jungen Technik des Buchdrucks gefördert wurde.

Die Mathematik benötigte insbesondere für ihre damals ständig wachsende Anwendung bei Messungen, nicht zuletzt für Zwecke der Astronomie und Feldmeßkunst, zur Gewinnung neuer Erkenntnisse *Hilfsmittel* in Gestalt alter, jedoch verbesserter, und neu zu schaffender Geräte. So waren *Meßinstrumente* der verschiedensten Art herzustellen.

Die Meister der im Zeitalter der Renaissance entstehenden *feinmechanischen Werkstätten* zur Herstellung solcher Meßinstrumente kamen seit etwa Mitte des 16. Jahrhunderts aus den Berufen der Uhrmacher, Goldschmiede, Gürtlermeister, Zirkelschmiede, Kompaßmacher und nannten sich nun „Mechanikus", „geometrischer und astronomischer Werkmeister" oder „geometrischer Instrumentenmacher", wobei sie ihren Namen, diese Berufsbezeichnung und das Jahr der Herstellung im allgemeinen an ihren Werken vermerkten. Hieran ist in dieser Zeit wohl erstmalig zu erkennen, wie der fähige, handwerklich tätige Mensch nicht mehr hinter seiner Arbeit zurücktritt, sondern ihr — wie der Künstler — mit berechtigtem Stolz seinen Namen beifügt.

Diese Meister der Renaissance setzten ihr großes Können und ihren Fleiß daran, hervorragende Arbeiten zu liefern, wobei sie oft nicht nur Ausführende der Pläne von Wissenschaftlern und fürstlichen Auftraggebern waren, sondern selbst eigene Ideen auf Grund ihrer praktischen Erfahrungen und mathematischen Kenntnisse zur Ausführung brachten.

Ein schönes Beispiel hierfür wurde vom Verfasser im ersten Band der „Veröffentlichungen des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons", Berlin 1960 (Das Dresdner „Quadratum geometricum" aus dem Jahre 1569 von Christoph Schissler d. Ä., Augsburg, mit einem Anhang [1 a]) aufgezeigt; es fand hier die Arbeit dieses hochangesehenen Augsburger Werkmeisters der Renaissance eine ausführliche Würdigung.

Schissler widmete sein Instrument dem sächsischen Kurfürsten August; es ist verständlich, daß man in Kursachsen für die wertvollen mathematisch-technischen Instrumente Schisslers (Maßstäbe, Zirkel verschiedener Art, Wegmesser, Geschützaufsätze, astronomische Bestecke mit Kompaß, Sonnenuhr und anderen für astronomische Messungen notwendigen Einzelheiten) und anderer süddeutscher Werkmeister (vor allem aus Nürnberg) großes Interesse zeigte, da man in Sachsen im 16. und beginnenden 17. Jahrhundert der Entwicklung der mathematischen Wissenschaften und deren technischen Anwendungen besonders große Aufmerksamkeit entgegenbrachte.

Feld- bzw. Landvermessung, Bergbau und das *Artilleriewesen* waren die Gebiete, die man hauptsächlich förderte. An der Spitze dieser Bestrebungen standen die Landesherren selbst — meist aus Gründen der Erhaltung und Ausdehnung ihrer feudalen Herrschaftsansprüche —, an erster Stelle der für alle wissenschaftlich-technischen, neuartigen Entwicklungen sehr aufgeschlossene Kurfürst August, geb. 1526, Kurfürst seit 1553, gest. 1586.

Zeugen dieser Bestrebungen sind viele von den nach Gründung der *Kunstkammer* im Dresdner Schloß im Jahr 1560 durch Kurfürst August von ihm und seinen Nachfolgern in diese aufgenommenen mathematisch-technischen Geräte. Diese Kunstkammer — die Keimzelle der weltberühmt gewordenen Dresdner Sammlungen — wurde damals auch oft „Wunderkammer" genannt, da sie neben den eigentlichen Kunstgegenständen aus edlem Material auch viele Raritäten und Kuriositäten enthielt. Die Lust am Sammeln war im Zeitalter der Renaissance zu einer Art fürstlichem Sport geworden; so richtete sich auch Kurfürst August eine derartige Kunstkammer ein.

Die mathematisch-technischen Sammlungsgegenstände wurden von den Fürsten selbst oder von ihren Beauftragten für die Durchführung wissenschaftlich-technischer Aufgaben, insbesondere des Vermessungswesens, gebraucht. Diese Instrumente sind uns heute im *Mathematisch-Physikalischen Salon in Dresden* (Zwinger) erhalten geblieben; leider sind aber auch einige dort 1945 verlorengegangen.

Der Salon ist 1728 aus der Kunstkammer im Schloß als eine besondere Abteilung, „Cabinet der mathematischen und physikalischen Instrumente", hervorgegangen;

dieses „Cabinet“ wurde dann um 1730 in Salons des neuerbauten Zwingers untergebracht (wo es sich noch heute befindet) und erhielt damals den Namen „Mathematisch-Physikalischer Salon“ (MPhS) [2].

Wenn wir es heute als Hauptaufgabe sozialistischer Forschung, Lehre und Bildung ansehen, praxisverbundene Erkenntnisse zu gewinnen, anwendungsbereites Wissen zu vermitteln, so sind uns gerade diese alten Instrumente Zeugen dafür, daß ähnliche Bestrebungen — natürlich in beschränktem Umfang — auch schon im Zeitalter der Renaissance vorhanden waren. Viele dieser *Instrumente*, dazu auch *Handschriften*, *Druckwerke* und *Karten*, die im Zusammenhang mit diesen Geräten oder unabhängig von ihnen verfaßt bzw. gezeichnet und in der Bibliothek der Kunstkammer und in Archiven aufbewahrt wurden, beweisen, wie man bemüht war, überliefertes mathematisches Wissen, aber auch neugewonnene Erkenntnisse der mathematischen Wissenschaft und Meßtechnik praktischen Bedürfnissen des Lebens, technischen Zwecken dienstbar zu machen.

In ihnen verkörpert sich also lebendige, d. h. lebensnahe, praxisverbundene Mathematik der Renaissance, die auch heute noch — nicht zuletzt durch die meist kunstvolle Gestaltung dieser Zeugen — beachtliche Ausstrahlungskraft und Lebendigkeit besitzt. *Diese Zeugen sollen im Mittelpunkt der Ausführungen dieser Arbeit stehen;* ihre Entstehung fällt in die Regierungszeiten der sächsischen Kurfürsten August (1526—[Kurfürst seit 1553]—1586), Christian I. (1560—[1586]—1591), Christian II. (1583—[1591]—1611), Johann Georg I. (1585—[1611—1656]—1659), also in den Zeitraum von etwa 1550 bis 1650.

Die folgenden Darlegungen sind damit Beiträge zur Kennzeichnung der mathematisch-technischen Entwicklungen des 16. und beginnenden 17. Jahrhunderts im kursächsischen Raum und im besonderen — auf Grund der ausgewählten Instrumentenbeispiele — *Beiträge zur Geschichte der Feldmeßkunst oder Geodäsie und des artilleristischen Meßwesens* dieser Zeit. Es soll hierdurch erneut auf die sehr starke Förderung und Entwicklung der mathematisch-technischen Wissenschaften im damaligen Kursachsen aufmerksam gemacht und damit gezeigt werden, daß Kursachsen in dieser Hinsicht unter den deutschen Ländern besondere Verdienste zukommen.

Kapitel I dient einer ausführlichen Kennzeichnung des *Entwicklungsstandes der Feldmeßkunst des 16. und 17. Jahrhunderts im kursächsischen Raum*, wobei auch die wichtigsten damaligen Vermessungsarbeiten und deren Ergebnisse (Karten) angeführt werden. Diese Darlegungen sind Voraussetzung für die Ausführungen in den folgenden Kapiteln. Es wird im ersten Kapitel auch auf die wichtige Tatsache der *Verwendung trigonometrischer Tafeln* bei Vermessungsarbeiten dieser Zeit und der damit bedingten Abwendung von dem beliebten, alten Meßinstrument „Quadratum geometricum“ an Hand eines Buches des kursächsischen Gelehrten Erasmus Reinhold aus Wittenberg: „Bericht vom Feldmessen und vom Marscheiden“ (1574) eingegangen.

Weiterhin wird hier eine *Routenkarte* des Kurfürsten August (1575) einer ausführlichen Betrachtung unterzogen, wobei ein noch unbekanntes Längenmaß dieser verlorengegangenen Karte seine Erklärung findet. — Schließlich ist es notwendig, bei Anführung der kursächsischen Maßeinheiten die wichtige sogenannte „*deutsche Meile*“ in ihren interessanten Varianten zu besprechen, da hierüber in der Literatur nichts vorliegt.

In den weiteren Kapiteln (II bis IX) stehen *Instrumente und Schriften des MPhS* aus dem Bereich der Feldvermessung und des Artilleriewesens im Mittelpunkt der

Darstellung, wobei es nicht Aufgabe ist, geschlossene Gruppen von Instrumenten zu besprechen; es sollen vielmehr *wichtige und charakteristische Beispiele der vorhandenen Instrument-Typen* in der durch ihre Verwendung bedingten, im Inhaltsverzeichnis ersichtlichen Reihenfolge angeführt werden; zusammen mit diesen Instrumenten werden die Persönlichkeiten, die sie schufen, gewürdigt.

In einigen Fällen handelt es sich um Sammlungsgegenstände, die leider 1945 verlorengegangen sind. Ihre Würdigung ist schon deshalb besonders wichtig, vor allem aber weil bisher gar nicht, an verschiedenen Stellen — und damit nicht im großen Zusammenhang der Familie der Feldmeßinstrumente — oder vom mathematischen Standpunkt nur ungenügend, insbesondere ohne Zeichnungen zur Erläuterung der mathematischen Grundlagen der Instrumente, darüber berichtet wurde. Hierbei wird auf einige für den betrachteten Zeitraum beachtliche Fortschritte bzw. Entwicklungen auf dem Gebiet der Feldvermessung und des Artilleriewesens (Richtproblem) aufmerksam gemacht. Die Instrumente wurden bei kursächsischen Vermessungsarbeiten (Feldvermessung, artilleristische Messungen, in einigen Fällen auch bei astronomischen Messungen) gebraucht.

Grundlage aller Feldmeßarbeiten ist die Bestimmung der *Länge von Strecken* (z. B. Abstand von zwei Punkten im Gelände, Höhen, Weglängen). Die für diese *unmittelbaren Streckenmessungen* seit alters benutzten Geräte, wie Meßstab, Meßschnur, Meßkette, erforderten bei langen Wegstrecken zuviel Zeit und Mühe. Kurfürst August war es, der sich deshalb mit aller Energie dafür einsetzte, diese Aufgaben auf automatischem Wege mit Hilfe von *Wegmessern* zu lösen. In *Kapitel II* wird auf zwei Beispiele dieser für ihn gebauten Instrumente (Wegmesser von Christoph Schissler, um 1575; Wegmesser von Christoph Trechsler, 1584) näher eingegangen und auf den bisher nicht beachteten Zusammenhang der im ersten Kapitel genannten „Routenkarte“ des Kurfürsten mit diesem Schißlerschen Wegmesser hingewiesen.

Wie schon oben angeführt, wurde das „Quadratum geometricum“ von Christoph Schissler d. Ä. aus dem Jahre 1569 im ersten Band der Veröffentlichungen des MPhS Dresden [1] ausführlich gewürdigt; es war ein Feldmeßinstrument für *mittelbare Streckenmessungen* (ein oder beide Endpunkte einer auszumessenden Strecke sind unzugänglich). Damit der Leser auch im Rahmen dieser Arbeit von dem schönen Werk der Renaissance, dem bedeutendsten Beispiel dieser Instrumentengattung, eine Vorstellung von Aussehen, Aufbau und Verwendung erhält, wird dieses *geometrische Meßquadrat* in seinen Grundzügen in *Kapitel III* dargestellt. Es ist dies auch notwendig, weil kein anderes so speziell für den Zweck der mittelbaren Streckenmessung konstruiertes Gerät in Dresden vorhanden ist.

Skalen mit *ungleichmäßiger* Teilung, auf Quadrantbogen von Meßinstrumenten des MPhS angebracht, haben bisher keine Aufklärung gefunden. Ihre Untersuchung führte zu der Feststellung, daß es mit ihrer Hilfe den Feldmessern der Renaissance möglich war, in gewissen Grenzen rasch mittelbare Streckenmessungen, vor allem Bestimmung von Entfernungen und Höhen, durchzuführen. In *Kapitel IV* werden zwei Instrumente mit Skalen dieser Art in Gestalt eines Meßgerätes in Quadratform von Paulus Puchner/Christoph Trechsler (1572/1576) und eines Meßstabes von Wenzel Jamnitzer (1575) erläutert; diese Teilungen sollen auf Grund ihrer mathematischen Bedeutung *Verhältnisskalen* genannt werden.

In *Kapitel V* wird das für den Feldmesser der damaligen Zeit wichtige *Gerät zur Winkelmessung*, das *Bussolen-Instrument* (oft auch „Compass“ oder „Compast“

genannt) an Hand von vier bedeutenden Beispielen erläutert; drei dieser Instrumente sind heute nicht mehr vorhanden.

Das erste Instrument ist eine historisch beachtliche, frühe, eigenhändige Arbeit des Kurfürsten August (vor 1560); zwei der Instrumente wurden von den betreffenden Werkmeistern, den Goldschmieden Wenzel Jamnitzer aus Nürnberg (Meßscheibe von 1578) und Thobias Volckmar aus Salzburg (Meßkästchen von 1589), zu Universalmeßgeräten mit interessanten mathematischen Einzelheiten ausgebaut, wobei Volckmars wundervolles mathematisches Meßkästchen deshalb besonders bedeutungsvoll ist, weil es bisher völlig unbeachtet blieb.

Das vierte erhalten gebliebene Instrument, die *Auftragsbussole* des Erasmus Habermel aus Prag (um 1590), ist das einzige, hier zu besprechende Gerät, das nicht alter Dresdner Besitz ist; es wurde erst 1911 für den MPhS erworben. Von Bedeutung ist es als sehr schönes Beispiel aus der Gruppe der Auftragsbussolen; es gehört auch zu den wenigen Meßgeräten, die die Teilung eines *nautischen Quadrates* besitzen (Verwendung bei Messungen auf See).

Instrumente für *sehr genaue Winkelmessungen* (Winkelfeinmessungen) sind die drei Geräte der beiden Dresdner Mechaniker Christoph Trechsler, Vater und Sohn (Höhenwinkel-Meßgerät von 1623, Theodolit um 1625 und ein Universalmeßinstrument von 1609/1619), die in *Kapitel VI* besprochen werden. Eine Spitzenleistung feinmechanischer Arbeit ist hierbei das Universalmeßinstrument mit trigonometrischem Meßlineal (einschließlich einer Mikrometerschrauben-Feinteilung zur Winkelmessung bis auf eine Sekunde — eine für damalige Zeit sehr große Winkelmeßgenauigkeit), das im Auftrag des Mathematikers und Dresdner Kunstkämmerers Lucas Brunn hergestellt wurde.

Eine besondere Kostbarkeit des MPhS stellten bisher unbeachtet gebliebene *handschriftliche mathematische Tafelwerke* dar (aus der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts); auch sie sind leider verlorengegangen. Sie geben interessante Aufschlüsse über die Verwendung der Trigonometrie in der Feldmeßkunst der Renaissance. Eine nähere Untersuchung zeigte, daß es sich bei vier der fünf Tafeln um für besondere Zwecke bearbeitete trigonometrische Tabellen handelte, die bei Vermessungen mit der Bussole verwendet wurden; die fünfte Tafel diente der Winkelfeinstmessung (Methode des P. Nunes). Diese Tafelwerke werden in *Kapitel VII* einer eingehenden Betrachtung unterzogen.

Zur Vervollständigung der Besprechung kursächsischer Meßinstrumente der Renaissance wird in *Kapitel VIII* auf einige wichtige *Zeichen- und Rechenhilfsmittel* der Mathematiker, Feldmesser, Künstler und Techniker dieser Epoche eingegangen. Es waren vor allem zwei Instrumente, die sich als Rechen- und Zeichenhilfsmittel großer Beliebtheit erfreuten: der *Reduktionszirkel* und der *Proportionalzirkel*. Rechenarbeiten und Zeichenaufgaben, denen ein Verhältnis bzw. eine Proportion [17] zugrunde lag, ließen sich mit ihrer Hilfe *mechanisch* lösen. Ein sehr frühes und schönes Beispiel der ersten Instrumentengruppe liegt im *Reduktionszirkel* von Christoph Schissler d. Ä. von 1566 vor; anschließend wird ein *Proportionalzirkel* von Christoph Trechsler d. Ä. aus dem Jahr 1624 besprochen. — Ein sehr wertvoller Zeuge für das seit Beginn des 17. Jahrhunderts entwickelte logarithmische Rechenverfahren, das für die Zukunft so bedeutungsvoll werden sollte, begegnet uns in einem sehr frühen Beispiel eines *logarithmischen Rechenstabes* aus Messing (um 1650). — Ein hervorragend ausgestattetes *Reiß- und Meßbesteck* von Christoph Trechsler d. Ä.

und einem anderen Dresdner Meister, Viktor Stark, aus dem Jahre 1622 bildet den Abschluß der in diesem Abschnitt vorgestellten Instrumente.

Das *kursächsische Artilleriewesen* war zu seiner Zeit berühmt. Es ist nicht Aufgabe des *Kapitels IX*, darüber umfassend zu berichten; ein sehr wichtiges Gebiet des artilleristischen Meßwesens, das *Richten von Mörsern und Geschützen* auf bestimmte Schußweiten, soll hier besprochen werden. Ein kursächsischer Artillerie-Techniker, Paulus Puchner, versuchte, die wichtigen ballistischen Probleme der Kenntnis und Bestimmung der Flugbahnen geworfener Körper mathematisch auf seine Art, „auf geometrische Weise", wie er in seiner Handschrift von 1572 sagte, zu lösen. Unter Zugrundelegung geometrischer Vorstellungen konstruierte Puchner Richtgeräte mit neuartigen Skalen; hierauf wurde bisher nicht hingewiesen.

Vor der Besprechung der für Puchner von Christoph Trechsler d. Ä. gefertigten *Pendelrichtquadranten* (1572/1576) und eines nach Puchners Tod von Trechsler hergestellten *Universalrichtgerätes*, ein Geschützaufsatz von 1622, werden *Richtverfahren* und Beispiele von *Richtgeräten des 16. Jahrhunderts*, weiterhin das damalige *Dresdner Zeughaus* und einer seiner bedeutendsten Betreuer, Paulus Puchner, kursächsischer „Hauszeugmeister", gewürdigt.

Mit Hinweisen auf *Beiträge und Handschriften zur kursächsischen Waffenkunde des 16. Jahrhunderts* wird das Kapitel über das kursächsische Artilleriewesen abgeschlossen.

In *Kapitel X* werden für einige im Text genannte Fakten wissenswerte *Anmerkungen* gemacht und Hinweise gegeben; außerdem wird hier auf die einschlägige *Literatur* verwiesen.

Abschließend sei bemerkt, daß die Arbeit auch ein Beitrag zur sächsischen, im besonderen zur Dresdner Heimatgeschichte sein möchte, ebenso zur Würdigung einer der berühmten Dresdner Zwinger-Sammlungen, des Mathematisch-Physikalischen Salons, zu dessen Grundstock und damit zu seinen ältesten Beständen aus der Renaissance des 16. und beginnenden 17. Jahrhunderts die zu besprechenden Sammlungsgegenstände gehören.

Allen Freunden der Mathematikgeschichte und kunsthandwerklich-technischer Schöpfungen sei diese Arbeit gewidmet. Der Pädagoge wird zur Vertiefung der Erkenntnis eines in seinem Unterricht, in der Mathematik-Arbeitsgemeinschaft oder bei der Weiterbildung behandelten Problems vom geschichtlichen Standpunkt aus von den hier gebotenen Möglichkeiten sicher gern Gebrauch machen.

Möge lebendige Mathematik vergangener Zeit auch in unserer technisch so hoch entwickelten Welt noch freundliche Aufmerksamkeit finden und dazu beitragen, die Kenntnisse — insbesondere der jungen Generation — von noch heute bewundernswerten mathematisch-technischen Gestaltungen und ihren Meistern aus früheren Epochen zu vertiefen, um damit auch die Anerkennung dieses Erbes zu festigen.

Der Verfasser möchte an dieser Stelle für die vielseitigen Hilfen und Unterstützungen, die ihm im Laufe seiner Arbeiten durch Bibliotheken und andere Institute, durch Leitung und Mitarbeiter des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons in Dresden und nicht zuletzt bei der Herausgabe durch den VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften gewährt wurden, seinen verbindlichen Dank aussprechen.

I. Zur Geschichte der kursächsischen Feldmeßkunst

1. Grundlagen

Die geistigen Strömungen im Zeitalter der Renaissance und des Humanismus haben auch die mathematische Wissenschaft nicht unberührt gelassen. Die antiken Vorbilder waren nicht in Vergessenheit geraten — ihre Namen sind ja zum großen Teil mit dem Lehrgebäude verknüpft (Thales, Pythagoras, Eudoxos, Euklid, Archimedes, Hipparch, Heron, Vitruv, Ptolemaios u. a.), aber die ursprünglichen Quellen hatte man unbeachtet gelassen; sie beginnt man jetzt wieder freizulegen. Ein eifriges Forschen in den alten Büchersammlungen setzt ein. Andererseits treibt es die unternehmenden Geister in die Ferne; das Ergebnis ihrer Entdeckungsfahrten ist ein ganz neues Weltbild. Die meisten der für diese Reisen benötigten Hilfsmittel (astronomische Meßinstrumente, Kompaß, Karten) stehen mit der Mathematik in irgendeiner Beziehung. Ihre Herstellung und Verwendung hat zur Folge, daß diese Wissenschaft bei ihr bisher fernstehenden Menschen Beachtung findet, daß man sich mit ihr mehr und mehr beschäftigt, daß immer weitere Kreise von ihren Ideen ergriffen werden.

Die Erfindung der *Buchdruckerkunst* durch Gutenberg, die das mühsame Abschreiben von Texten überflüssig machte und eine rasche Vervielfältigung von Schriften ermöglichte, war auch von ausschlaggebender Bedeutung für die Verbreitung und damit Aneignung von mathematischen Kenntnissen. Sie fand von Anfang an sorgsamste Pflege in den wichtigen Zentren des Handels und Verkehrs, des Austauschs materieller und geistiger Güter, in den großen Städten des Reiches. Nürnberg nimmt neben Augsburg unter ihnen eine der hervorragendsten Stellungen ein. Es wird im 16. Jahrhundert zu dem bedeutendsten deutschen Druckort für mathematische Literatur und, begünstigt durch die nahe Universität Altdorf, zu einer Stätte höchster künstlerischer und mathematischer Bildung.

Johannes Regiomontan weilte in den Mauern Nürnbergs (1471—1475) und verlebte dort die fruchtbarsten Jahre seines Schaffens [3]. Sein trigonometrisches Werk gelangte von hier aus zur Kenntnis der Welt. Der Sachse Peter Apian (Bienewitz oder Bennewitz; geb. 1495 in Leisnig, gest. 1552 in Ingolstadt) hat ebenfalls mit dieser Stadt in Beziehung gestanden; sein geographisches Werk „Cosmographicus liber", Landshut 1524, seine Sinustafel (Einheit $r = 10^5$, Werte von Minute zu Minute) und sein Instrument zum mechanischen Auffinden der Sinuswerte des ersten Quadranten sind bemerkenswert („Instrument-Buch", Ingolstadt 1533).

Weiter ist Joachim Rhaeticus (auch Rheticus) zu nennen (1514—1576). Er lehrte im kursächsichen Wittenberg (1532—1542) und Leipzig (1542—1551), danach auch in Prag und Kraków; in Nürnberg hat er die Drucklegung des berühmten Werkes von Nicolaus Copernicus „De revolutionibus orbium coelestium" besorgt

(1543), nachdem er schon ein Jahr zuvor hieraus zwei Kapitel („Über die Seiten und Winkel der Dreiecke") in Wittenberg herausgegeben hatte. Im Jahre 1551 erscheint in Leipzig sein trigonometrisches Tabellenwerk („Canon doctrinae triangulorum"; $r = 10^7$, Werte von 10′ zu 10′), in dem er alle sechs Funktionen in drei Gruppen anordnet. Bei der Einrichtung seiner Tabellen benutzte er zum ersten Mal die Gleichheit der Funktion eines Winkels mit der Kofunktion des Komplementwinkels.

Der astronomische Weckruf des Copernicus war nicht ungehört verhallt. Wenn es schon bisher selbstverständlich war, daß ein Mathematiker sich mit astronomischen Fragen beschäftigte, so begann in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts eine noch eifrigere Tätigkeit auf diesem Gebiet. Die Kunst der Beobachtung und Berechnung suchte man ständig zu verbessern, zu verfeinern, zu vereinfachen. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden oft sehr schnell auf anderen, verwandten Gebieten verwertet, vor allem in der Feldmeßkunst. Hervorragende Gelehrte gehören dieser Zeit an: Kepler, Galilei, Tycho Brahe, Pitiscus (in dessen „Trigonometria" von 1599 auch die Feldmeßkunst berücksichtigt wird), Bürgi, Praetorius, Schwenter, Snellius u. a.

Die Entwicklung der *Algebra* ist eine der wertvollsten Leistungen des 16. Jahrhunderts (Scipione del Ferro, Cardano, Tartaglia, Vieta); die Möglichkeit eines klareren und einfacheren Aufbaues des mathematischen Lehrgebäudes wurde damit geschaffen. In der praktischen Geometrie des 16. und beginnenden 17. Jahrhunderts konnte sich freilich die Algebra noch nicht erfolgreich auswirken; in den Feldmeßschriften dieser Zeit findet sich noch keine Verwendung von Formelzeichen und Formeln.

Aus der Reihe der deutschen Algebraiker oder Cossisten ragt Michael Stifel (1487—1567) hervor; er gehört gleichzeitig dem großen Kreis der deutschen Rechenmeister an, von denen Adam Ries (1492—1559) besonders bekannt geworden ist [14f]. Dank der Buchdruckerkunst konnten jetzt die verschiedensten *Rechenbücher* [14f] im Volke verbreitet werden, um den allgemein tiefen Bildungsstand in dieser Hinsicht zu heben. Die Rechengewandtheit breiter Volksschichten wurde auch tatsächlich größer; ohne diese größere Rechenfertigkeit wieder wäre die rasche Aufnahme und Verbreitung der vielen im 16. Jahrhundert erschienenen „*Feldmeßberichte*" (Einführungen in die Kunst der Feldvermessung) nicht denkbar gewesen.

In Nürnberg hatte es Willibald Pirkheimer (1470—1530) verstanden, Wissenschaftler, vor allem Mathematiker, Künstler und künstlerisch-technisch begabte Menschen um sich zu sammeln: Dürer, Camerarius, Osiander, Hartmann, Rivius, Werner, Schoner (Schoener). Später — nach Pirkheimers Tod — gehören diesem Kreis auch Jamnitzer und Praetorius an. Es ist verständlich, daß die gegenseitige Beeinflussung dieser „Mathematici und Künstler", wie Doppelmayr in seinem Werk [4] diese hochgebildeten Menschen Nürnbergs im 16./17. Jahrhundert zusammenfassend bezeichnet, nicht ausblieb. Das trat besonders dann ein, wenn wissenschaftliche und künstlerische Neigungen und Veranlagungen gleichzeitig vorhanden waren.

Die in der Mathematik zur Geltung kommenden künstlerischen Bestrebungen fanden z. B. ihren Ausdruck in der Darstellung der geometrischen Zeichnung für die Erläuterung einer Feldvermessung im Rahmen eines vollständigen Landschaftsbildes [5], in der Ausführung der Kartenbilder durch Beifügung von Ortsansichten, Bergen, Wäldern u. a. (Abb. 9, 11), vor allem aber in der *Gestaltung mathematischer Instrumente*. So sind auch die Feldmeßinstrumente der Dresdner Sammlung aus dem 16. und beginnenden 17. Jahrhundert fast ausnahmslos Kunstwerke, ohne daß sie dabei in dieser Form für eine praktische Verwendung ungeeignet gewesen wären.

Nürnbergs Werkmeister waren den mathematisch-künstlerischen Bestrebungen ihrer Heimatstadt sehr stark verbunden. Sie entwickeln als erste in ihren Werkstätten diese Kunst des Apparatebaues [6]. Auch in anderen Städten des Reiches beginnt man sich mit der Herstellung mathematischer und mechanischer Kunstwerke zu beschäftigen; besonders *Augsburg* wird auf diesem Gebiet Nürnberg ebenbürtig. An der Spitze der Augsburger Werkmeister steht Christoph Schissler [1a]. Der lebhafte Handel und Verkehr, der diese Städte mit anderen verbindet, haben zur Folge, daß interessierte Kreise, Kaiser und Fürsten (Kaiser Rudolf II. in Prag, Kurfürst August von Sachsen, Landgraf Wilhelm IV. von Hessen) und auswärtige Gelehrte auf diese mechanische Kunstfertigkeit aufmerksam werden. Sie kaufen Werke an, suchen sich die geschicktesten Meister dienstbar zu machen und gründen eigene Werkstätten.

In diesem Sinne haben die Bestrebungen in Nürnberg, Augsburg und auch Prag die *kursächsische Feldmeßkunst* beeinflußt. Die Folge davon war die Entwicklung einer heimischen Technik des Instrumentenbaues. Schon fünf Jahre nach seinem Regierungsantritt beruft Kurfürst August 1558 den Innsbrucker Meister Hans Göbe als Hofuhrmacher nach Dresden; dem Wunsche des Kurfürsten folgend, entwickelt er sich zu einem ausgezeichneten Feinmechaniker, von dem Meßinstrumente (Sonnenuhr, Kompaß in einem Ringgehänge, Geschützaufsatz, astrologisch-kalendarische Meßscheibe) und eine Seekarte in der Kunstkammer vorhanden waren (gest. 1574). Der kursächsische Instrumentenbau erreicht dann mit den Arbeiten des Dresdner „Mechanikus" Christoph Trechsler d. Ä. (geb. um 1550, gest. 1624) eine beachtliche Höhe [47].

Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß die bisherigen Darlegungen zeigen, wie die Mathematik seit dem 16. Jahrhundert eine ganz *neue gesellschaftliche Stellung* gewinnt. Weite Kreise werden von ihren Ideen erfaßt, ihre vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten in technischen Bereichen werden erkannt und genutzt bei ständiger Verbesserung der methodischen Grundlagen. Die Mathematik entwickelt sich dadurch mehr und mehr zu einer beachtlichen *Produktivkraft*.

2. Entwicklung der kursächsischen Feldmeßkunst

Die Entwicklung der kursächsischen Feldmeßkunst wurde — wie die anderer Länder — durch die bisher genannten Bestrebungen gefördert. Im besonderen lieferten zu dieser Entwicklung in Sachsen die beiden bedeutenden kursächsischen Universitäten *Leipzig* und *Wittenberg* beachtliche Beiträge. Ihre Lehrer vermittelten das wissenschaftliche Rüstzeug; sie waren aber auch, wie manche ihrer Schüler, an Vermessungsarbeiten und der Herstellung von Kartenbildern beteiligt.

Es wirkten hier der schon oben genannte Joachim Rhaeticus (1514—1576), der eine Anleitung zur Landvermessung herausgab. Neben ihm ist Erasmus Reinhold (1511—1553) zu nennen. Beide waren eine Zeitlang in Wittenberg gleichzeitig tätig, wo auf Melanchthons Anregung 1532 eine Teilung des mathematischen Lehrstuhls (Mathematica inferior — Arithmetik und Geometrie, und Mathematica superior — Astronomie) durchgeführt wurde; RHAETICUS und REINHOLD waren die Lehrstuhlinhaber, beide waren Anhänger der Lehre des COPERNIKUS.

REINHOLD bearbeitete die trigonometrischen Tafeln des REGIOMONTAN neu und verfaßte einen sehr ausführlichen „*Feldmeßbericht*", den sein Sohn 1574 mit dem Anhang „*Vom Mar(k)scheiden*" herausgab. Auf diesen „Bericht" wird im Abschnitt „Lehrbücher der Feldmeßkunst" (S. 25) näher eingegangen.

Es sind weiterhin folgende mit Leipzig bzw. Wittenberg verbundene Gelehrte zu nennen: JOHANN HUMELIUS (HOMMEL; 1518—1562) in Leipzig, Nachfolger des RHAETICUS; VALENTIN THAU, Nachfolger des HUMELIUS in Leipzig, Berater des Kurfürsten AUGUST auf dem Gebiet mathematischer Instrumente; BARTHOLOMÄUS SCULTETUS (SCHULZE, 1540—1614, ein Schüler des HUMELIUS) in Leipzig und Wittenberg, danach Lehrer und Bürgermeister in Görlitz [7]; MELCHIOR JOESTEL (1559 bis 1619) in Wittenberg. — HUMELIUS, SCULTETUS und JOESTEL waren für die kursächsische Feldmeßkunst von besonderer Bedeutung.

HUMELIUS war an den ersten Vermessungsarbeiten, die Kurfürst AUGUST ausführen ließ, beteiligt. Von SCULTETUS stammt die erste brauchbare Karte des Kurfürstentums Sachsen (mit angrenzenden Gebieten), 1568 entworfen, 1573 im Druck erschienen im „Theatrum orbis terrarum" des A. ORTELIUS (Abb. 11 und dazugehöriger Text). Bekannt wurde SCULTETUS auch durch sein Werk „Gnomonice, von allerley Solarien, das ist himmlischen Circuln und Uhren ...", Görlitz 1572; hierin wird auch der „verjüngte Maßstab", d. h. die *Transversalteilung zur Feinmessung* erläutert [8].

Der in Dresden geborene MELCHIOR JOESTEL besaß umfassende mathematische und technische Kenntnisse. Er erwarb sich das Vertrauen des Kurfürsten CHRISTIAN II. (1591—1611). Ihm wird (um 1591) die Leitung der 1560 gegründeten Dresdner Kunstkammer übertragen; er behält diese bis zu seinem Tode im Jahre 1619. Er war damit „Churfürstlicher Kunstkämmerer" [9].

Während der wichtigen Zeit des Aufbaues dieser Sammlung steht JOESTEL an ihrer Spitze; seiner Arbeit ist die Schaffung eines reichen Grundstockes, besonders an Feldmeßinstrumenten, mit zu verdanken. Seine „Prosthaphaeretische Astronomie" erscheint im Jahre 1598. Er lehrt hierin ausführlich diese interessante Methode der Zurückführung einer höheren Rechenoperation auf niedere (Multiplikation auf Addition und Subtraktion) mit Hilfe trigonometrischer Beziehungen; sie wird später von der Logarithmenrechnung verdrängt.

Der einflußreichste Mathematiker am kursächsischen Hof im ersten Viertel des 17. Jahrhunderts war Magister LUCAS BRUNN (um 1575—1628). Auch er ist für die kursächsische Feldmeßkunst nicht ohne Bedeutung; das kommt schon in seiner Stellung als Nachfolger JOESTELS in der Leitung der Dresdner Kunstkammer zum Ausdruck. Der Annaberger Mathematiker und Münzmeister ABRAHAM RIES, Sohn des berühmten Rechenmeisters ADAM RIES (S. 18), der auch in dem Bergbaugebiet von Annaberg — einem der Zentren des europäischen Frühkapitalismus — arbeitete, hat auf den jungen BRUNN seinen Einfluß ausgeübt. Von ihm wurde der in Annaberg geborene BRUNN in die mathematische Lehre eingeführt. Von 1598 bis 1601 studierte er in Leipzig, war Schüler des PRAETORIUS [10] in Altdorf, lebte einige Jahre in Nürnberg, wurde „Churfürstlicher Mathematicus" in Dresden und im Jahre 1619 von Kurfürst JOHANN GEORG I. (1611—1656) zum Nachfolger JOESTELS in der Leitung der Kunstkammer ernannt [11]. LUCAS BRUNN war auch der Lehrer des

Kurprinzen und nachmaligen Kurfürsten JOHANN GEORG II. (1656—1680). THEODOSIUS HÄSEL (Tischler, Goldschmied und Mathematiker) aus Augsburg folgte ihm in der Leitung der Kunstkammer (1628—1658).

3. Instrumente zur Feldvermessung

Eine Übersicht der im 16. und teilweise auch noch im 17. Jahrhundert gebräuchlichsten Instrumente zur Feldvermessung — auch in Kursachsen bei Feldmeßarbeiten verwendet — ist in Abb. 2 wiedergegeben. Die Abbildung ist einem in vieler Hinsicht sehr beachtlichen Werk des Nürnberger Arztes WALTHER RIVIUS, „der Mathematischen Künst liebhaber", wie auf einer Titelseite vermerkt ist, entnommen. Diese „*Perspectiva*" [12a] erschien im Jahre 1547 in Nürnberg. Das Werk besteht aus drei „Büchern" (1. „Der neuen Perspectiva das I. Buch", 2. „Geometrische Büxenmeisterey" [108], 3. „Geometrische Messung") und kann als erstes mathematisch-technisches Lehrbuch in deutscher Sprache bezeichnet werden. Es war im 16. Jahrhundert sehr beliebt und erlebte eine Reihe von Auflagen. RIVIUS hat in seinem Buch Teile wichtiger mathematisch-technischer Schriften, die erst wenige Jahre vor 1547 außerhalb Deutschlands erschienen waren, der Öffentlichkeit in deutscher Sprache zugänglich gemacht. Auf dieses Werk wurde bei der Besprechung von SCHISSLERS „Quadratum geometricum" ausführlich eingegangen [1a; S. 15—23] mit Wiedergabe der Titelseiten der drei „Bücher". Für die Feldmeßkunst von besonderer Wichtigkeit ist das dritte Buch „Geometrische Messung". An Hand vieler Zeichnungen werden hier die verschiedensten Feldmeßaufgaben, aber auch andere geometrische Messungen erläutert; das astronomische Meßwesen wird nicht behandelt. Diese „Geometrische Messung" enthält den in Abb. 2 wiedergegebenen Holzschnitt.

Auf diesem Holzschnitt sind folgende Feldmeßinstrumente [12b] zu sehen (oben links beginnend): **1.** *Meßquadrat* (alte Bezeichnung: Quadratum geometricum oder Geometrisches Quadrat) mit 60-Teilung der Seiten, von RIVIUS „Meßramen" genannt; zur Winkelmessung mit Ablesung am in Grad geteilten Quadrantbogen und für mittelbare Streckenmessungen (ein oder beide Endpunkte der auszumessenden Strecken unzugänglich) bei Benutzung der geteilten Quadratseiten; zum Einvisieren eines Zieles dient ein drehbares Lineal (Alhidade bzw. Al-idade genannt) mit zwei daran angebrachten, durchlöcherten Zielscheiben (Lochvisier, Diopter bzw. „Absehen" von den Feldmessern genannt); über die Verwendung des Meßquadrates vgl. [1a; S. 35—38] und Kapitel III. — **2.** *Quadrant* für Winkelmessungen mit Meßquadrat zur Streckenmessung. — **3.** Zwei *Stäbe*, die zu einem „*Jakobstab*" zusammengesteckt werden: Längsstab mit ungleichmäßiger Teilung (Gradskala) und gleichmäßiger Teilung; senkrecht dazu verschiebbar der kürzere Querstab mit gleichmäßigen Teilungen; Verwendung für Winkel- und Streckenmessungen (Näheres hierzu vgl. [1a; S. 24 und ein Meßbeispiel: Abb. 27/28]). — **4.** *Meßquadrat* (24-Teilung: beziffert 1 bis 12) mit verlängerten Seiten; für Entfernungsmessungen (z. B. Anwendung dieses Instrumentes beim Richten von Geschützen; vgl. Abb. 67 mit Text). — **5.** *Verbindungshülse* für die Stäbe des Jakobstabes (s. oben Nr. 3) — rechts daneben ein *Lochvisier* für den Jakobstab. — **6.** Darüber ein einfacher *Quadrant*

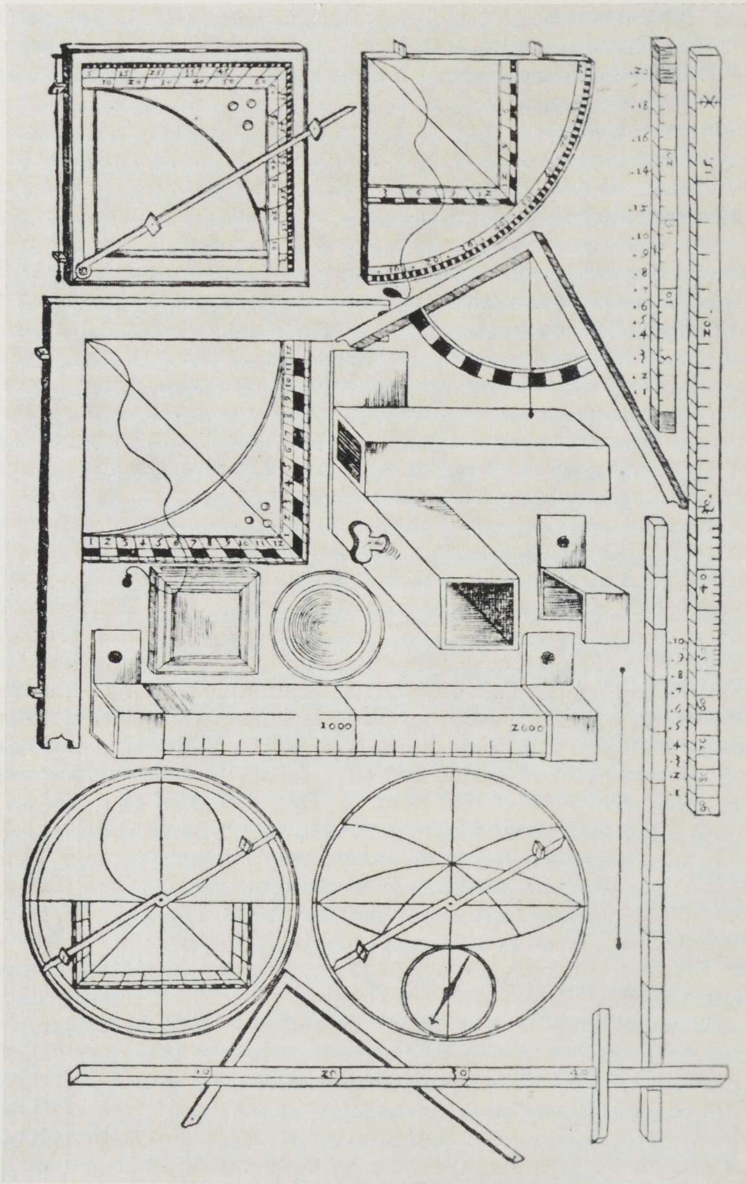


Abb. 2
Feldmeßinstrumente des 16. Jahrhunderts
(Rivius, Perspectiva, III. Buch: „Geometrische Messung")

(12-Teilung), gebraucht zur Einstellung der Rohrneigung bei Geschützen; vgl. Abb. 67 mit Text. — **7.** Unter dem großen Meßquadrat zwei *Spiegel* für das alte Höhenmeßverfahren. — **8.** Darunter *Querstab eines Jakobstabes* mit aufgesetzten Lochvisieren. — **9.** *Astrolabium* oder „Sternfasser" (ein altes, weitverbreitetes Meßinstrument vor allem für astronomisch-astrologische Verwendung; vgl. [16, 2.] und [70a]) mit Gradteilung und Meßquadraten (S. 65) für Winkel- und Streckenmessungen. — **10.** *Bussolen-Instrument* für Winkelmessungen. — **11.** Daneben *Bleilot* und *Meßstab* für unmittelbare Streckenmessungen (hierfür oft auch Verwendung einer Meßkette). — **12.** Unten: *„Winkelhaken"* (90°). — **13.** Einfacher *Jakobstab* mit gleichmäßiger Teilung für Streckenmessungen (hier Längs- und Querstab zusammengesteckt; bei der Messung Anwendung der Ähnlichkeit von Dreiecken).

Neben dieser *Grundausrüstung* an Meßgeräten einfacher Ausführung für den Feldmesser und Artilleristen führt RIVIUS noch einen *Prototyp des Theodoliten* an, von ihm „New erfunden instrument" genannt (ausführliche Besprechung dieses interessanten Instrumentes mit Bildwiedergabe vgl. [1a; S. 20—23]).

Eine Instrumentengruppe, von der RIVIUS noch nicht berichten kann, da diese Geräte erst in der zweiten Hälfte bzw. gegen Ende des 16. Jahrhunderts bekannt werden, ist abschließend noch zu nennen. Es sind dies Feldmeßgeräte, mit denen ein auszumessendes Dreieck durch drei Lineale verjüngt dargestellt werden konnte (*Triangulationsinstrumente*). Es gehören hierher N. RENSBERGERS „Triangel" (RENSBERGER, N.: Geometria. Augsburg 1568), das „Trigomètre" und auch „Graphomètre" von PH. DANFRIE (Déclaration de l'usage du graphomètre aussi du Trigomètre ..., Paris 1597) und LEONHARD ZUBLERS „Novum Instrumentum Geometricum"; Zürich 1603. — Ein dem Instrument von ZUBLER nachgebautes Triangulationsinstrument des MPhS wird in Kapitel VI besprochen, ebendort auch ein frühes Beispiel eines Theodolit-Instrumentes.

Bei den *kartographischen Aufnahmen* des 16. Jahrhunderts handelt es sich im wesentlichen um *Polygonvermessungen*; man zerlegte eine auszumessende Fläche — ein Polygon, dessen Eckpunkte festlagen — *in Dreiecke.* Diese Dreiecke wurden dann nach Strecken- und Winkelmessungen gezeichnet und ergaben zusammen die auszumessende Fläche. Die Ausmessung von *rechtwinkligen Dreiecken* — horizontal gelegen (auch vertikal bei Höhen- oder anderen mittelbaren Streckenmessungen) — ließ sich nach Einführung des *trigonometrischen Verfahrens* (REINHOLD 1574, vgl. S. 27) besonders vorteilhaft durchführen.

Für die Vermessungsarbeiten dienten die oben als *Grundausrüstung des Feldmessers* bezeichneten Instrumente (vor allem *Meßlatte* bzw. *Meßkette* für unmittelbare Streckenmessungen, *Meßquadrat* für mittelbare Streckenmessungen, *Bussolen-Instrumente* für Horizontalwinkelmessungen, *Quadrant* für Vertikalwinkelmessungen).

Die Triangulationsinstrumente stellen den Versuch dar, auf *mechanisch-graphischem Wege* rasch Dreiecksausmessungen durchzuführen. Diese Instrumente haben sich nicht durchgesetzt, wenn sie auch im 17. Jahrhundert verschiedentlich verwendet wurden. An ihre Stelle trat seit Beginn des 17. Jahrhunderts der *Meßtisch* (J. PRAETORIUS 1590 [10]), von D. SCHWENTER in seiner „Geometria practica nova", Nürnberg 1618, besprochen.

Das *Triangulationsverfahren* (Dreiecksverkettung, d. h. Festlegung eines Netzes von Dreiecken, in das weitere Vermessungspunkte eingeschaltet und die Polhöhen an den Begrenzungspunkten der Dreiecke gemessen werden — vgl. hierzu W. SCHICK-

HART [26]) wird im 16. Jahrhundert eingeführt (RAINER GEMMA (FRISIUS), Libellus de locorum describendorum ratione, Antwerpen 1533 — weiterentwickelt von W. SNELLIUS, Eratosthenes Batavus, Leiden 1617), ist aber bei den Vermessungsarbeiten des 16. Jahrhunderts nur sehr wenig zur Anwendung gekommen. Dies geschieht erst im 17. Jahrhundert, nachdem der Meßtisch bekannt und der Theodolit zu einem brauchbaren Universalwinkelinstrument entwickelt wurde.

Verbesserungen an astronomischen Meßinstrumenten, die genauere Messungen ermöglichten, wurden im 16. und beginnenden 17. Jahrhundert auch der Feldmeßkunst dienstbar gemacht. Es sind hier zu nennen: Einführung der *Transversalteilung* (vgl. [8]) für genaue Strecken- und Winkelmessungen, die 44 *Hilfskreise* des NUNES (auch NUÑEZ, NONIUS) für Winkelfeinmessungen und die heute als „*Nonius*" bezeichnete Vorrichtung (z. B. am *Meßschieber*, früher Schieb- oder Schublehre genannt) zur Feinmessung von Strecken und Winkeln [13]. Dazu kommen der *Ausbau der trigonometrischen Tafelwerke* und ihre *Verwendung bei Feldmeßarbeiten* (vgl. hierzu S. 29 und Kapitel VII). Schließlich dienten im 17. Jahrhundert die Einführung der *logarithmischen Berechnungsmethode* und die Konstruktion des *Rechenstabes* zur Erleichterung notwendiger Rechenarbeiten [14].

4. Lehrbücher der Feldmeßkunst und Feldmeßberichte

Lehrbücher der Feldmeßkunst oder „Praktische Geometrien", wie man oft dafür sagte, und sogenannte „Feldmeßberichte", d. h. Anleitungen zur Lösung von bestimmten Aufgaben der Feldmeßkunst oder Beschreibungen von Feldmeßinstrumenten und deren Anwendung, sind im 16. und beginnenden 17. Jahrhundert in großer Zahl entstanden, handschriftlich oder im Druck erschienen. Am Anfang steht der geometrische Teil der „Margaritha Philosophica" des G. REISCH (1503), am Schluß die „Geometria practica" von D. SCHWENTER (1618). Das letzte Werk wurde maßgebend für einen großen Teil des 17. Jahrhunderts, es hat mehrere Auflagen erlebt [15, 6.].

Der Dresdner Kunstkammer war seit ihrer Gründung eine *Bücherei* angeschlossen, in die auch viele dieser Schriften aufgenommen wurden. Sie gingen dann zum größten Teil in die Bücherei des MPhS über; es sind aber auch Bestände der Kunstkammer-Bücherei in die Landesbibliothek Dresden aufgenommen worden. Viele den Kurfürsten persönlich gewidmete Handschriften, zum Teil in hervorragend künstlerischer Ausführung (oft Instrumenten der Kunstkammer zugehörig, wie z. B. die „Geometria" SCHISSLERS von 1569, in der er sein „Quadratum" beschreibt), wurden so im Salon der Nachwelt erhalten. Leider sind hier 1945 mit wertvollen Instrumenten auch viele dieser kostbaren Schriften für immer verlorengegangen. Da einige von ihnen vor ihrer Vernichtung vom Verfasser untersucht wurden, können sie noch in den folgenden Kapiteln eine Würdigung erfahren.

Mit freudigem Erstaunen bemerkt man beim Lesen in diesen „Geometrien" und „Feldmeßberichten", wie lebendig diese Mathematik der Renaissance ist, mit welcher Frische die Probleme angepackt werden, mit welcher Begeisterung die Verfasser, oft einfache Männer aus dem Volk, dieser „Kunst" huldigen. Als Beispiel hierfür sei der Ausspruch von THOBIAS VOLCKMAR in seiner dem Kurfürsten CHRISTIAN I.

1591 mit einem Instrument überreichten Handschrift — es wird in Kap. V.4 (S. 108f.) darauf eingegangen — angeführt: „Waß die Geometria des Meßens für eine herrliche gabe Gottes und Kunst ist, deß sein alle Mathematische Bücher voll."

Eine Reihe dieser Feldmeßschriften hat in der Literatur eine Würdigung erfahren [15]. Das Werk Jakob Köbels „Vom Feldmessen, geometrischen Meßen und absehen", Frankfurt a. M. 1531, ist hervorzuheben, da es im 16. Jahrhundert in Deutschland, trotz starker Mängel, besonders große Verbreitung gefunden hatte (Auflagen 1550/70/78/84/98/1616). Im kursächsischen Raum — und darüber hinaus — fand im letzten Viertel des 16. Jahrhunderts das Lehrbuch des Wittenberger Gelehrten Erasmus Reinhold „Bericht vom Feldmessen und vom Marscheiden" (1574) besondere Anerkennung. Da es zu den wissenschaftlich am besten fundierten Werken dieser Gattung gehört, soll es im folgenden als ein Beispiel für diese Schriften, besonders aber im Hinblick auf spätere Darlegungen (Meßquadrat: Kap. III, trigonometrische Tafelwerke: Kap. VII) näher betrachtet werden.

Das der Besprechung vorliegende Exemplar [16] gehörte der Bibliothek der Kunstkammer an; der Band zeigte, daß er auch in Dresden eifrig studiert wurde. Der Gesamttitel lautet: „Gründlicher und Wahrer *Bericht vom Feldmessen*, sampt allem, was dem anhengig. Darin alle die jrthumb, so biß daher im Messen fürgeloffen, entdeckt werden. Desgleichen: *Vom Mar(k)scheiden*, kurtzer und gründlicher Unterricht". (*k* hier beigefügt; Druckfehler im Originaltitel — im Text wird mehrfach die Schreibweise „Marckscheiden" verwendet. D. V.) Der „Feldmeßbericht" ist Herzog Albrecht von Brandenburg, das „Buch vom Marscheiden" Kurfürst August von Sachsen gewidmet.

Reinhold hebt in seiner Einleitung hervor, daß „die anderen Bücher in *deutscher Sprache* (mit Büchern in griechischer und lateinischer Sprache, ob sie schon herrliche Titel führen, ist unserem Vaterland und dem gemeinen Mann nicht gedienet) dermassen geschaffen seind, das sie kurtz oder gar falsche ungegründte fundament haben... oder aber auch, das sie nur an einen orth Deutsches landes gerichtet und derwegen nirgent denn daselbst dienlich sein können".

In der Tat vermeidet Reinhold diese Mängel. Sein Feldmeßbericht besitzt eine deutliche *Gliederung*: die vier Grundrechenoperationen, Quadrieren, Berechnung der Quadratwurzel, Flächenberechnung, Felderteilung, Umrechnung in andere Maßeinheiten. Auch der *methodische Aufbau* ist bemerkenswert, so daß die Schrift als Lehr- und Nachschlagebuch für den Feldmesser und für andere geometrisch interessierte Leser recht brauchbar war. An durchgerechneten Beispielen werden die Lehrstoffeinheiten erläutert, wobei die geometrische Verwandtschaft der Ähnlichkeit, die Schlußrechnung (Regeldetri) und das Rechnen mit Verhältnissen bzw. Proportionen Verwendung finden [17].

Etwas schwierig wurde natürlich das Verständnis durch die ausführliche Erläuterung der Rechenwege wegen der noch fehlenden Formelsprache (Reinhold gebraucht aber einige einfache Symbole für häufig vorkommende mathematische Begriffe) und durch die Verwendung des damals noch gebräuchlichen nicht-dezimalen Maßsystems (Ruten, Schuh usw.); die Rechnungen komplizieren sich und nehmen einen breiten Raum ein. — Reinhold fügt eine *Quadrattafel* (für die Zahlen 1 bis 4000) bei, die sehr häufig verwendet wird (Berechnung nach dem Pythagoras — nach heutiger Formulierung: $c^2 = a^2 + b^2$; Bestimmung der Quadratwurzel aus einer Zahl).

Reinhold steht bedeutend höher als der oben genannte Jakob Köbel. Er verwendet keine Näherungslösungen und kritisiert deshalb oft sehr scharf die Ungenauigkeiten des Oppenheimer Stadtschreibers: „... Die viereck können ohne erkendtniß der Triangel (Dreiecke) nicht warhafftig erkandt werden, wiewol sich dessen der gemeine Mann (aber mit seinem großen Schaden) nicht sonderlich acht, und in diesem dem guten albern Mann Jacob Kobel folget, so davon ein Büchlein ausgehen lassen, in welchem er wol bitt, da etwas ungerecht (d. h. ungenau, unrichtig), ihm gütlich zu straffen. Aber vill besser wehr es, da einer des grundes und wahrheit nicht gewiß bericht, gar davon still zu schweigen, denn wolmeinender weise, wie sie sagen, unzehlich Leut, gemeinen Mann und auch Fürsten und Herrn damit zu verführen... Wollest derwegen, günstiger Leser, sonderlich off die folgenden Capittel gute Achtung haben und höchsten fleiß anwenden!" — In der Tat handelt es sich in den diesen Worten folgenden Kapiteln des zweiten Teiles (vor allem das 5. und 19.) um wichtige Abschnitte („Diese Capittel sind die fürnembsten, dahin man gleichsam in allen nöthen eine Zuflucht haben muß."). Im fünften Kapitel wird der *Flächeninhalt des Dreiecks* berechnet (Spezialdreiecke, insbesondere das rechtwinklige Dreieck, und das beliebige Dreieck). An Beispielen zeigt Reinhold, daß sich der Flächeninhalt durch Multiplikation von Grundlinie und zugehöriger Höhe mit nachfolgender Halbierung des Produktes ergibt, also Verwendung der Grundformel $A = {}^1/_2\, g \cdot h_g$, ohne diese zu nennen; der Gebrauch von Formeln ist ja im 16. Jahrhundert noch nicht eingeführt. Der Flächeninhalt bei gegebenen Seiten wird über eine Hilfshöhe gewonnen, oder es wird der Berechnungsweg so durchgeführt, wie ihn die Heronische Formel vorschreibt.

Zur *Dreieckausmessung* benutzt Reinhold die *Meßstange* oder den *Draht* („hänffene Schnür hat Nachteile"), zur *Absteckung rechter Winkel* das *rechtwinklige Dreieck* oder das *„geknüpfte Seil"* (mit 3 + 4 + 5 Abschnitten: Pythagoreisches Zahlentripel, wie schon im Altertum verwendet).

Wichtig ist die *Kreisberechnung*, einschließlich der Bestimmung der *Bogenlänge* (Verwendung von $\pi = 3^1/_7$). An dieser Stelle führt Reinhold seine *Sinustafel* ein, die er dem Werk beilegt. Er gebraucht freilich an keiner Stelle diesen Namen; er spricht vielmehr nur von seiner *A- und B-Tabelle* (A = Winkel, B = Sinusstrecke bzw. Sinuswert).

Reinhold folgt bei der Einführung der Sinustafel an dieser Stelle, bei der Bogen- und Sehnenberechnung, der seit dem Altertum üblichen Festlegung der *Halbsehne* (BC in Abb. 3a) als *Sinusstrecke* [18]. Im rechtwinkligen Dreieck ABC mit festgelegter Hypotenusengröße r gehört zu einem bestimmten Winkel α eine bestimmte Sinusstrecke BC (gemessen in Einheiten der Hypotenuse); diese Sinusstrecken sind damit auch Maße für die zugehörigen Winkel, d. h., es können Winkel durch diese Strecken gemessen werden.

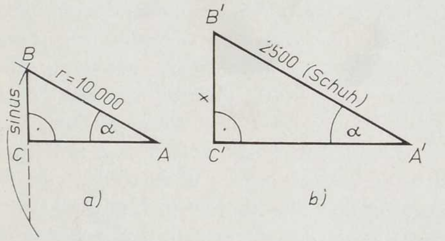
Die Winkelwerte und die zugehörigen Größen der Sinusstrecken wurden in den *Sinustabellen* vereinigt, wobei nach und nach die Erhöhung der Genauigkeit durch Vergrößerung einer *dezimal* gewählten Größe r (z. B. in einer *Tabelle* Regiomontans, 1541 nach seinem Tod erschienen: $r = 10^7$) erreicht wurde. So war es möglich, Tabellen mit Teileinheiten des Grades (bei Regiomontan bis zu 1′) aufzustellen.

Eine solche Tabelle mit dezimaler Grundgröße ist Reinholds AB-Tafel (vgl. auch S. 20). Ein Teil von ihr ist in Abb. 3c wiedergegeben. Die Winkel sind in Spalte A in Minuten angegeben (von 0′ bis 5400′, d. h. 90°; Anstieg von Wert zu Wert: 10′); als Grundgröße wurde $r = 10000$ gewählt. So ist z. B. für $\alpha = 53°$ (3180′) nach Spalte B die Sinusstrecke 7986 Einheiten (verglichen mit den 10000 Einheiten von r). Zum Vergleich wurde in Abb. 3d neben die AB-Tafel dasselbe Stück in

Gestalt der heutigen trigonometrischen Tabellenform (mit $r = 1$; 6stellig) gesetzt. Es ist ersichtlich, daß bei der AB-Tafel eine *Genauigkeit von drei bis vier Stellen* vorhanden ist.

Reinhold fügt noch eine *Proportionaltafel* zur Einschaltung der einzelnen *Minuten* bei (Unterschied der Sinuswerte in Spalte C; es ergibt sich nach dieser Tabelle z. B. für $A = 3187'$ der Zuschlag x zu 7986 aus $x : 17 = 7 : 10$; $x = \frac{17 \cdot 7}{10} \approx 12$, d. h. $B = 7998$.

Mit Hilfe seiner Sinustafel kann nun Reinhold die so häufig vorkommenden Ausmessungen von *rechtwinkligen Dreiecken* vornehmen, wie es von ihm auch in beiden Teilen seines Werkes oft geschildert wird. Hierbei kann das Dreieck in einer der beiden Hauptlagen (horizontal bzw. vertikal), aber auch beliebig schräg liegen (z. B. $\triangle APS$ in Abb. 18).



A	B	C
⋮	⋮	⋮
3180	7986	
		17
3190	8003	
		18
3200	8021	
⋮	⋮	⋮

c)

α	$\sin \alpha$
⋮	⋮
53°	0,798636
53°10'	0,800383
53°20'	0,802123
⋮	⋮

d)

Abb. 3

Es können die folgenden *beiden Fälle* erledigt werden:

1. Bei Kenntnis eines Winkels und der Hypotenuse ist die Größe einer Kathete zu bestimmen; und die Umkehrung:
2. Bei Kenntnis eines Winkels und einer Kathete ist die Größe der Hypotenuse zu bestimmen.

Es ist zu bemerken, daß Reinhold diese *Systematik* selbst nicht anführt; sie liegt aber den von ihm besprochenen Beispielen zugrunde.

Ein *Beispiel* (Fall 1) genüge zur Erläuterung des Lösungsweges (Abb. 3a, b): Die Hypotenuse $A'B'$ und α wurden ausgemessen; $A'B' = 2500$ (Schuh), $\alpha = 53° = 3180'$. Gesucht: x = Kathete $B'C'$. — Auf Grund der Ähnlichkeit der Dreiecke ABC und $A'B'C'$ ergab sich mit Hilfe des zweiten Strahlensatzes [17] die Proportion (in heutiger Schreibweise!):

$$x : B = 2500 : 10000; \quad x = \frac{2500 \cdot B}{10000}.$$

Diese Berechnung war vom Feldmesser auszuführen; für $B = 7986$ ergab sich $x = 1996^1/_2$ (Schuh); vgl. [19].

Es ist hier noch zu bemerken, daß die *heutige Definition* der trigonometrischen Funktion sin (Entsprechendes gilt für die anderen trigonometrischen Funktionen) als Verhältnis von Gegenkathete zu Hypotenuse die Aufstellung einer Verhältnisgleichung — wie noch zu REINHOLDS Zeiten notwendig — überflüssig macht; der Ansatz (Abb. 3b) $\sin\alpha = x : 2500$ ergibt unmittelbar $x = 0{,}798\,636 \cdot 2500 = 1\,996{,}59$.

Zur *Winkelmessung* empfiehlt REINHOLD einen „*Compast*", eine in 360° geteilte Scheibe (möglichst groß wegen der Gradunterteilung bis auf 10′) mit Magnetnadel und „Visierzeiger", also ein Visierkompaß oder *Bussolen-Instrument*.

Im „Feldmeßbericht" wird von REINHOLD auch der wohl interessanteste Fall der Dreiecksberechnung angeführt: Zwei Seiten und der eingeschlossene Winkel eines beliebigen Dreiecks sind gegeben (gemessen); die dritte Seite ist zu berechnen. Sein Lösungsweg — wieder an Beispielen erläutert — enthält versteckt den Lösungsablauf, wie er heute mit Hilfe des *Kosinussatzes* vorgenommen wird.

Ein Fall der Berechnung von rechtwinkligen Dreiecken in *einem* Rechengang ist mit Hilfe einer Sinustafel *nicht* lösbar: Ein Winkel und eine Kathete wurden ausgemessen, die Größe der anderen Kathete ist zu berechnen.

Diesen Fall (Berechnung in *einem* Rechengang) behandelt REINHOLD in seinem Bergwerksbuch „*Vom Marscheiden*" (richtiger Markscheiden); es ist dies der unten angegebene zweite Fall (durchgerechnet auf S. 31). Zur Berechnung führt er eine *zweite Tafel* ein, eine *Tangens/Kotangens-Tafel*, die von besonderem Interesse ist.

Vor Behandlung von Grundaufgaben des Bergbau-Vermessungswesens wird von REINHOLD ein dafür benötigter „*Quadrant oder Compast*" genannt. Es sind mit ihm vor allem Vertikalwinkel zu messen. Die genaue Herstellung des Instrumentes aus Holz wird beschrieben; es darf „auf 100 Lachter (ein Bergbau-Maß; vgl. S. 33) nicht um 1 Schuh fehlen", d. h., eine Längenmessung von 200 m soll um weniger als 28 cm fehlerhaft sein. Der Quadrant besitzt eine „Visierröhre" an Stelle der meist üblichen „Visierlöchlein", einen in der Mitte eingelegten Kompaß, vier konzentrische Skalen, mit deren Hilfe $^1/_6{}^\circ$, d. h. 10′, ablesbar waren, und schließlich ein um das Zentrum drehbares „Visierlineal" an Stelle eines Pendels. Eine Ergänzung zu diesem Apparat bilden eine „*Wasserwage*" (eine mit Wasser gefüllte, horizontal einstellbare Holzrinne) und eine „*Bergwage*" (Halbkreisscheibe mit Gradteilung und Pendel). Abb. 4 zeigt eine solche „Wasserwage"; sie ist dem Werk des RIVIUS (vgl. S. 21) von 1547, „Geometrische Messung", fol. XLVII, entnommen. Es sind darauf noch einfachere „Wasserwagen mancherley gestalt" zu sehen.

Als „vornehmste Aufgabe der Markscheidekunst, die vor dem Anlegen des Bergwerkes zu erledigen ist", gelten REINHOLD folgende *Berechnungen* (Abb. 5b; $A'B'$ stelle hierbei einen Bergabhang dar):

1. Es ist die *Stollentiefe* t vom Stolleneingang B' bis C' (wo ein horizontaler Querstollen auf den senkrechten Stollen oder Schacht trifft) zu bestimmen; ebenso die *Länge* l *des Querstollens*. Hierbei sind die Entfernung Mundloch A' bis Stolleneingang B' und der Tiefenwinkel β bekannt (erster Fall).
2. Die *Stollentiefe* t bzw. die *Querstollenlänge* l wird gesucht, wenn eine der beiden Längen und der Tiefenwinkel β bekannt sind (zweiter Fall).

Es handelt sich also um Berechnungen am *rechtwinkligen Dreieck* (hier vertikal stehend). Zur Zeit REINHOLDS arbeitete der Bergbau noch mit verhältnismäßig geringen Stollentiefen, wobei Querstollen vom Berghang nach dem Hauptstollen oder Schacht vorgetrieben wurden. — Die Lösung dieser Aufgaben lassen die *Eigenart der Didaktik* REINHOLDS besonders gut erkennen: Angabe verschiedener Lösungsmöglichkeiten, d. h. Verwendung alter und neuer Methoden bei weitgehender Benutzung ausgerechneter Tafelwerke.

Im *ersten Fall* werden zwei Lösungswege angegeben. Der *erste* ist sehr alt: Konstruktion eines dem großen Dreieck in der Natur ähnlichen Dreiecks aus Stäben am Stolleneingang B' (nachdem $A'B'$ und der Tiefenwinkel β ausgemessen wurden), danach Abmessung der gesuchten Dreieckseite t bzw. l am Stabdreieck und Umrechnung in die wahren Größen.

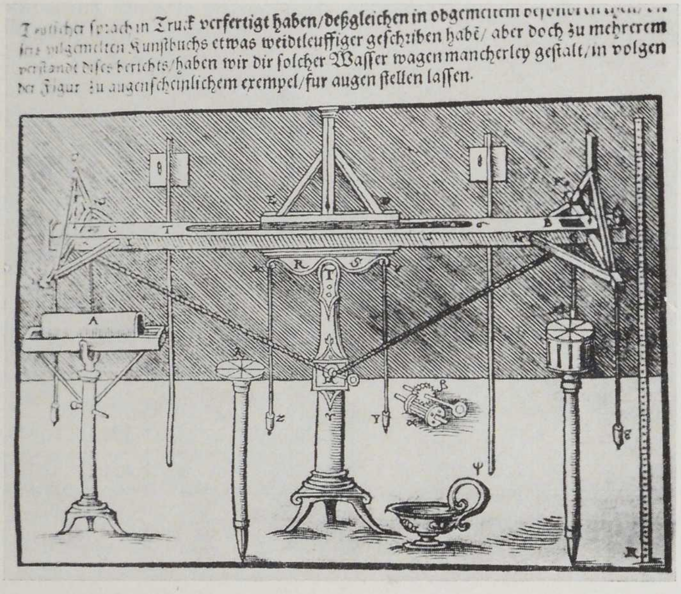


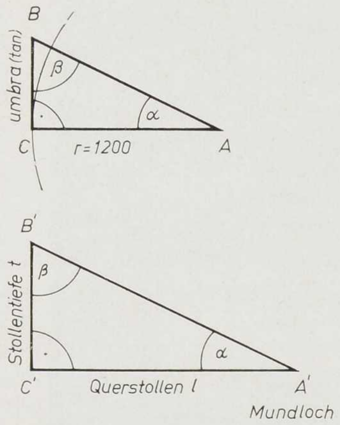
Abb. 4
„Wasserwagen mancherley gestalt“
(Rivius, „Geometrische Messung“, 1547, fol. XLVII)

Der *andere Weg* führt über die *Sinustafel* zum Ziel. Die Lösung entspricht der des oben angeführten Beispiels (S. 27 mit Abb. 3a, b), wobei an Stelle des gemessenen Winkels β (Abb. 5b) dessen Komplementwinkel α zur Berechnung benutzt wird.

Zur *Lösung des zweiten Falles* (l bzw. t gesucht; t bzw. l und β bekannt) werden wie im ersten Fall zwei Wege angegeben. Der *erste Weg* ist wieder ein altes Verfahren: Schrittweises Nivellieren längs des Berghanges ergibt l bzw. t; Reinhold braucht dazu seine „Wasserwage“ und eine Meßlatte.

Der *zweite Weg* — ein neues Verfahren — ist wichtig. Zur Lösung wird eine *Schatten- oder umbra-Tafel* (nach heutiger Bezeichnung: *Tangens/Kotangens-Tafel*) eingeführt. Reinhold gebraucht diese Namen nicht [20], er bezeichnet seine Tabelle immer mit *RV-Tafel*. Zum *ersten Mal* hat er damit die beiden wichtigen trigonometrischen Tafeln, Sinus- und Tangenstafel, in ein Lehrbuch der Feldmeßkunst aufgenommen und diese systematisch angewendet. Er hat also den Gebrauch trigonometrischer Tafeln bei der Lösung von Feldvermessungsaufgaben maßgeblich gefördert. Das ist wohl das *Hauptverdienst* Reinholds, der besondere Wert seiner Feldmeßschriften [21]!

Vor der weiteren Besprechung des zweiten Falles an Hand eines Beispiels (S. 31) ist auf REINHOLDS *RV-Tafel* näher einzugehen. Über Entstehung und Entwicklung des *Schatten- oder umbra-Begriffes* (*umbra recta*, d. h. rechter Schatten, oft abgekürzt *ur*, heute cot — *umbra versa*, d. h. verkehrter Schatten, abgekürzt *uv*, heute tan) und damit im Zusammenhang über die *Schattenquadrate* (Quadratum geometricum oder Meßquadrat) wurde in der Schrift über SCHISSLERS „Quadratum“ ausführlich berichtet [1a; S. 31ff.]; in Kapitel III.1 wird darauf zusammenfassend eingegangen.



a) b)

R °	R ′	umbra r=1200	V °	V ′
0	0	0	90	0
0	10	3	89	50
0	20	7	89	40
0	30	11	89	30
⋮		⋮	⋮	
6	0	126	84	0
6	10	130	83	50
⋮		⋮	⋮	
39	10	978	50	50
⋮		⋮	⋮	
44	40	1186	45	20
44	50	1193	45	10
45	0	1200	45	0

c)

tan/cot Reinhold	tan/cot modern
0,0000	0,0000
0,0025	0,0029
0,0058	0,0058
0,0092	0,0087
⋮	⋮
0,1050	0,1051
0,1083	0,1080
⋮	⋮
0,8150	0,8146
⋮	⋮
0,9883	0,9884
0,9942	0,9942
1,0000	1,0000

d)

Abb. 5

Abb. 5a soll zur Erläuterung des *Aufbaues von* REINHOLDS *RV-Tafel* dienen; Abb. 5c gibt ein Stück dieser Tafel wieder. — *ABC* ist das rechtwinklige Definitions- oder Bezugsdreieck; in ihm stellt die Kathete *AC* die Einheit $r = 1200$ dar.

REINHOLD benutzt also die alte, *nichtdezimale Einheit* 1200, obwohl er seiner Sinustafel schon die Einheit 10000 zugrunde legte und REGIOMONTAN die Einheit $r = 10^5$ für seine Schattentafel (Tabula fecunda, 1490; [3]) erstmalig verwendete. So stark ist auch bei REINHOLD noch der Einfluß der seit Jahrhunderten üblichen *umbra-Rechnung* mit der Einheit 12 (oder einem Vielfachen von 12: 24, 60, 120, 1200) bzw. der *umbra-Messung* mit dem Meßquadrat, dessen Seiten die Teilung 12 (oder ein Vielfaches von 12: 24, 60, 120, 1200; vgl. die Meßquadrate von Abb. 2 und 30) besaßen!

Es ist hierbei freilich auch möglich, daß REINHOLD die Einheit 1200 *absichtlich* beibehielt, um den Feldmessern, die eben gewöhnt waren, mit dieser nichtdezimalen Einheit zu arbeiten, entgegenzukommen. Jedenfalls ist auch bei REINHOLD ein einheitlicher Aufbau und damit Übereinstimmung der beiden trigonometrischen Grundtafeln (sin, tan) bei ihrer *praktischen Anwendung* noch nicht vorhanden.

Für den Winkel α ist *BC* die zugehörige *umbra- oder Schattenstrecke* (hier *uv*) [18]; sie wird in Einheiten der Strecke $AC = 1200$ gemessen (z. B. $\alpha = 6°$; $BC = 126$). Mit wachsendem Winkel α vergrößert sich die zugehörige umbra-Strecke, bis bei

45° die Größe 1200 erreicht ist ($\triangle ABC$ ist dann gleichschenklig-rechtwinklig). In der Spalte R der RV-Tafel (Abb. 5c) sind nun die Winkel von 0° bis 45° im Abstand von 10′ eingetragen (in der *Sinustafel* dagegen wurden von Reinhold alle Winkel in Minuten angegeben — es ist also auch in dieser Hinsicht noch keine Übereinstimmung vorhanden); daneben stehen die Werte der zugehörigen *umbra-Strecken* (Tangenswerte).

In der Spalte V sind die Komplementwinkel der Winkel von Spalte R angegeben, also die Winkel von 45° bis 90° rückläufig. Die umbra-Werte der Mittelspalte sind ja *gleichzeitig* die umbra-Werte der Komplementwinkel; freilich handelt es sich dann um die andere Schattenart (Kotangenswerte); denn es gilt (in moderner Schreibweise): $\tan\alpha = \cot(90° - \alpha)$.

Reinhold führt nur die Schattenwerte *uv* von 0° bis 45° (bzw. *ur* von 45° bis 90°) an. Dies genügt für die Berechnungen; freilich war hierbei auf die verwendete Schattenart (*ur* bzw. *uv*) zu achten, d. h. die *richtige* Verhältnisgleichung aufzustellen (vgl. die Bemerkung zum folgenden Beispiel). Die gewählten Abkürzungen R und V beziehen sich auf die Bezeichnungen der Schatten ($u\underline{r}$ und $u\underline{v}$).

Um die *Genauigkeit der Tafelwerte* Reinholds zu überprüfen [22], wurden diese Werte dezimal umgerechnet (z. B. $\alpha = 6°$; umbra $= 126$, d. h. $\frac{126}{1200} = 0{,}1050$). Diese Werte stehen in Abb. 5d neben den modernen Funktionswerten. Abweichungen ergeben sich im allgemeinen in der vierten Dezimale, so daß eine recht gute Übereinstimmung und damit Genauigkeit vorhanden ist.

Die Benutzung der RV-Tafel soll nun an dem oben genannten *Beispiel* (Fall 2, S. 28/29) erläutert werden (vgl. Abb. 5b); gesucht Stollentiefe t.

Die Querstollenlänge l ($= A'C'$) soll 2400 (Schuh) betragen. Gemessen wurde am Stolleneingang B' der Tiefenwinkel $\beta = 83°50'$, d. h. $\alpha = 6°10'$. Die Tafel (Abb. 5c) ergibt hierfür umbra $u = 130$. Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke ABC (Abb. 5a) und $A'B'C'$ (Abb. 5b) folgt

$$t : l = u : 1200; \quad t = \frac{l \cdot u}{1200} = \frac{2400 \cdot 130}{1200}; \quad t = 260 \text{ (Schuh)}.$$

Bemerkung. Wäre im obigen Beispiel $\alpha > 45°$, so ist in der aufgestellten Proportion eines der Verhältnisse umzukehren; es ergibt sich also für diesen Fall

$$t : l = 1200 : u; \quad t = \frac{l \cdot 1200}{u}$$

(für z. B. $\alpha = 83°50'$ ist auch hier $u = 130$).

Bisher hatte man bei der Lösung dieser Aufgabe (Fall 2) mit dem *Meßquadrat* gearbeitet, wobei der benötigte umbra-Wert am Instrument abgelesen wurde [23]. Reinhold erwähnt das „Quadratum geometricum“ überhaupt nicht. Er erkennt, daß es praktischer ist, mit einem *Winkelmesser* den benötigten Winkel (im obigen Beispiel β bzw. α) zu bestimmen und dann an Hand einer trigonometrischen Tafel (RV) den zugehörigen umbra-Wert aufzusuchen. Die folgende Rechnung ist natürlich bei beiden Verfahren dieselbe (wie in Anmerkung [23] gezeigt wird).

Damit war im Grunde das Schicksal des Jahrhunderte benutzten Meßquadrates zur mittelbaren Streckenmessung besiegelt!

In der Arbeit über SCHISSLERS „Quadratum" [1a; S. 79] wurde auf diese für SCHISSLER tragische Tatsache hingewiesen; fünf Jahre vor dem Erscheinen von REINHOLDS Buch (1574) schuf er das schönste Instrument dieser Gattung mit dezimal geteilter Meßquadratseite (1000 Teile).

Das *Meßquadrat* tritt seit dem letzten Viertel des 16. Jahrhunderts mehr und mehr in den Hintergrund (wenn auch z. B. SCHISSLER durch Herstellung von zwei sehr schönen Instrumenten dieser Gattung — „Oxforder Quadratum" von 1579 und „Florentiner Quadratum" von 1599 — versucht, ihnen weitere Anerkennung zu verschaffen (vgl. [1a; S. 81ff.] und S. 78f.), bis es im 17. Jahrhundert allmählich verschwindet. An seiner Stelle gewinnt der gebräuchliche, vielseitig verwendbare *Winkelmesser* mit großer Ablesegenauigkeit (in Verbindung mit trigonometrischen Tafeln) an Bedeutung und schließlich die alleinige Anerkennung.

REINHOLDS Schrift hat zweifellos auf diese Entwicklung eingewirkt, so daß ihr Erscheinungsjahr 1574 als ein gewisser *Wendepunkt* bezeichnet werden kann. Damit ist die Bedeutung der Feldmeßschriften REINHOLDS auch in dieser Hinsicht hinreichend hervorgehoben.

Das Verfahren, das REINHOLD in den besprochenen Beispielen anwendet, könnte man vielleicht *halbtrigonometrisch* nennen, da wohl trigonometrische Tafeln bzw. Funktionen (Sinus und umbra) zur Verwendung kommen, aber eben doch noch die Verhältnisrechnung benötigt wird.

Am Ende der Entwicklung steht dann das eigentliche *trigonometrische Verfahren*, die Verwendung der als Verhältnisse definierten trigonometrischen Funktionen; im obigen Beispiel:

$$\tan\alpha = t : l; \quad t = l \cdot \tan\alpha; \quad t = 2400 \cdot 0{,}1080; \quad t = 259{,}2 \text{ (Schuh).}$$

Zum Abschluß der Besprechung von REINHOLDS Buch „Vom Marscheiden" sei darauf hingewiesen, daß er nach den besprochenen Grundaufgaben noch eine Reihe spezieller Probleme der Markscheidekunst behandelt (z. B. Bestimmung des „Fallens und Streichens der Gänge" (Neigung und Richtung der erz- bzw. kohleführenden Schichten), die mathematisch nichts wesentlich Neues bieten.

5. Kursächsische Längen- und Flächenmaße

Kurfürst AUGUST von Sachsen erkannte früh, daß für genaue Messungen, insbesondere Feldvermessungen, in seinen Landen ein *einheitliches Maßsystem* vorhanden sein mußte. Verständlich ist dies vor allem, wenn man bedenkt, daß noch KÖBEL (vgl. S. 25 und S. 26) eine 16-Schuh-Rute „durch Aneinanderstellen der Füße von 16 Mann, klein und groß, wie sie gerade aus der Kirche gehn", bildete. Schon im Jahr des Regierungsantritts von Kurfürst AUGUST (1553) wird von der Ausmessung einer sogenannten „*Biermeile*" (rund 16 km) von Pirna über Dobra (bei Lohmen), Stürza bis Hohburkersdorf (bei Hohnstein) berichtet; das geschah von der Rathaustreppe zu Pirna bis an die Schwelle des jeweiligen Erbgerichts. Es handelte sich hierbei um die Festlegung der Grenzen der Schank- bzw. Braugerechtigkeit, d. h. der Grenzen eines Bereiches, in dem nur eine Brauerei zuständig war.

Den Bemühungen des Kurfürsten ist es zu danken, daß in Kursachsen im betrachteten Zeitraum im allgemeinen die in der folgenden *Zusammenstellung* angeführten *Längenmaße* der dort genannten Größe, basierend auf den Dresdner Grundeinheiten *Schuh bzw. Fuß* (12 Zoll = 28,3 cm) und *Elle* (= 24 Zoll), zur Anwendung kamen [24]; sie sind verschiedenen mathematischen Schriften jener Zeit aus der Bibliothek der Dresdner Kunstkammer entnommen (geordnet nach der Größe, in Klammern die auf eine Stelle nach dem Komma gerundeten metrischen Werte):

1 Linie = $^1/_{12}$ Zoll (0,2 cm)
1 Strich = $^1/_4$ Zoll (0,6 cm)
1 Finger = $^1/_{16}$ Fuß (1,8 cm)
1 Zoll = $^1/_{12}$ Fuß (2,4 cm)
1 Fuß (Schuh) = 12 Zoll (28,3 cm)
1 Elle = 2 Schuh = 24 Zoll (56,6 cm)
1 Schritt = 3 Schuh (84,9 cm)
1 Lachter = 7 Schuh (2,0 m)
(bergmännisches Maß; ein Vielfaches ist 1 Schnur = 7 Lachter)
1 Klafter = 9 Schuh (2,5 m)
1 Rute = 8 Ellen = 16 Schuh (4,5 m)
1 Feldweg (= 1 Gewend) = 60 Ruten (≈ 270 m)
1 kleine Deutsche Meile = 1500 Ruten = 24000 Schuh (6,8 km)
1 große Deutsche Meile = 1800 Ruten = 28800 Schuh (8,2 km)
1 Grenzmeile = 2000 Ruten = 32000 Schuh (9 km)
1 Biermeile = 60 Gewend (16 km)

Als Sonderfall ist noch die *Wegmesser-Einheit* „mas“ zu nennen (vgl. S. 44f. und S. 58f.):

1 mas $\triangleq$ 100 Umdrehungen eines Meßrades
= $^1/_{30}$ der großen Deutschen Meile
= 60 Ruten = 960 Schuh (≈ 270 m)

Eine besondere Betrachtung erfordert das *Längenmaß „Meile“*. Hierüber wurden in der Literatur bisher keine ausreichenden und eindeutigen Angaben gemacht. Oft wird die Meile des 16./17. Jahrhunderts der später gültigen „geographischen Meile“ (= 7,420 km, d. h. $^1/_{15}$ eines Äquatorgrades) gleichgesetzt; dies ist natürlich unrichtig, weil die Gradmessung des 16. Jahrhunderts noch zu recht ungenauen Ergebnissen führte. Aber die angenäherte Größe des Äquatorgrades war bekannt, und die Definition der Meile (= $^1/_{15}$ Grad) wurde schon verwendet. ZEDLERS *Universal-Lexikon* (Halle/Leipzig 1739) sagt hierzu folgendes aus (20. Bd.; Sp. 309):

„Eine Meile, welche Chur-Fürst August zu Sachsen (es ist nicht FRIEDRICH AUGUST I., der Starke, gemeint. D. V.) ... in Ausmessung und Abtheilung seines Landes nach geographischem Maas eingerichtet und gebraucht und auf *1500 Ruthen*, die Ruthe zu 8 Dreßdnischen Ellen genommen, ... daß solche denen geographischen Meilen (deren 15 auf einen Grad gehen) am nächsten kommen ...“ —

Die Umrechnung dieser Meile von 1500 Ruten ergibt 6,8 km, sie kam also der genauen Größe von 7,4 km tatsächlich ziemlich nahe. (Die richtige Größe wäre 1650 Ruten gewesen, wie auch ZEDLER angibt (Sp. 308): „... um recht genau zu rechnen, sind 1640 bis 1650 Ruten für die Meile zu nehmen“.)

Christoph Schissler führt in seiner 1569 Kurfürst August gewidmeten Feldmeßschrift „Geometria" diese Meile zu 1500 Ruten an (hier: 1 Meile = 24000 Schuh, d. h. 1500 Ruten). Bis zu dieser Zeit wurde in Kursachsen im allgemeinen diese kleine deutsche Meile gebraucht.

Die *Scultetus-Karte* von 1568 (Abb. 11) enthält nun zwei Maßstäbe (Scala miliarium germanicorum), d. h. eine *kleine* und *große Deutsche Meile*. Die große Meile erwähnt Kurfürst Christian I. in einem Schreiben aus dem Jahre 1586; Thobias Volckmar (vgl. S. 109) bemerkt in seiner diesem Kurfürsten gewidmeten Handschrift von 1591: „Ein Teuzsche Meill sind 9600 Schritt (d. h. 1800 Ruten bzw. 28800 Schuh), gleich 2 Stunden gemeiner Kirchgang". Dies ist die „große Deutsche Meile", umgerechnet 8,2 km; die Größe der „geographischen Meile" liegt also ungefähr in der Mitte der Werte der kleinen und großen Meile. Die Maßstäbe der Scultetus-Karte zeigen ihr Verhältnis 5:6 (5 große Meilen = 6 kleine Meilen), wie es auch in den Ruten-Zahlen 1500:1800 vorliegt. — Auf Karten dieser Zeit findet man für große Meilen bisweilen auch die Bezeichnung „gemeine deutsche Meilen" (z. B. Karte des Scultetus von 1593; vgl. S. 50).

Die große Meile liegt der Konstruktion des *Wegmessers* (S. 58) von Christoph Schissler (um 1575) und der „*Routenkarte*" des Kurfürsten August aus derselben Zeit (vgl. Abb. 9 und S. 59) zugrunde, wie in Kapitel II gezeigt wird; vor allem basieren die Vermessungen des Matthias Öder (1586—1607) und seine *große Karte des Kurstaates* (vgl. S. 50) auf dieser großen Meile.

Es muß noch erwähnt werden, daß es auch kursächsische Karten gibt, auf denen *drei Meilen-Maßstäbe* angegeben sind (vgl. Hantzsch [32; Karte V und VI]), bezeichnet mit „kleine, mittlere und große Meile". Entweder handelt es sich bei dieser „mittleren Meile" tatsächlich um eine Meilengröße, die zwischen 1500 und 1800 Ruten lag, oder es gab eine noch größere Meile als die 1800-Ruten-Meile. Und dies ist der Fall!

In Zedlers *Universal-Lexikon* von 1739 (20. Bd; Sp. 308f.) wird eine „*Grenz-Meile*" von 2000 Ruten genannt: „So hat die hohe sächsische Landes-Obrigkeit durch ihre Chur-Fürstliche Regierung schon vor vielen Jahren den geschworenen Landmessern diesen gnädigen Befehl gegeben, daß sie vorfallenden Streitigkeiten *2000 Ruthen* (die Ruthe zu 8 Dreßdnischen Ellen) allezeit zur Gräntz-Meile nehmen sollten ..."

Eine solche 2000-Ruten-Meile (= 9 km) liegt der Konstruktion des in Kapitel II zu besprechenden *Wegmessers* von Christoph Trechsler d. Ä. (1584) zugrunde.

Auch später wird die Verwendung dieser 2000-Ruten-Meile im Kurstaat genannt. Interessant ist hierzu wieder eine Bemerkung in Zedlers *Lexikon* (20. Bd.; Sp. 319) über die Aufstellung der steinernen kursächsischen *Postmeilensäulen* während der Regierung von Kurfürst Friedrich August I. (dem Starken) durch Adam Friedrich Zürner: „Die Meilensäulen wurden seit 1721 errichtet; 2000 achtelligte Dreßdner *Ruthen* ergaben 1 Meile". Dem von Zürner benutzten *Wegmesser* lag also auch die 2000-Ruten-Meile zugrunde (während hierfür Padelt [24; S. 69] die 1500-Ruten-Meile angibt). Der Abstand der Meilensäulen betrug demnach rund 9 km oder zwei Wegstunden.

Die Entfernungen auf diesen Säulen waren in *Meilen* oder *Stunden* (die ein rüstiger Wanderer zur Zurücklegung des Weges brauchte, deshalb kurz *Wegstunden* genannt) angegeben (eine Meile also zwei Wegstunden). Zwischen die Meilensäulen wurden Halb- und Viertel-Meilensäulen gesetzt.

Schon während der Aufstellung der Meilensäulen erschien von dem Dresdner Advokaten Carl Christian Schramm eine Schrift über Wegweiser: „Saxonia Monumentis viarum illustrata (Von denen Wege-Weisern, Armen- und Meilen-Säulen)“, Wittenberg 1726. Neben der Abbildung von Zürners Meßwagen („Geometrischer Wagen“ mit Entfernungsmesser) sind *Zeichnungen der Meilensäulen* beigefügt. Folgender Text neben einer Säule bestätigt die Richtigkeit der in Zedlers Lexikon genannten Größe der verwendeten Meile: „Gantze Meilen-Säule auff die Meile zwey Stunden oder *2000 Ruthen*, jede Ruthe zu acht Dreßdner Ellen gerechnet.“ — In neuerer Zeit berichtet G. A. Kuhfahl über Postmeilensäulen (ohne auf die Meilengröße einzugehen): „Die kursächsischen Postmeilensäulen beim 200jährigen Bestehen.“ Dresden 1930.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich die Tatsache, daß im 16./17. Jahrhundert im kursächsischen Raum drei Meilengrößen zur Anwendung gekommen sind: Im ersten Zeitabschnitt (etwa bis 1570) vorwiegend die *kleine* Deutsche Meile (1500 Ruten), danach vor allem die *große* Deutsche Meile (1800 Ruten), wie besonders aus Öders Vermessung des Kurstaates, bei der sie verwendet wurde, hervorgeht. Gegen Ende des 16. Jahrhunderts taucht dann die *Grenzmeile* (2000 Ruten) auf, die zu Beginn des 18. Jahrhunderts bei der erneuten Vermessung des Kurstaates durch Zürner die Grundlage bildete.

Die Zuwendung zur 2000-Ruten-Meile hat wohl folgende Gründe. Es handelt sich hierbei um eine einfache dezimale Zahl, mit der sich vorteilhaft rechnen ließ; die Herstellung des Zählwerkes (Zahnradübersetzung) eines zugehörigen Wegmessers vereinfachte sich dadurch ebenfalls. Man benötigte zur Zurücklegung der Wegstrecke von einer Meile (9 km) durchschnittlich die runde Zahl von zwei Stunden. Schließlich legte man in Anbetracht dieser Vorteile wohl keinen Wert mehr auf die angenäherte Einhaltung der definierten geographischen Meile (7,4 km).

Von den *kursächsischen Flächenmaßen* seien genannt:

1 Acker $=$ 300 Quadratruten ($\approx$ 2 Morgen oder $\approx {}^1/_2$ ha)

1 Lehn $= 7 \times 7$ Lachter (Verwendung im Bergbau; $\approx 200\,\mathrm{m}^2$).

Flächenmaße werden in einem *handschriftlichen Tafelwerk* „Tafflein zu den Berechnungen beim Feldmessen“ (Landesbibliothek Dresden: Msc. Dresd. C 435) aus der Zeit von Kurfürst August verwendet (Jakob-Krause-Einband [16] mit den eingepreßten Initialen AHZSK, d. h. August Herzog zu Sachsen Kurfürst); es befand sich einst in der Bibliothek der Kunstkammer.

Man konnte diesen Tafeln den *Flächeninhalt* (A) von *Rechtecken bzw. Dreiecken* entnehmen, wenn Länge (a) und Breite (b) bzw. Grundlinie (a) und Höhe (b) gemessen waren ($A_R = a \cdot b$; $A_D = {}^1/_2\, a \cdot b$). Es sind also *Multiplikations-* oder *Produkttafeln*, die dem Feldmesser das Multiplizieren gebrochener Maßzahlen ersparen sollten. Die Tafeln waren für folgende Meßwerte zu gebrauchen (${}^1/_8$ Rute $=$ 1 Elle):

$$a = {}^1/_8, {}^2/_8, \ldots, {}^7/_8, 1, 2, 3, \ldots, 300 \text{ (Ruten)},$$

$$b = {}^1/_8, {}^2/_8, \ldots, {}^7/_8, 1, 2, 3, \ldots, 500 \text{ (Ruten)}.$$

Auf jeder Seite des Tafelwerkes sind die Zahlen der Spalte b eingetragen; Seite 1 enthält dann die Produkte dieser Zahlen mit dem Faktor ${}^1/_8$, Seite 2 mit ${}^2/_8$ usw. bis 300.

Beispiel: Rechteckseite a = 12 Ruten 1 Elle,

Rechteckseite b = 20 Ruten 5 Ellen.

Das Produkt $A_R = a \cdot b = 12^1/_8 \cdot 20^5/_8$ wurde durch *Addition* der vier den Tafeln entnommenen *Teilprodukte* gewonnen:

$$A_R = 12 \cdot 20 + {}^1/_8 \cdot 20 + 12 \cdot {}^5/_8 + {}^1/_8 \cdot {}^5/_8,$$

$$A_R = 240 + 2^4/_8 \qquad + 7^4/_8 \quad + {}^5/_{64},$$

$$A_R = 250^5/_{64} \quad (= 250 \text{ Quadratruten } 5 \text{ Quadratellen}).$$

6. Kursächsische Vermessungen und kartographische Arbeiten

Es nimmt nicht wunder, daß auf Grund der oben dargelegten bedeutenden Entwicklung der wissenschaftlich-technischen Grundlagen der Feldmeßkunst im 16. und beginnenden 17. Jahrhundert in diesem Zeitraum auch eine große Zahl von *Vermessungsarbeiten* in Angriff genommen und auch beendet wurde. Es handelt sich um die Vermessung kleinerer und größerer Landgebiete. Die Ergebnisse der Vermessungen fanden ihren Niederschlag in den Zeichnungen der Feldmesser bzw. in den *Plänen* und *Karten* der *Kartographen*, eine Berufsgruppe, die jetzt zu besonderem Ansehen gelangt. Das Zeitalter der modernen Kartographie bricht damit an. So entstehen land- und forstwirtschaftliche Karten (diese vor allem für Zwecke der beliebten Jagden der Feudalherren), Stadtpläne, Landschafts- oder Regionalkarten, Länder-, Erdteil- und Weltkarten. Höhepunkte dieser kartographischen Leistungen im 16. Jahrhundert waren die berühmten Geographiebücher, Kosmographien genannt, und Kartenwerke von Peter Apian (S. 17), Sebastian Münster, Abraham Ortelius und Gerhard Mercator [25].

Diese Bestrebungen, topographische Aufnahmen für verschiedene Zwecke vorzunehmen, finden wir in diesem Zeitraum in vielen europäischen Ländern. Deutschland steht hierbei mit an führender Stelle [26]. Unter den deutschen Ländern nimmt wiederum Kursachsen eine hervorragende Stelle ein. Frühzeitig erkannten die sächsischen Fürsten die Bedeutung einer genauen Vermessung ihres Landes.

Schon die albertinischen Wettiner, Herzog Georg der Bärtige (1500—1539) und Kurfürst Moritz (1541—1553; seit 1547 Kurfürst [35] — das albertinische Sachsen (Dresden/Meißen) wurde damals mit einem großen Teil der Besitzungen (darunter Wittenberg/Torgau) des geschlagenen und abgesetzten ernestinischen sächsischen Kurfürsten Johann Friedrich zum „Kurfürstentum Sachsen"; Kursachsens Residenz verlagerte sich damit von Wittenberg/Torgau nach Dresden, der Aufstieg Dresdens zu einer bedeutenden und schönen Stadt der Künste und Wissenschaften nahm seinen eigentlichen Anfang), hatten sich mit dem Plan einer Vermessung des Herzog- bzw. Kurfürstentums Sachsen getragen.

Der Bruder und Nachfolger von Kurfürst Moritz, Kurfürst August (1553—1586), war es dann, der mit außerordentlicher Tatkraft sich diesen und anderen volkswirtschaftlichen Bestrebungen widmete. Der Grund hierfür lag in seiner besonderen Vorliebe für die zu seiner Zeit aufblühenden *mathematisch-technischen Wissenschaften*, einschließlich der *Astronomie.* Welche Neigung Kurfürst August diesen „natürlich Künsten" entgegenbrachte, wie er sie liebte und förderte, das geht aus Reinholds Vorrede zum Buch „Vom Marscheiden" hervor: „„... dieweil E. Churf. G. (Eure kurfürstliche Gnaden) für andern allen Chur- und Fürsten höchlichen gerühmet werden von wegen dessen, das sie eine sondere lieb und Neigung zu den natürlich Künsten tragen und dieselben so viel an E. Churf. G. aller gnedigst fortpflantzen und fördern helffen ...".

In demselben achtungsvollen Ton, frei aller Schmeichelei, sprechen auch alle anderen Verfasser der dem Kufürsten gewidmeten Geometrien und mathematisch-technischen Berichte. Diese vielen Schriften, die über die Bibliothek der kurfürstlichen Kunstkammer in den MPhS gelangten, bezeugen seine so ausgeprägte besondere Neigung. Sie ist schon in dem jungen Prinzen geweckt worden: „Er wurde von Jugend auf in den natürlich Künsten erzogen" (Nikolaus Valerius, 1564 [27]); W. Rivius, der Verfasser der „Perspectiva" von 1547 (vgl. S. 21ff.), war einer seiner Lehrer.

Selbstverständlich war auch Kurfürst August — der herrschenden Meinung folgend, das Schicksal aus den Sternen lesen zu können — den *astrologischen Lehren* noch sehr zugetan; von ihm gebrauchte Instrumente, die teilweise auch für astrologische Messungen und Horoskop-Berechnungen eingerichtet waren, zeigen dies sehr deutlich (Beispiel: Jamnitzers Meßscheibe, S. 103).

Erwähnungswert ist in diesem Zusammenhang auch das sogenannte „*Punktiersystem*" des Kurfürsten, dessen Grundgedanken in drei noch vorhandenen „Punktierbüchern" dargelegt sind. So wurde vor irgendwelchen mehr oder weniger wichtigen Entscheidungen mit Hilfe dieser „Kunst des Punktierens" in Verbindung mit dem jeweiligen Tageshoroskop das Schicksal befragt, ob es für oder gegen die durchzuführende Unternehmung (Planung, Urteil u. a.) war. Danach wurde gehandelt; sicher eine sehr gefährliche Methode, besonders wenn es um lebenswichtige Entscheidungen ging! Man sieht, auch der so realistisch eingestellte, willensstarke Renaissance-Mensch war noch großer mystischer Befangenheit unterworfen.

Es soll an dieser Stelle noch bemerkt werden, daß diese damals weitverbreitete Beschäftigung mit der Astrologie aber auch mit dazu beigetragen hat, das Bestreben zu entwickeln und zu fördern, sich mathematische Kenntnisse zu erwerben, da sie zum Verständnis und zur Durchführung von astrologischen Arbeiten unbedingt notwendig waren.

Einer besonderen Neigung des Kurfürsten, die sich aus seiner praktisch-technischen Veranlagung ergab, muß hier noch gedacht werden; es ist dies — wie wir heute sagen würden — sein *polytechnisches Hobby.* Im Dresdner Schloß war für ihn eine Werkstatt eingerichtet worden, die mit Werkzeugen für Tischler-, Schlosser- und Drechsler-Arbeiten reich ausgestattet war; mehrere 100 Stück hiervon waren noch im alten „Historischen Museum" des Johanneum in Dresden vorhanden. In dieser Werkstatt fertigte er selbst die verschiedensten Arbeiten; ein hölzernes Feldmeßinstrument (Abb. 29) — von ihm hergestellt — wird auf S. 93ff. besprochen.

Besonders rühmte man des Kurfürsten Kunstfertigkeit im *Drahtziehen* und im *Drechseln* von Holz und Elfenbein (165 Arbeiten von ihm — Kugeln, Schalen, Becher, Büchsen u. a. — wurden in der Kunstkammer aufbewahrt); ein Glanzstück seiner Werkstatt war eine *Drahtziehbank* [28] von Leonhard Danner aus Nürnberg (S. 172). Die in dieser handwerklichen Tätigkeit zum Ausdruck kommende Erkenntnis und Anerkennung der Wichtigkeit und des Nutzens von Handarbeit, das Bestreben, sich mit ihr auseinanderzusetzen, zeichnet Kurfürst August in hohem Maße vor anderen Feudalherren seiner und späterer Zeit aus.

Das in Abb. 6a wiedergegebene *Gemälde des Kurfürsten*, von Zacharias Wehmer im Todesjahr des Kurfürsten hergestellt, zeigt ihn im damaligen „Staatskleid", einer kostbaren Rüstung, mit geschultertem, langem Kurschwert. Dieses Gemälde befand sich bis 1945 im Historischen Museum Dresden (heute in der Gemäldegalerie Alte Meister).

Der MPhS besitzt noch eine *Bronzebüste des Kurfürsten* (Abb. 6b), von Ernst Rietschel, Bildhauer und Lehrer an der Dresdner Kunstakademie, 1842 geschaffen. Gegenüber der realistischen Darstellung der Persönlichkeit in Wehmers Gemälde zeigt Rietschels Kopf des Fürsten ein stark idealisiertes Gepräge.

Auch die Nachfolger des Kurfürsten August, Christian I. (1586—1591), Christian II. (1591—1611) und Johann Georg I. (1611—1656) waren den „natürlichen Künsten" zugetan. Christian I. wird von Thobias Volckmar (vgl. [66]) 1591 „ein Liebhaber der mathematisch und geometrischen sachen und Instrumente" genannt. Für die Fortsetzung und Vollendung der von Kurfürst August begonnenen Arbeiten war es auch wichtig, daß diese Fürsten den mathematisch-technischen Wissenschaften Interesse entgegenbrachten.

Kurfürst August, trotz aller ihm zugeschriebenen volkstümlichen Züge (Benennung in der bürgerlichen Geschichtsschreibung: „Vater August", seine Frau: „Mutter Anna"; 1532—1585) ein typischer, sehr selbstbewußter Renaissance-Fürst, war bemüht, den wirtschaftlichen (Land-, Forst- und Wasserwirtschaft) und kulturellen Stand seines Landes zu heben — nicht zuletzt aus eigenen dynastischen, militärpolitischen Interessen [29].

Seine besondere Aufmerksamkeit wandte er dem *Bergbau* und *Vermessungswesen* (einschließlich militär-technischer Gebiete) zu. Georg Agricola (1494—1555), während der letzten Lebensjahre Arzt und Bürgermeister in Chemnitz, war vor allem seinem Bruder, Kurfürst Moritz, Berater in Fragen des Bergbaues gewesen; Agricolas Schriften [30] und auch Reinholds mehrfach genanntes Buch „Vom Marscheiden" waren wichtige Hilfen bei den vielseitigen bergbaulichen Unternehmungen der sächsischen Kurfürsten [31].

Groß sind die Verdienste von Kurfürst August und seinen Nachfolgern auf dem Gebiet der *geographisch-kartographischen Arbeiten* in Kursachsen; Kurfürst August legte hierbei selbst Hand ans Werk. Es sollen im folgenden nur die wichtigsten Vermessungsarbeiten und deren kartographische Auswertungen genannt werden; auf eine ältere, das Thema besonders vom historisch-geographischen Standpunkt aus betrachtende Literatur sei verwiesen [32].

Die einfachsten Vermessungen, die unter Kurfürst August und seinen Nachfolgern durchgeführt wurden, hatten den Zweck, *land- und forstwirtschaftliche Karten* zu gewinnen. Die mittelalterliche Hufenwirtschaft verdankte der sozialen Anschauung einer gerechten Bodenverteilung ihre Entstehung. Sie wurde auch jetzt beibehalten; man tat noch mehr. Es wurden die Ergebnisse neuer Vermessungen in Bücher eingetragen, um zweifelsfreie Grundlagen für steuerliche Veranschlagungen, zur Schlichtung von Streitigkeiten usw. zu besitzen. Das *Feldregister* oder *Kataster* war damit geschaffen.

Witekindt berichtet in seinem Werk [33], daß „wann sich der Nachbar des abbruchs beklagt, sein Feld danach auch messen leßt, und befunden wird, daß es kleiner sey als es soll ..., so muß man deß andern Nachbars Feld, jenseits gelegen,

Abb. 6a
Kurfürst August von Sachsen (1526–1586)
Gründer der Dresdner Kunstkammer und Förderer der mathematisch-technischen Wissenschaften
(Gemälde von Zacharias Wehmer aus dem Todesjahr des Kurfürsten)

Abb. 6b
Kurfürst AUGUST von Sachsen (1526–1586)
(Bronzebüste von ERNST RIETSCHEL, 1842)

auch messen, ob der vielleicht mehr hatte als das Feldregister anzeigt, daz er haben soll". Bei WITEKINDT findet sich auch die folgende eindringliche, poetische Mahnung an den Käufer von Land:

„Laß dir den Acker messen recht,
damit du wissest, was er trägt.
Und daß du nit ausgebst dein Geld
für viel Acker und wenig Feld!"

An den kursächsischen Vermessungen waren maßgeblich beteiligt: JOHANN HUMELIUS (vgl. S. 20 und SCHMIDT [32b]), VALENTIN THAU (S. 20), GEORG und MATTHIAS ÖDER [34], HIOB MAGDEBURG, BARTHOLOMÄUS SCULTETUS (S. 20).

Der Leipziger Mathematik-Professor JOHANN HUMELIUS besaß das besondere Vertrauen des Kurfürsten AUGUST und wurde 1555 mit der Leitung der geplanten Vermessungsarbeiten beauftragt; zu diesem Zweck erhielt er 1558 eine Wohnung im Dresdner Schloß und reiste im Lande umher, um sich Unterlagen für das Kartenwerk zu verschaffen. Er konnte sich aber nur wenige Jahre dieser Arbeit widmen, da er schon 1562 starb. Sein Nachfolger war GEORG ÖDER, wie sein jüngerer Bruder MATTHIAS aus Annaberg gebürtig.

GEORG ÖDER, „kurfürstlich sächsischer Markscheider", hatte schon Jahre vor 1562 Vermessungsarbeiten im Dienste des Kurfürsten AUGUST durchgeführt. Die erste bekanntgewordene Arbeit ÖDERS ist eine Karte des Amtes Schwarzenberg, die er schon 1551, noch zur Regierungszeit von Kurfürst MORITZ, gefertigt hatte. Es folgten dann bis etwa 1575 sehr viele Vermessungsarbeiten (mit den zugehörigen beschreibenden Unterlagen zum größten Teil noch vorhanden im Sächsischen Landeshauptarchiv (Staatsarchiv) bzw. in der Sächs. Landesbibliothek Dresden). Es seien hier genannt:

1. Vermessungen der kurfürstlichen Vorwerke (Dresden, Dippoldiswalde, Hohnstein, Stolpen, Mühlberg),
2. Risse kursächsischer Heiden und Wälder,
3. 16 „Forstbücher" (1571—1573 gedruckt) mit der Beschreibung der für Jagden des Hofes geeigneten Waldgebiete (Angabe der Pfade, Pürschsteige, Stallungen, Forstzeichen u. a.).

Alle Arbeiten ÖDERS sind Zeugnisse des unermüdlichen Fleißes dieses Feldmessers und seiner Gehilfen, die an Ort und Stelle die unbequeme, langwierige Vermessungstätigkeit ausführten. — Um 1575 scheint G. ÖDER bei Kurfürst AUGUST in Ungnade gefallen zu sein (gest. 1581); sein jüngerer Bruder MATTHIAS wird weiterhin mit Vermessungsarbeiten in Kursachsen betraut. Er schuf dann in den Jahren 1586 bis 1607 die große Karte des Kurstaates (S. 50—55).

Aus der Zeit des Kurfürsten AUGUST ist weiterhin eine *Sammlung von 150 Quartblättern* (datiert 1577 bis 1580) erhalten (Landesbibliothek Dresden, Mscr. Dresd. Q 187m) mit Entwürfen und kartographischen Ausführungen von Reisen des Kurfürsten in und außerhalb Sachsens, von Vermessungen der Heiden bei Torgau, Annaburg, Sitzenroda und der Umgebung von Augustusburg. Wahrscheinlich hat hieran schon MATTHIAS ÖDER mitgearbeitet.

Als *Beispiel* für die sorgfältige Ausführung eines Risses damaliger Zeit (1577) ist in Abb. 7 aus dieser Sammlung die Karte des *Gebietes der Annaburgischen Heide* nördlich von Torgau, ein beliebtes Jagdrevier des Kurfürsten, mit *Schloß Annaburg* (alter Name: Lochau, auf der Karte der Abb. 11 „Locha"), oft Aufenthaltsort des Kurfürstenpaares, wiedergegeben [35].

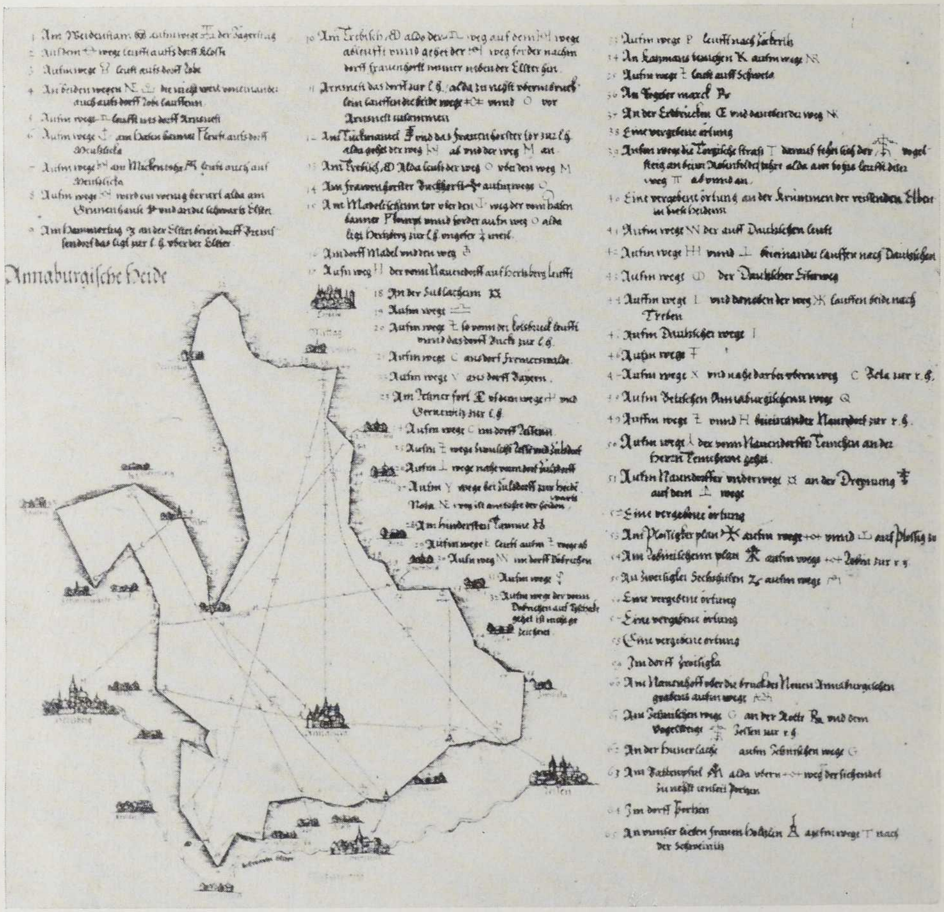


Abb. 7
Riß der „Annaburgischen Heide“ (1577)

65 Meßpunkte sind eingezeichnet; es ist also ein *Polygon* mit 65 Ecken und vielen Wegen von diesen Ortungen durch die Heide und zum Schloß Annaburg dargestellt; N (= „Mitternacht“ der Karte) und S (= „Mittag“) sind im Vergleich zur heutigen Orientierung vertauscht. Eine ausführliche Legende mit Erläuterung der Heidewege und ihrer Markierungen ist beigefügt. Die heutige Schloßansicht entspricht dem Bild der Karte (Neubau des Schlosses 1572).

Größere Gebietsteile des Kurstaates sind auf 16 *fast gleichgroßen Kärtchen* (rund 12 × 12 cm) gezeichnet, zusammengefaßt in einer Sammlung mit dem Titel: „16 Stück kleine Land-Täfflein der Churf. Sächs. und angrentzenden Länder von Churfürst Augusto aufgetragen“ (Landesbibliothek Dresden, Mscr. Dresd. K 339); Zeit der Herstellung: 1560 bis 1570 (Wiedergabe der Karten bei L. Schmidt [32a]).

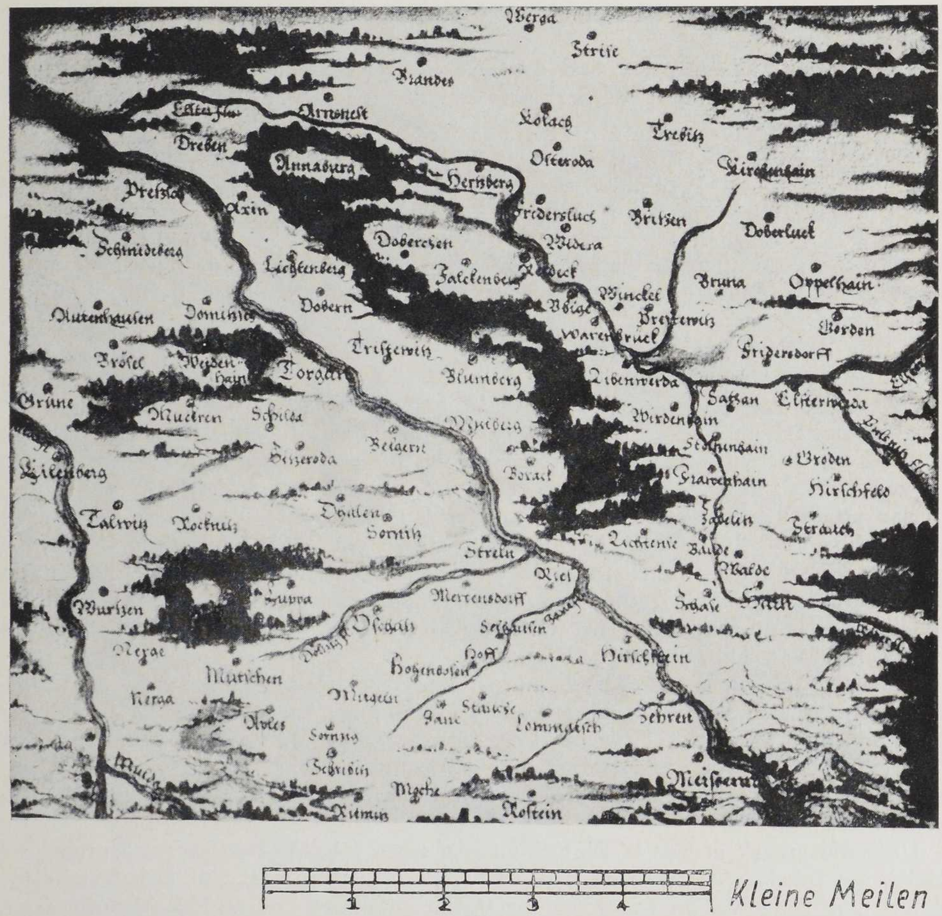


Abb. 8
Karte der Umgebung von Mühlberg bei Torgau (um 1565)
Überschrift der Karte im Original: „Von Muhlbergk aus“)

Abb. 8 zeigt das Kärtchen der *Umgebung von Mühlberg* („Von Mulbergk aus“). Die Zeichnungen aller Kärtchen zeigen farbige Landschaftsbilder, die Städte sind als kleine Goldkreise gekennzeichnet, in deren Mittelpunkt der Zirkel bei Entfernungsmessungen einzusetzen war. Der beigefügte Maßstab läßt erkennen, daß kleine Deutsche Meilen (vgl. S. 33) zur Verwendung kamen (wahrscheinliche Festlegung: 1 Zoll der Karte $\triangleq$ 2 kleinen Meilen i. d. Natur, d. h. Maßstab 1:576000). – Der obengenannte Titel der Sammlung besagt wohl, daß die für die Zeichnung notwendigen Meßdaten auf den Reisen des Kurfürsten gewonnen wurden [36].

Zwei handschriftliche Bände, „*Routenbücher*“ genannt, um 1580 (Landesbibliothek Dresden, Mscr. Dresd. K 449/450), enthalten solche Meßdaten (K 450 verlorengegangen); es sind dies die Ergebnisse der auf kurfürstlichen Reisen durchgeführten

Vermessungen (Angabe der Namen der Ortschaften, der Richtungen der Wege zur NS-Linie u. a.).

Von besonderem Interesse sind die „*Routenkarten*" des Kurfürsten; bestimmte Reisen, die oft wiederholt wurden, sind auf ihnen festgehalten. Der MPhS besaß bis 1945 ein Exemplar, hergestellt um 1575.

Diese Routenkarte enthielt in Rollenform (ausgerollt: 4,84 × 0,31 m) eine Reise von Dresden über Hain (heute Großenhain), Liebenwerda, Herzberg nach Lochau (= Annaburg) und zurück über Mühlberg, Lichtensee, Hain nach Dresden.

Ein *Teil dieser Routenkarte* ist in Abb. 9 wiedergegeben; es handelt sich um das Wegstück von *Prottwitz* (jetziger Name Brottewitz) *bis Lichtensee* [37]. Eine heutige Karte dieser Gegend ist zum Vergleich in Abb. 10 beigefügt; die auf der Routenkarte angeführten Ortsnamen sind hier eingerahmt, und die Route ist stark ausgezogen. Der Ort „Burck" (oder „Burek") entspricht der alten Ortsbezeichnung „Boragk" (heute zu Altenau gehörig) der Karte Abb. 10.

Die auf der Reise nacheinander berührten Orte sind auf der *senkrechten Linie* der Routenkarte angegeben (wobei aber diese Linie nicht die NS-Richtung darstellt). Eine kleine Ansichtsskizze wurde dem jeweiligen Ortsnamen beigefügt oder — wie im Fall der „Grünen Heide" — eine größere Zeichnung dazu gefertigt.

Das auf der Routenkarte als „Grüne Heide" bezeichnete Waldstück heißt jetzt „Gorischheide" (Abb. 10); der heute noch „Grüne Heide" (bei Neuburxdorf, Abb. 10) genannte Wald erstreckte sich also 1575 noch bis Lichtensee. Auf ÖDERS Karte von 1596 (Abb. 12) erscheint freilich schon für das Waldgebiet bei Lichtensee („Lichtensehe") der Name Gorisch („Die scheferey im Gorisch" — dies ist „Nickell Pflugs Schefferey" von Abb. 9).

Die *Entfernungen der Orte* sind unter den Ortsnamen vermerkt, z. B. *Mühlberg*-Prottwitz: 16 mas. Die Größe dieser Längeneinheit „mas" hat bisher *keine Aufklärung* gefunden [38]. Dies ist aber schon deshalb notwendig, weil damit genaue Aussagen über ein im MPhS vorhandenes Instrument zur mechanischen Ausmessung von Weglängen (Wegmesser) möglich werden. Darüber wird in Kapitel II (Kursächsische Wegmesser) berichtet.

Über die „mas" genannte Einheit ist hier noch folgendes zu sagen. Durch Vergleich entsprechender Weglängen der Kartenbilder 9 und 10 läßt sich feststellen, daß 1 „mas" der Größe von ungefähr $^1/_4$ km entsprach; die auf der Routenkarte angegebenen Entfernungen stimmen danach mit denen der heutigen Karte gut überein.

Weiter ist anzunehmen, daß die in „mas" ausgemessenen Weglängen der Routen-Karte von einem *Wegmesser* angezeigt wurden, daß diese Einheit also seiner Konstruktion zugrunde lag; dieses Instrument war auf dem für die Fahrten benutzten

Abb. 9
Teil einer Routenkarte von Kurfürst AUGUST (um 1575)
(Gebiet Mühlberg/Lichtensee)

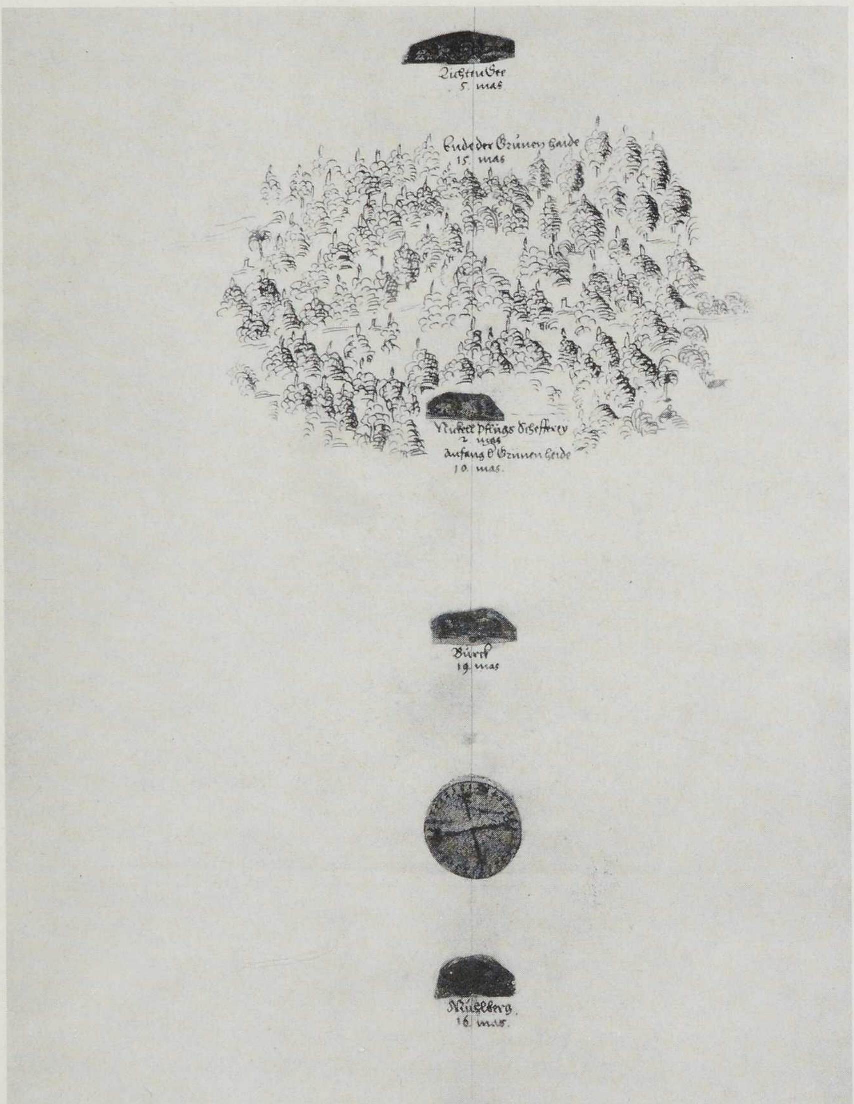

5. mas
Ende der Grünen Haide
15. mas
anfang d Grünen heide
10. mas
19. mas
16. mas
12. mas

Abb. 10
Karte des Gebietes Mühlberg/Lichtensee
(Kartenausschnitt; Heimat- und Wanderkarte der Dübener und Annaburger Heide — Verlag Phönix Halle)
Maßstab dieser Verkleinerung 1:125000

Reisewagen befestigt — Kurfürst AUGUST wandte dem Bau solcher Wegmesser seine besondere Aufmerksamkeit zu.

Schließlich kann das „mas" nur ein *Vielfaches einer bekannten Längeneinheit* gewesen sein. *Die Festlegung:*

$$1 \text{ mas} = 60 \text{ Ruten} = 960 \text{ Schuh} \approx 270 \text{ m}$$

entspricht den genannten Bedingungen.

Bei Besprechung eines Wegmessers (S. 58) wird auf diese mas-Einheit nochmals eingegangen und dort die Erklärung ihrer *technischen Bedeutung* gegeben; hierbei findet die Richtigkeit der genannten Festlegung ihre direkte Bestätigung.

Die Routenkarte enthält neben den mas-Angaben noch die *Eintragung der Wegrichtungen.* Um von einem Ort zum anderen zu gelangen, wurde der *Richtungswinkel* ihrer Verbindungsstraße zur NS-Richtung — gemessen mit einer Bussole bzw. einem Bussolen-Instrument (vgl. Kap. V) — angegeben, indem man eine kleine *Bussolenscheibe* (32teilig) in entsprechender Lage zwischen die Orte auf die Karte klebte (z. B. zwischen Mühlberg und Burck).

Die Stellung dieser Scheibe in Abb. 9 würde bedeuten: Richtung Mühlberg—Burck verläuft einen Teilstrich östlich der NS-Linie (ME-Achse der Scheibe). *Dies ist falsch;* richtig wäre (wie aus einer Nachmessung in Abb. 10 zu ersehen ist): zwei Teilstriche südlich der OW-Linie (OC/OR-Achse der Scheibe). Wahrscheinlich war die Scheibe von der Karte abgefallen (die alte Lage ist noch schwach am oberen Rand der Scheibe zu erkennen) und wurde danach nicht korrekt wieder aufgeklebt.

Die Wegstrecke Burck—Lichtensee bedurfte keiner weiteren Richtungsangabe, da nahezu dieselbe Richtung wie bei Mühlberg—Burck vorliegt (Abb. 10 zeigt dies sehr deutlich). — Der Weg Prottwitz—Mühlberg verläuft nahezu in NS-Richtung; entweder wurde für diese Fälle keine Richtungsangabe gemacht, oder eine einst vorhandene Scheibe (vielleicht am dunklen Fleck zwischen Prottwitz und Mühlberg) ist abgefallen oder befand sich am vorhergehenden Wegstück gleicher Richtung.

Es sind noch sechs weitere Routenkarten des Kurfürsten vorhanden (Landesbibliothek Dresden Mscr. Dresd. L 451—456), darunter auch eine Reise nach Regensburg zum Kurfürstentag (1575).

Neben den bisher angeführten Vermessungen kleinerer Gebiete (Umgebungskarten von Städten, Wald- und Routenkarten) sind nun noch die *Landesaufnahmen* zu nennen; sie bieten ein Gesamtbild des Kurstaates Sachsen.

Als älteste gedruckte Karte der sächsisch-thüringischen Länder ist die in SEBASTIAN MÜNSTERS „Cosmographia" von 1550 [25] enthaltene Übersicht: „Döringn und Meißen" anzusehen. Es handelt sich um eine kleine Karte, die keine Einzelheiten zeigt und ohne exakte Vermessungen hergestellt wurde [39].

HIOB MAGDEBURG (geb. 1518 in Annaberg, Lehrer in Meißen [40], Lübeck, Schwerin, Freiberg; dort gest. 1595) fertigte im Jahre 1562 eine schon etwas genauere Sachsenkarte kleinen Formates (mit Meilenmaßstab, Breiten- und Längenangaben); es ist dies der Holzschnitt „Misnia" (Abbildung bei L. SCHMIDT [32a] und E. LEHMANN [39]).

Erwähnungswert ist noch Magdeburgs großes *Karten-Gemälde:* „Düringische und Meisnische Landkarte" (1566; $1{,}5 \times 1$ m; mit den Bildern von 23 männlichen und weiblichen Vorfahren des Fürstenhauses — Landesbibliothek Dresden).

Weiter ist eine Karte des Marienberger Pfarrers Johannes Criginger (1515 bis 1571) aus dem Jahre 1568 zu nennen: „Meißen, Thüringen und Böhmen". Sie wurde ohne eigene Vermessungen von Criginger auf Grund von Mitteilungen hergestellt, ist aber doch bis in das 17. Jahrhundert vielfach nachgedruckt worden (Bagrow/Skelton [25; S. 480]).

Zeigen die bisher genannten Karten noch viele Mängel, so besitzt die Karte des Bartholomäus Scultetus (S. 20): „Misniae et Lusatiae Tabula" (Karte von Meißen und der Lausitz) schon einen beachtlichen Genauigkeitsgrad. Sie umfaßt das Gebiet des Kurstaates und angrenzende Landschaften, vor allem Teile Böhmens mit den beiden Lausitzen (Lusatia superior, d. h. Oberlausitz, Lusatia inferior, d. h. Niederlausitz), die erst im Prager Frieden von 1635 an Kursachsen abgetreten wurden.

Scultetus hat die Karte (Größe 27×37 cm) im Jahre 1568 entworfen; sie besitzt die heutige Orientierung (Abbildung bei M. Reuther [7]). Diese Karte wurde von Frans Hogenberg, einem Mitarbeiter des Ortelius, nachgestochen und erschien erstmalig 1573 im Weltatlas des Ortelius „Theatrum Orbis Terrarum" [25].

Diese in Abb. 11 wiedergegebene Karte zeigt gegenüber der Scultetus-Karte von 1568 Veränderungen der Darstellung (nicht des Inhalts), wodurch sie übersichtlicher wurde. Besonders auffällig ist die *Umorientierung:* Ost (Oriens) am oberen, Süd (Meridies) am rechten Kartenrand; an den Rändern sind die Gradangaben für Breite und Länge eingetragen (ohne Einzeichnung der Linien). Die Längen sind auf *Ferro* bezogen [41]. Es ergeben sich z. B. für *Dresden* nach Scultetus folgende Werte: Breite 51°, Länge 31° ö. Ferro; heutige Werte (Standort MPhS): Breite 51°03′15″, Länge 13°43′57″ ö. Greenwich (nach Umrechnung: 31°23′43″ ö. Ferro). Die Übereinstimmung ist also schon recht gut [42].

Es sei auch hier auf die in die Karte eingetragenen *zwei Meilenmaßstäbe* hingewiesen (S. 34). Scultetus unterscheidet eine kleine und große „Deutsche Meile" (Scala miliarum germanicorum), wobei — wie an den Maßstäben ersichtlich — fünf große Meilen sechs kleinen Meilen entsprechen. Die Längen der in der Übersicht der Längenmaße (S. 33) angegebenen kleinen und großen Meile (1500 und 1800 Ruten) stehen genau in diesem Verhältnis 5:6; es handelt sich also bei der Scultetus-Karte um diese beiden Meilen. Und die Eintragung von zwei Maßstäben beweist, daß um 1568 die Verwendung dieser beiden Meilengrößen üblich war — wie schon auf S. 35 festgestellt wurde.

Nachmessungen an der Originalkarte des Scultetus von 1568 ergeben die wahrscheinliche Festlegung für die Zeichnung:

$$1 \text{ Zoll der Karte} \mathrel{\underline{\triangle}} 3 \text{ kleinen Meilen bzw. } 2^1/_2 \text{ großen Meilen;}$$

es liegt also ein *Maßstabverhältnis* von etwa 1:864000 vor. Es ist auch anzunehmen, daß man zur Ausmessung und Zeichnung die *kleine Meile* verwendete, da sich mit der ganzzahligen Größe 3 besser arbeiten ließ als mit $2^1/_2$.

Die Überprüfung einiger *Ortsentfernungen* (Luftlinien) der Scultetus-Karte zeigt in vielen Fällen eine nicht genaue, aber doch noch befriedigende Übereinstimmung mit den heutigen Größen. Besonders interessant ist die Darstellung der Elbe, die die Karte fast diagonal durchläuft (zum Elbverlauf vgl. [29]). — Jedenfalls wurde dieses Scultetus-Bild des kursächsischen Raumes anerkannt und bis in das 17. Jahrhundert mehrfach als *Vorlage* für andere Sachsen-Karten verwendet.

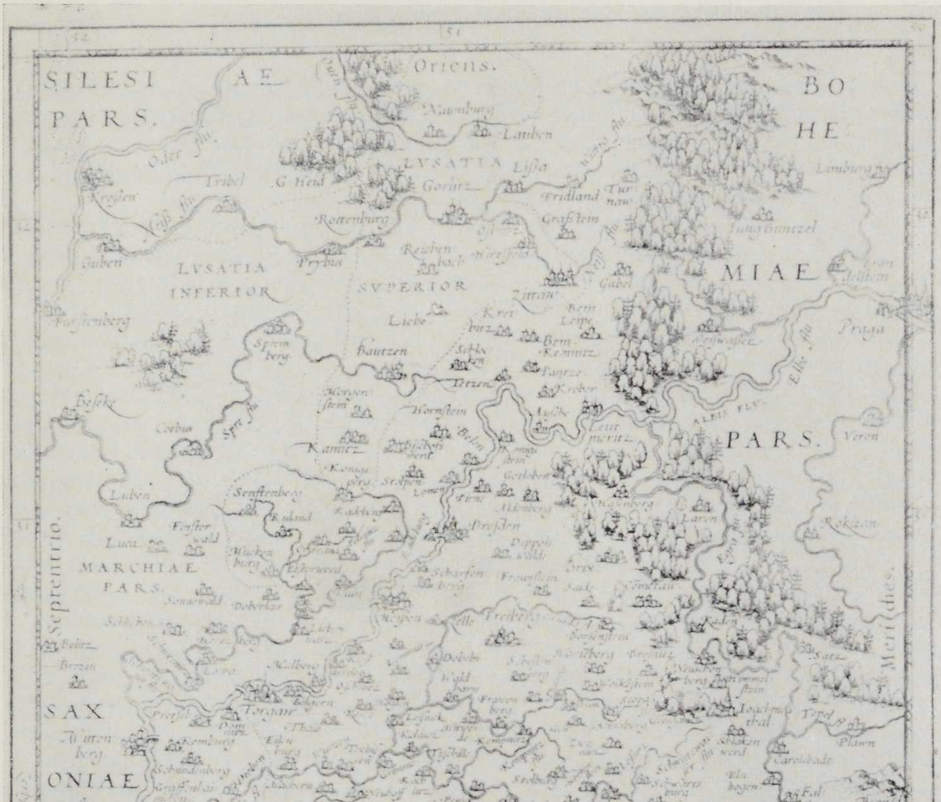


Abb. 11
Karte von Meißen und der Lausitz
(Bartholomäus Scultetus; 1568 — veröffentlicht 1573)

Eine ausgezeichnete Arbeit des SCULTETUS ist die *Regionalkarte* seines Wohnsitzes Görlitz während der letzten Lebensjahre, der Holzschnitt der *Oberlausitz* (Lusatia superior) von 1593. Sie entstand auf Grund von eigenen, mehrjährigen Vermessungsarbeiten, während seine Karte von 1568 wohl zu einem Teil am Schreibtisch bei Verwendung von Mitteilungen gefertigt wurde.

Jetzt ist das sich entwickelnde *neue Kartenbild* deutlich erkennbar: An Stelle der früher bildhaft gestalteten Darstellung des Geländes tritt nun eine Karten*zeichnung* auf *sachlich-geometrischer Grundlage*; sie begegnete uns schon bei der Karte eines wesentlich kleineren Gebietes, der Vermessung der Annaburgischen Heide (Abb. 7). M. REUTHER veröffentlichte in seiner Schrift [7] neben den anderen Arbeiten des SCULTETUS auch diese Karte.

Abschließend sei nun noch das *größte kursächsische Vermessungsunternehmen* gewürdigt, das im betrachteten Zeitraum durchgeführt wurde. Es handelt sich um eine ausführliche Ausmessung des gesamten Kurstaates, wie sie schon Kurfürst AUGUST gewünscht hatte, in den Jahren 1586 bis 1607 durch MATTHIAS ÖDER, Markscheider in Freiberg. MATTHIAS ÖDER, als gebürtiger Annaberger mit dem Mathematiker ABRAHAM RIES und seinem Kreis (S. 20) bekannt und von ihm beeinflußt, setzte seit 1576 die Arbeiten seines älteren Bruders GEORG (S. 41) fort und erhielt 1586 offiziell von Kurfürst CHRISTIAN I. den Auftrag zur Vermessung, zur Herstellung einer „mappe unseres ganzen landumkreises“ („General-Land-Mappen“ genannt).

Mit außerordentlicher Energie hat er sich zusammen mit einer Reihe von Meßgehilfen dieser umfangreichen und langjährigen Arbeit gewidmet und nach und nach den Kurstaat (mit Ausnahme des südwestlichen Teiles des ehemaligen Landes Sachsen) vermessen, wobei Quadrant, Meßquadrat, Bussole, Meßkette, sicher auch ein Wegmesser und andere Instrumente aus der Kunstkammer zur Anwendung kamen. — Die letzte urkundliche Nachricht über ÖDER stammt aus dem Jahre 1607; als sein Todesjahr wird 1614 angegeben.

Die im Laufe der Jahre entstandenen vielen Originalzeichnungen ÖDERS umfaßten zuletzt eine Fläche von 50 m². Nachmessungen an der Karte lassen erkennen, daß für die Zeichnung folgende *Festlegung* getroffen wurde:

$$1 \text{ Zoll} \triangleq 600 \text{ Ellen } (= 1200 \text{ Schuh oder Fuß}), \text{ d. h.}$$

$$1 \text{ Schuh der Karte} = 12 \cdot 1200 \text{ Schuh} = 14400 \text{ Schuh},$$

und dies entspricht einer halben großen Meile!

Es ergibt sich also der Maßstab 1:14400; vergleicht man ihn mit dem heutigen Meßtisch-Maßstab (1:25000), so ist ersichtlich, daß er *fast doppelt* so groß ist und damit eine sehr ausführliche Darstellung des Geländes gestattete.

Wir schätzen heute die Genauigkeit, die uns in den Meßtischblättern geboten wird; um so mehr erfüllt es uns mit Bewunderung, daß schon die Geometer der Renaissance sich an eine so umfangreiche Aufgabe heranwagten, wie es die Schaffung einer Karte so großen Maßstabes darstellt — und sie lösten! So ist dieses Kartenwerk ein besonders schönes Zeugnis lebendiger Mathematik jener Zeit!

Aus der Maßstabfestlegung ÖDERS (1 Schuh $\triangleq$ $^1/_2$ großen Meile) geht gleichzeitig hervor, daß bei seinen Feldmeßarbeiten die *große Meile* zur Verwendung kam, eine Tatsache, auf die bisher nicht hingewiesen wurde.

ÖDERS Vetter und Mitarbeiter, der Markscheider BALTHASAR ZIMMERMANN, hat nach 1607 die Abschlußarbeiten am großen Kartenwerk durchgeführt; von ihm stammt eine *verkleinerte Kopie* (Maßstab $^1/_4$ der Originalkarte, d. h. 1:57600). Zum 800jährigen Regierungsjubiläum des Hauses WETTIN (1889) wurde diese Kopie — beschränkt auf den Raum des ehemaligen Königreiches Sachsen — in hervorragender Ausstattung von S. RUGE [32b] herausgegeben; es handelt sich um 17 Blätter der Größe 76 × 52 cm, koloriert wie im Original.

Abb. 12 zeigt einen Teil der Karte 13 dieses Werkes; es wurde zum Vergleich das Gebiet gewählt (Mühlberg/Lichtensee), das auch in den Abbildungen 9 und 10 vorliegt. ÖDER hat hier die Vermessungen 1596 vorgenommen.

Im Kartenbild liegt Süden am *oberen* Rand, Westen *rechts*; ein Gradnetz bzw. eine Gradeinteilung ist nicht eingetragen. Der Elblauf vom „Stedlein Strehlen“ (Strehla) bis „Stad Mülbergk“ ist richtig wiedergegeben; einige Straßenzüge sind eingezeichnet (die „Mülbergische“ Straße — ausgehend von „Lichtensehe“, d. h. Lichtensee, am linken Kartenrand, vorbei an „Taupodels Heide“ — ist freilich nicht bis zur Stadt Mühlberg geführt).

Besonders auffällig sind die genauen Angaben über die Grundbesitzer (bei „Boragk“: „ins Ampt Mülbergk“ gehörig, die großen Besitzungen der Familie „Pflugk“, vor allem von OTTO PFLUGK — auf der Routenkarte von 1575 (Abb. 9) ist schon die „Schefferey des Nickell Pflug“ eingetragen, bei ÖDER nur genannt „scheferey im Gorisch“).

Einen *zweiten Ausschnitt* aus ÖDERS Kartenwerk (RUGE: Karte 9) zeigt Abb. 13a. Hier ist das Gebiet der *Landeshauptstadt und Umgebung* wiedergegeben, von ÖDER 1593/98 ausgemessen. Dresden selbst ist am Elbknie mit seinen Mauern, Bastionen und der Elbbrücke dargestellt. Besondere Aufmerksamkeit verdient der sorgfältige Riß der *„Dresdner Heide“*, das nahegelegene Jagdgebiet des kurfürstlichen Hofes. Die exakte geometrische Aufteilung des Waldgebietes nach den acht Richtungen der Windrose ist wieder ein recht anschauliches Beispiel lebendiger Mathematik der Renaissance, das noch heute in Bezeichnungen von Waldwegen der Dresdner Heide zu erkennen ist: Die „Alte Eins“, die „Alte Zwei“ usw. Der erste und fünfte „Flügel“ der Aufteilung bilden die OW-Achse des Systems; dritter und siebenter Flügel laufen in S- bzw. N-Richtung. Beachtlich ist vor allem die SW-Richtung, der vierte Flügel; er lief auf das Dresdner Schloß mit dem markanten Punkt seines Turmes zu.

Es ist anzunehmen, das *Zentrum des achtstrahligen Wegesystems* wurde so gewählt, daß sich für Flügel 4 diese Richtung, der kürzeste Weg von Dresden zu diesem Zentrum, ergab; von hier aus wurden dann die übrigen Flügel vermessen. Das Zentrum war ein kurfürstlicher „Saugarten“ mit Gehöft für die Schwarzwildjagd — noch heute wird für diese Stelle des Heidegebietes derselbe Name gebraucht (vgl. „Dresdner Heide, Pillnitz...“, S. 81f. — Akademie-Verlag, Berlin 1976).

Im „Saugarten“ wurden eingefangene Wildschweine gehalten, die man dann zur Hetzjagd wieder freiließ. Diese acht Flügelwege sind mehrfach durch parallele Wege verbunden, so daß sich das *spinnennetzartige Bild* dieses Teiles der Öderschen Karte ergibt. Wahrscheinlich war es schon Kurfürst AUGUST, der dieses Jagdzentrum und das von ihm ausgehende Wegesystem anlegen ließ.

ÖDERS gesamtes Kartenwerk zeichnet sich besonders aus durch die Eintragung vieler *Einzelheiten* (zum Teil sogar Angabe der Einwohnerzahl von Siedlungen), so daß es nicht nur für den Geographen, sondern auch für den Kultur-, Natur- und selbst für den Sprachforscher eine geschichtliche Quelle ersten Ranges darstellt. Das *Flußnetz* ist von beachtlicher Genauigkeit, die *Grenzen von Herrschaftsgebieten* sind eingetragen, und diese wurden koloriert. *Niveaudarstellungen* fehlen noch; es

Abb. 12
Ausschnitt aus der Großen Karte des Kurstaates Sachsen
(Ausmessung dieses Gebietes — Umgebung Mühlberg/Lichtensee — von Matthias Öder im Jahre 1596)

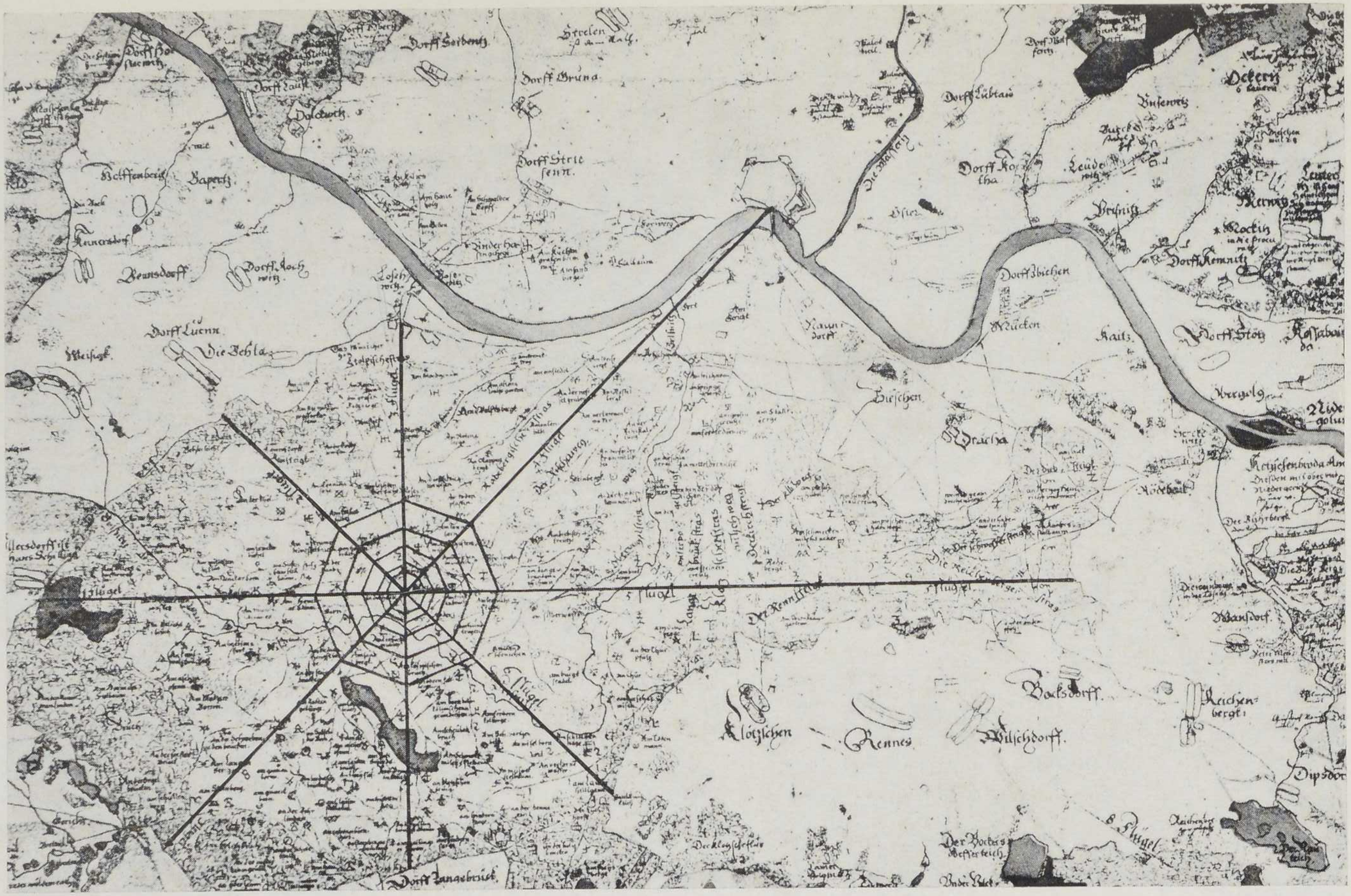


Abb. 13a
Ausschnitt aus der Großen Karte des Kurstaates Sachsen
(Ausmessung dieses Gebietes – Dresden und Umgebung – von MATTHIAS ÖDER in den Jahren 1593/98)

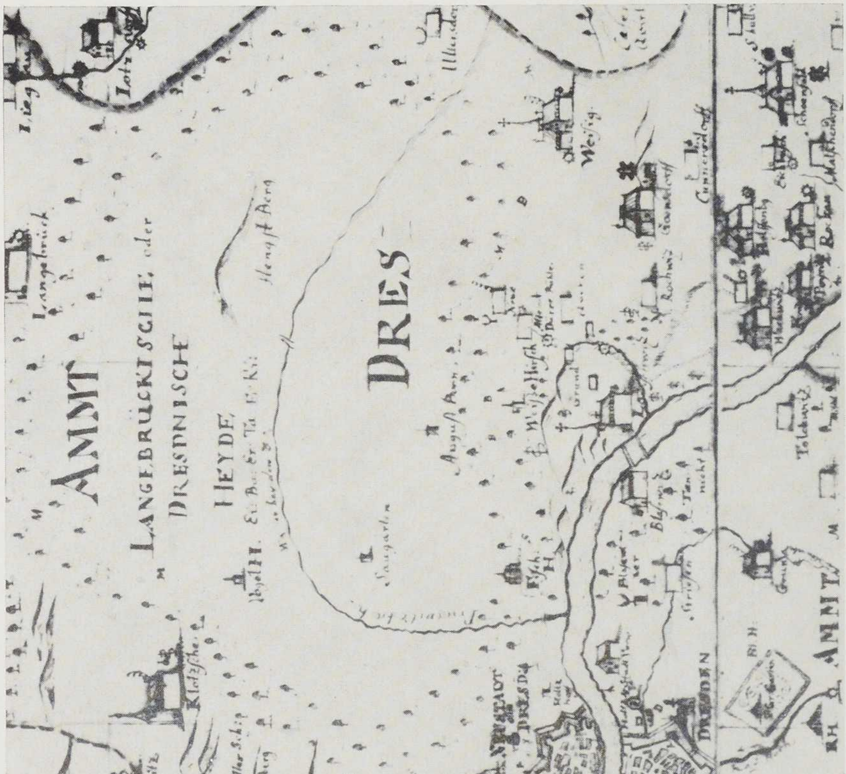


Abb. 13b
Dresden und Umgebung 1733
(Ausschnitt aus Originalkarten von ADAM FRIEDRICH ZÜRNER)

wird aber dafür der Charakter der Landschaft durch Angaben wie „felsich, sehr hoch, am höchsten, ein hart Knochen" gekennzeichnet.

Die Abschlußarbeiten an Öders großem Kartenwerk fallen in die Anfangsjahre des *30jährigen Krieges*. Wie auf alle Gebiete von Kunst und Wissenschaft wirkte die Kriegsfurie auch auf die Arbeiten der Feldvermessung lähmend. Erst rund 100 Jahre später, unter der Regierung von Kurfürst Friedrich August I., dem Starken (1670—1733), wurde eine neue Landesaufnahme in Angriff genommen. Adam Friedrich Zürner (geb. 1679; gest. 1742 in Dresden) leitete sie, stellte seine berühmten Postmeilensäulen (S. 34) seit 1721 auf und legte die Ergebnisse seiner Vermessungsarbeiten in Kartenbildern nieder, vor allem im „*Atlas Augusteus*", von dem freilich erst nach Zürners Tod in den Jahren 1745 bis 1760 ein Teil (49 Karten) von Pieter Schenk d. J. im Druck herausgegeben wurde.

Abb. 13b zeigt zum Vergleich mit Öders Karte (Abb. 13a) *Dresden und Umgebung* in einem Ausschnitt aus Originalkarten Zürners vom Jahr 1733 (Landesbibliothek Dresden). Im Kartenbild liegt nunmehr N am oberen Rand; es ist aber ersichtlich, daß Zürner mit seiner Arbeit die hervorragende Leistung Öders nicht erreicht. Besonders auffällig ist die ungenaue Darstellung des Heidegebietes von Dresden und des Elblaufes in dem charakteristischen Knie unterhalb Dresdens.

Beachtlich ist aber bei Zürners Karten die Verwendung *einheitlicher kartographischer Signaturen*, vor allem zur Kennzeichnung der staatlichen, wirtschaftlichen und kirchlichen Verhältnisse der dargestellten Orte, ausgedrückt in den *Gebäudeformen* (vgl. Abb. 13b und die farbige Wiedergabe einer „*Ämterkarte*" von Zürner (Bitterfeld, Delitzsch, Zörbig) in: Haack, Geographisch-Kartographischer Kalender 1977 (Karte 8).

Über Zürner berichtet in neuester Zeit P. R. Beierlein: Adam Friedrich Zürner (Sächs. Heimatblätter, Dresden *17* (1971), 6).

II. Unmittelbare Streckenmessungen mit kursächsischen Wegmessern

1. Einführung

Die Herstellung der in Kapitel I.6 genannten Routenkarten oder anderer Kartenbilder machte es notwendig, bei diesen umfangreichen Vermessungsarbeiten besonders die langwierige *unmittelbare Streckenmessung* (Ausmessung von Ortsentfernungen) mit Meßstab, Meßschnur oder Meßkette zu vereinfachen. Es galt, das Problem auf *automatischem Wege* zu lösen.

Das Altertum hatte hierfür schon Vorarbeit geleistet. Vitruv und Heron von Alexandria berichten von auf Wagen befestigten Wegmessern (Hodometer). Der Grundgedanke dieser Vorrichtungen war das mechanische Auszählen einer abrollenden Einheit (Umfang eines Wagenrades) oder — bei den *Schrittzählern* [43] — einer sich gleichmäßig wiederholenden Schrittbewegung (bei Fußgängern bzw. schreitenden Pferden). Auch Leonardo da Vinci beschäftigte sich mit der Konstruktion eines Wegmessers, wie Zeichnungen von ihm beweisen. Levinus Hulsius [44c] bringt in seiner 1605/15 in Frankfurt erschienenen Schrift das Bild eines an einem Wagen befestigten Wegmessers (Abb. 14), wobei eine Teilzeichnung (rechts im Bild) die *Technik der Meßvorrichtung* sehr gut erkennen läßt.

An der Radnabe war ein Hebel (G) befestigt; dieser schlug bei jeder Radumdrehung an einen mit der ruhenden Achse verbundenen, federnden Arm (F). Dadurch wurde auf das am Arm befestigte Verbindungsseil (oder Kette) zum Meßgerät im Wagen ein Zug ausgeübt, so daß das Zählwerk um eine Einheit weiterschaltete. Durch Zahnradübersetzungen konnten dann Vielfache dieser Einheit (= 1 Radumfang) an weiteren Skalen des Zählwerks abgelesen werden. — In dieser Weise arbeiteten auch die beiden zu besprechenden kursächsischen Wegmesser (Abb. 15 und 16).

Kurfürst August wandte der Entwicklung einwandfrei funktionierender Wegmesser während der gesamten Regierungszeit seine ganz besondere Aufmerksamkeit zu; dies geht auch aus seiner Schrift über das „newerfundene Instrument" (Beschreibung eines Wegmessers mit Bussole) hervor. Sie ist im ersten Band der auf S. 43 genannten „*Routenbücher*" enthalten; M. Engelmann [32; S. 33/34] gibt aus dieser Beschreibung den Teil wieder, in dem der Kurfürst über die Verwendung des Instrumentes berichtet.

Im Jahre 1564 erhielt der Kurfürst von Valentin Thau (S. 20) einen ersten Vorschlag für den Bau eines Wegmessers, den man an einem Kutschwagen anbringen konnte. Drei Instrumente sind danach gebaut und verwendet worden; keines hiervon ist erhalten.

Christoph Schissler (S. 12 und [48]) fertigte dann für den Kurfürsten um 1575 einen Wegmesser, der — nach einem Brief des Kurfürsten an Schissler aus dem Jahre 1577 (Sächs. Landeshauptarchiv Dresden, Cop. 432, Blatt 13/14) — nach seinen Angaben etwas verbessert wurde: „Zudem haben wir uns das vorige Instrument durch vleißig nachsinnen dermaßen accomodirt und bequeme gemacht, das wir dasselbig zu Wagen und Roß brauchen können undt nicht selbst am leibe fuhren durffen" (also Anbringung des Gerätes an einem Reisewagen).

Abb. 14
Wagen mit einem Wegmesser und Darstellung der Wirkungsweise dieses Instrumentes (Hulsius, L.: Gründliche Beschreibung eines Wegzählers ... Frankfurt 1605/15)

Zwölf *Wegmesser* waren nach dem ältesten *Inventar-Verzeichnis der Dresdner Kunstkammer* vom Jahr 1587 (heute im Sächs. Landeshauptarchiv Dresden) dort vorhanden, also ein Jahr nach dem Tod des Kurfürsten. Vor dem Krieg waren hiervon noch vier erhalten:

1. Ein Wegmesser von quadratischer Form, wahrscheinlich das soeben genannte Instrument Schisslers von 1575 (Abb. 15 — heute noch vorhanden).
2. Ein Wegmesser des Augsburger Mechanikers Thomas Rückert von 1575 — in dieser Zeit war er in Dresden tätig (verlorengegangen — Bild bei Engelmann [32] und Rohde [44a; S. 55]).
3. Ein Wegmesser des Uhrmachers Martin Feyhel aus Naumburg (eine Zeitlang Mitarbeiter Schisslers in Augsburg) von 1580 (verlorengegangen — Bild bei Engelmann [32] und Rohde [44a]).
4. Ein besonders schönes Instrument des Dresdner Mechanikers Christoph Trechsler d. Ä. von 1584 (Abb. 16 — heute noch vorhanden).

Ausführlich wird über Wegmesser und Schrittzähler von M. Engelmann [32] — unter besonderer Berücksichtigung der Instrumente des Kurfürsten August — und von A. Rhode [44a] berichtet; die Schriften von P. Pfintzing [44b] und L. Hulsius [44c] — erschienen am Ende des 16. bzw. Anfang des 17. Jahrhunderts — enthalten ebenfalls Besprechungen des „Viatorii oder Wegzählers".

2. Der Wegmesser von Christoph Schißler d. Ä. (um 1575)

Die im MPhS erhalten gebliebenen kursächsischen Wegmesser ermöglichen uns festzustellen, wie man das schwierige Problem der Übertragung des komplizierten mathematischen Maßsystems der Länge mit seinen nichtdezimalen Unterteilen auf ein *mechanisches Zählwerk* meisterte. Schisslers Wegmesser von 1575 (Abb. 15) ist hierfür ein besonders schönes Beispiel; eine nähere Untersuchung [45] verrät außerdem, daß das geheimnisvolle „mas" der Routenkarten des Kurfürsten August (S. 44ff.) seiner Konstruktion zugrunde lag, dieser Wegmesser also sicher bei Fahrten, die zur Herstellung dieser Karten führten, verwendet wurde, wahrscheinlich auch bei vielen anderen Reisen.

Der Aufbau des Meßwerkes und die verwendeten Maßeinheiten

Abb. 15 zeigt sehr deutlich die drei konzentrischen Skalen der aus Messing gefertigten Meßscheibe des Wegmessers mit den zugehörigen drei Zeigern; drei darunter sichtbare kleine Hebel dienten zur Ein- und Feststellung der Zeiger.

Bei einem Umlauf des kleinsten Zeigers auf der *inneren Skala* (beziffert von 5 zu 5 bis 100) sind 100 Umdrehungen der Radachse gezählt worden; die *mittlere Skala* (beziffert von 100 zu 100 bis 1500, unterteilt von 10 zu 10) gestattet die Ablesung von insgesamt $15 \cdot 100$ Umdrehungen, und mit Hilfe der *dritten Skala* (beziffert bis 15, unterteilt in Fünfzehntel) sind dann $1500 \cdot 15 = 22500$ Umdrehungen zählbar.

Nach 100 Umdrehungen des Maßrades des Wagens und damit nach einer Umdrehung des kleinsten Zeigers der Meßscheibe ist eine für diesen Wegmesser festgelegte *Einheitsstrecke* (*Grundeinheit*) durchfahren worden; es könnte sich um 50 bzw. 60 Ruten gehandelt haben, denn 50 Ruten entsprechen $^1/_{30}$ der *kleinen* Meile, und 60 Ruten entsprechen $^1/_{30}$ der *großen* Meile. Die mittlere Skala zählt ja bis zum 15fachen dieser Größen, und dies würde gerade einer *halben* ($^{15}/_{30}$) *kleinen* bzw. *großen* Meile entsprochen haben, eine Festlegung, die für eine schnelle Ablesung der gefahrenen Meilen sehr naheliegend war.

Bei Annahme von 50 Ruten für 100 Radumdrehungen würde sich eine zu kleine Größe für das Wagenrad ergeben (Durchmesser $d \approx 0{,}7$ m). Daraus ist zu schließen, daß die *Grundeinheit* 60 Ruten, d. h. $^1/_{30}$ *große Meile* betrug. Beachtlich ist hierbei, daß die Längeneinheit „Feldweg" bzw. „Gewend" (eine Länge, nach der man beim Ackern den Pflug „wendete") auch 60 Ruten umfaßte (S. 33).

Bei der Besprechung der Routenkarte (S. 47) konnte festgestellt werden, daß 1 „mas" der Größe von 60 Ruten (≈ 270 m) entsprochen haben muß. *Es ist danach ersichtlich, daß die Grundeinheit des Wegmessers mit diesem „mas" übereinstimmte.*

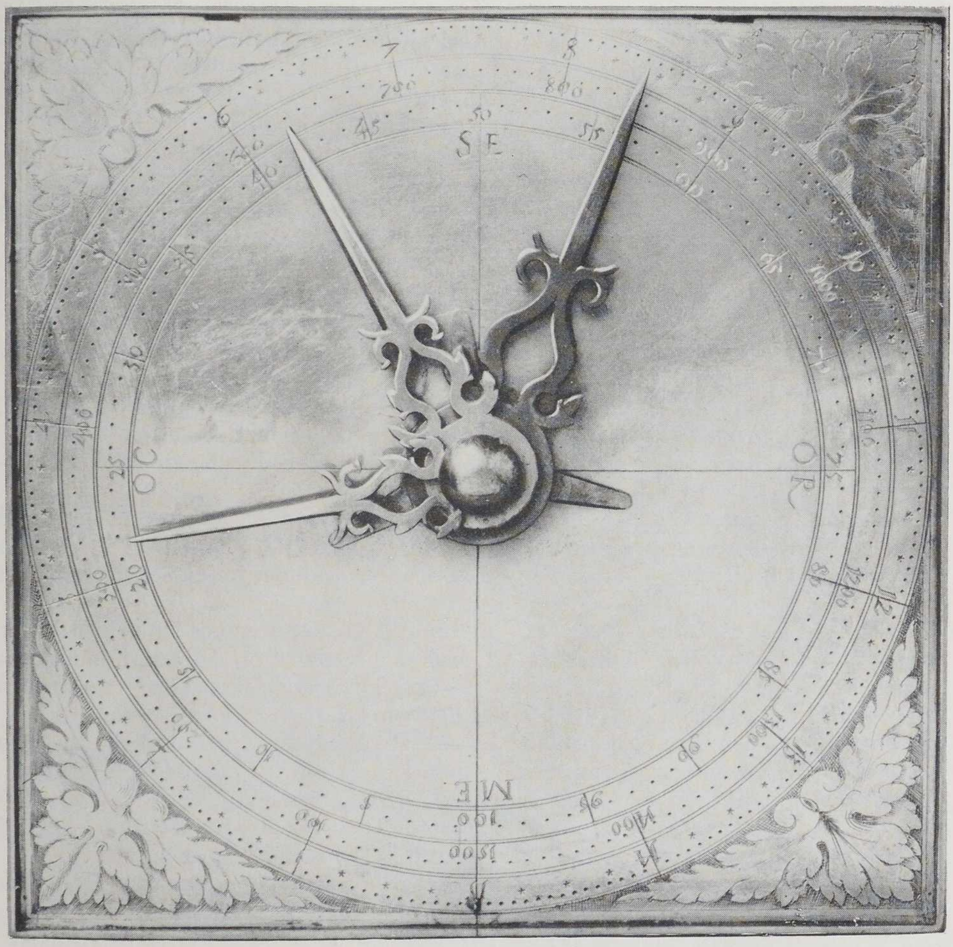


Abb. 15
Meßscheibe eines Wegmesser des Kurfürsten August
(Christoph Schissler d. Ä.; um 1575)

Dieser Wegmesser wurde also bei der Herstellung der Routenkarten verwendet; gleichzeitig ist festzustellen, daß bei diesen Messungen die *große Deutsche Meile* ($\approx$ 8,2 km) zugrunde gelegt wurde. Die bei einer Fahrt zurückgelegte Anzahl von mas-Einheiten konnte am Instrument direkt abgelesen werden (wenn gewünscht auch die Meilenzahl). — Damit ergibt sich folgende *Zusammenfassung:*

$$\begin{aligned} \text{100 Umdrehungen des Meßrades} &\triangleq 1 \text{ „mas" der Routenkarte} \\ &= 60 \text{ Ruten} = {}^1/_{30} \text{ große Meile} (\approx 270 \text{ m}) \\ &= 1 \text{ Feldweg bzw. Gewend.} \end{aligned}$$

Die innere Skala zählte also bis 1 mas, die mittlere bis 15 mas (= $^1/_2$ große Meile), die äußere Skala bis 15 · 15 mas. Der Wegmesser hatte damit bei 22500 Radumdrehungen insgesamt einen *Zählbereich* bis 225 mas (= $7^1/_2$ große Meilen ≈ 62 km), d. h. eine bei den damaligen Geschwindigkeiten ausreichende Größe. — Die Zahlen der äußeren Skala geben halbe, die Teilpunkte dreißigstel große Meilen (= 1 mas) an.

Die *Zeigerstellung* in Abb. 15 würde die Zahl von $4^1/_5$ große Meilen ergeben (Ablesung an der äußeren Skala: 8 halbe + rund 6 dreißigstel Meilen) oder genau $126^3/_{10}$ mas (großer Zeiger: 8 · 15 = 120 mas; mittlerer Zeiger: $6^3/_{10}$ mas; kleiner Zeiger: Zeiger ist verdreht; er müßte nicht 22, sondern 30 — d. h. $^3/_{10}$ mas — anzeigen).

Die Zahlen des *äußeren Skalenkreises* geben für den mittleren Zeiger sofort die mas-Zahl an (z. B. Stellung 600 → 6 mas); die dort eingetragenen „Sternchen" bedeuten dann Bruchteile $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ der mas-Einheit. Diese Bruchteile sind auf den Routenkarten zu finden (z. B. Entfernungsangaben $19^1/_4$, $15^3/_4$ mas).

Gerade diese „Sternchen-Teilung" spricht nochmals für die Einrichtung dieses Wegmessers Schisslers *auf die mas-Einheit*. Es handelt sich also um ein den praktischen Gegebenheiten gut angepaßtes Instrument mit sehr übersichtlicher Meßscheibe.

Das zum Wegmesser gehörige Wagenrad mußte einen Durchmesser von rund 0,9 m besitzen (Umfang des Rades ≙ 1 Umdrehung = 0,6 Ruten ≈ 2,7 m), eine Radgröße, die bei Reisewagen damaliger Zeit unter anderen im Gebrauch gewesen ist.

W. Treue berichtet über *Radgrößen* im 16. und 17. Jahrhundert in seinem Werk „Achse, Rad und Wagen" [46; S. 214]: „Als der Verkehr im 16. Jahrhundert erheblich zunahm, wurden in den menschen- und handelsreichsten Ländern Europas auch immer mehr Wagen gebaut — Kutschen wie Lastfahrzeuge —, wobei Italien, Frankreich, Spanien und Deutschland entschieden voranstanden. Dabei wurde es modern, die Räder immer größer anzufertigen.

Besaßen bis dahin die größten Räder einen Durchmesser von *nicht mehr als 130 bis 140 cm*, so stieg dieses Maß für die Hinterräder nun für 200 bis 250 Jahre bis auf *150 bis 160 cm* an, während die Vorderräder um soviel kleiner wurden."

Die Meßscheibe des Wegmessers zeigt noch die Eintragung der *vier Himmelsrichtungen:* ME, OC, SE, OR (ME: Meridies, d. h. S; OC: Occidens bzw. Occasus, d. h. W; SE = Septentrio, d. h. N; OR: Oriens bzw. Ortus, d. h. O — vgl. die entsprechenden Eintragungen am Kartenrand von Abb. 11).

Eine *Bussole* mußte während der Fahrt neben dem Wegmesser mitgeführt werden, um die Richtungswinkel für die Routenkarte bestimmen zu können; es gab auch Wegmesser mit eingebauter Bussole (z. B. das Instrument von M. Feyhel, vgl. S. 57).

3. Der Wegmesser von Christoph Trechsler d. Ä. (1584)

Der schöne Wegmesser (Abb. 16) aus feuervergoldetem Messing von Christoph Trechsler aus dem Jahr 1584 (bezeichnet C. T. 1584) wurde noch zu Lebzeiten des Kurfürsten August, zwei Jahre vor seinem Tod, fertig [47]; sein Gewicht und seine

Größe (Höhe 42 cm) ließen nur eine Verwendung auf einem Reisewagen zu. Einige Einzelheiten dieses wertvollen Instrumentes sollen hier genannt sein.

Das *Meßwerk* ruht — in seiner Lage durch eine auf seiner Rückseite angebrachte lange Schraubenspindel verstellbar — auf einer durch Ätzarbeiten verzierten Zylindersäule; das kursächsische Wappen ist Mittelpunkt des schönen Schmuckwerkes. Eine Gliederkette stellt die Verbindung von Radachse zum Meßwerk her; an Stelle der Gliederkette ist heute eine Schnur befestigt.

Vor dem Meßwerk ist ein kleiner *Zeichentisch* („Reißtischlein") angebracht; hier konnten während der Fahrt Wegskizzen mit Angabe der Ortsentfernungen und Wegrichtungen — für eine später anzufertigende genaue Karte notwendig — eingetragen werden.

Nach dem Inventarverzeichnis der Dresdner Kunstkammer von 1587 gehörte zum Wegmesser noch eine Reihe von *Hilfsgeräten* (27 Stück; Abbildung von Teilen zum

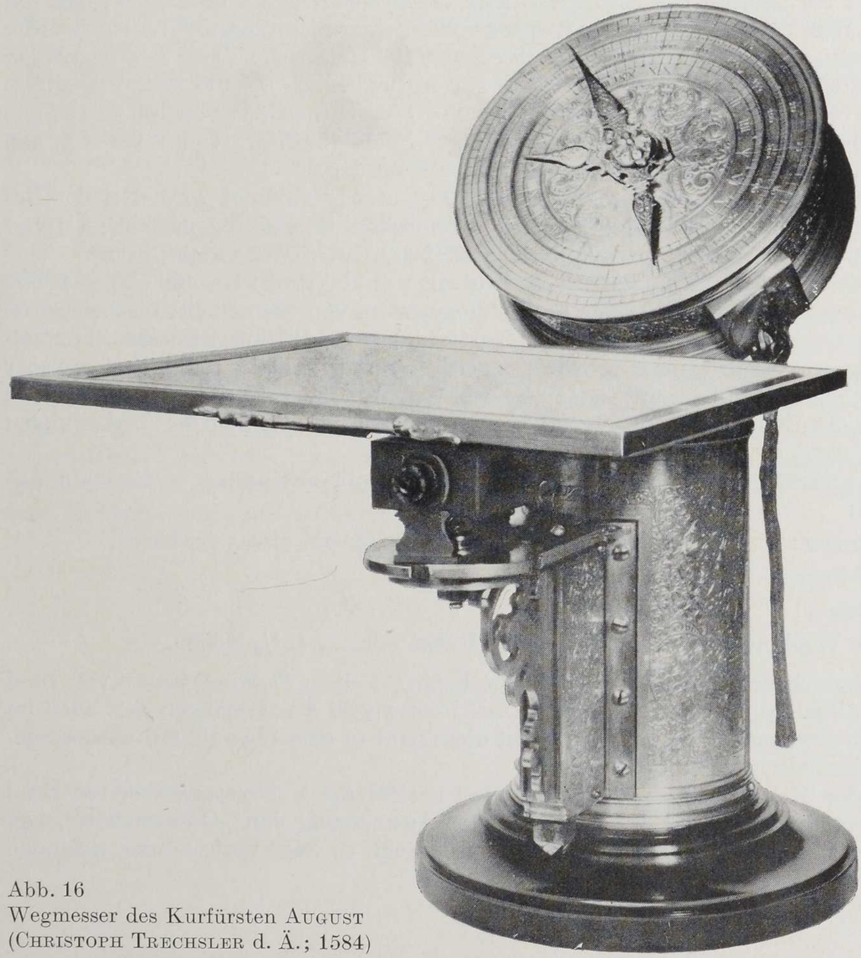


Abb. 16
Wegmesser des Kurfürsten August
(Christoph Trechsler d. Ä.; 1584)

„Reißtischlein“ bei ENGELMANN [32]), darunter ein *Bussolen-Instrument*, das bei Gebrauch auf das „Reißtischlein“ gesetzt wurde; es besaß eine *Lochvorrichtung* (nur zum Teil noch vorhanden) zur Festhaltung der jeweiligen Nadelrichtungen auf einem Papierstreifen; sie entspricht derjenigen eines Wegmessers von TH. RÜCKERT, die auf S. 63 genannt wird.

Der Aufbau des Meßwerkes und die verwendeten Maßeinheiten

Im Inventarverzeichnis wird TRECHSLERS Wegmesser wie folgt angeführt:

„1 Mößen (messingnes) rundt vorguldt Instrument uf einer schwartz gedröheten (gedrehten) Seulen (also der Fuß, auf dem der Zylinder steht) mit 3 Zaigernn, der erste lange Zaiger gehet uf Rutten, in 100 Ruten einmal rumb, der mittel Zaiger in 2000 Ruten einmal rumb, der dritte von Meilen zu Meilen, in 20 meil Weges einmall rumb ...“

Damit ist der *Aufbau des Meßwerkes* klar beschrieben; es ist ersichtlich, daß die Einheit „mas“ (= 60 Ruten) der Wegausmessung hier nicht zugrunde gelegt wurde. Die *Grundeinheit* beträgt bei diesem Instrument 100 Ruten, d. h., jede *Radumdrehung entspricht einer Rute;* es konnten also an der *äußeren* Skala bis 100 Ruten (beziffert von 5 zu 5), an der *mittleren* bis 2000 Ruten = 1 Meile (beziffert von 100 zu 100 mit Unterteilung in Zehntel) und an der *inneren* Skala (beziffert von I bis XX mit Unterteilung in Viertel) bis 20 Meilen abgelesen werden.

Beachtlich ist, daß hier die Meile zu 2000 Ruten verwendet wird. Bei der Besprechung der Meilengrößen (S. 34f.) wurde schon darauf hingewiesen; es sind dort auch die Gründe für die Zuwendung zur 2000-Ruten-Meile angeführt.

Der *Zählbereich* von TRECHSLERS Instrument war also groß: $100 \cdot 20 \cdot 20 = 40000$ Radumdrehungen gegenüber 22500 des Wegmessers von SCHISSLER; hierbei wurde eine Wegstrecke von 20 Meilen zu 2000 Ruten (d. h. rund 180 km) gemessen. TRECHSLERS Wegmesser war also ein sehr leistungsfähiges, dazu stabiles und mit einem sehr übersichtlichen Meßwerk ausgestattetes Instrument, das in Weiterentwicklung des Schißlerschen Wegmessers durch *Verwendung dezimaler Maßteilung* den Bedingungen der Meßpraxis weitgehend angepaßt war.

Die *Zeigerstellungen* in Abb. 16 ergeben — schwer erkennbar — folgende Ablesungen:

kleiner Zeiger:	etwas weniger als $15^1/_2$ Meilen (Zeiger etwas verdreht),
mittlerer Zeiger:	890 Ruten,
großer Zeiger:	90 Ruten,

d. h. eine Weglänge von 15 Meilen + 890 Ruten oder $\approx 15^1/_2$ Meilen.

Der Umfang des Meßrades (= 1 Rute) bedingte einen *Raddurchmesser* von rund 1,50 m; diese beachtliche Radgröße ist bei Reisewagen der damaligen Zeit auch im Gebrauch gewesen. W. TREUE [46] nennt diese Zahl in dem oben (S. 60) wiedergegebenen Abschnitt seines Buches.

Über den Einsatz dieses Wegmessers bei besonderen Vermessungsarbeiten kann nichts ausgesagt werden; er könnte bei der Ausmessung von „Grenzmeilen“, von denen in ZEDLERS Lexikon gesprochen wird (vgl. S. 34), Verwendung gefunden haben.

4. Technische Besonderheiten an Wegmessern

Es sind noch folgende technische Besonderheiten zu nennen, die im Zusammenhang mit der Konstruktion der Wegmesser entwickelt wurden:

a) Besonders bemerkenswert ist einer der vier Wegmesser, die Thomas Rückert (vgl. S. 57) geschaffen hat (Baujahr wahrscheinlich 1575), einst zum Inventar der Kunstkammer gehörig, vor 1945 und noch jetzt im *Museum für Kunstgewerbe Leipzig;* Bild bei Engelmann [32; S. 18 u. 19] und Rohde [44a; S. 53 u. 54; dort auch Abbildung der Lochvorrichtung dieses Wegmessers].

Er besitzt eine interessante Vorrichtung zur *mechanischen Aufzeichnung* der sich während der Fahrt ändernden Nadelrichtung einer Bussole; auf einem abrollenden Papierstreifen wurde von Zeit zu Zeit die Nadelrichtung der Bussole, die *Bussolenortung,* eingelöchert, also ein Lochstreifen (Breite 12,8 mm) hergestellt. Dies geschah durch Eindrücken von drei an den Enden und der Mitte der Nadel befestigten Spitzen in das Papier; die drei Lochpunkte ergaben die Ortungslinie.

Die Mechanik soll sehr empfindlich gewesen sein und dadurch oft zu fehlerhaften Angaben geführt haben — aber eine glänzende Idee der Renaissance-Techniker! Neben Rückert haben auch Schissler, Feyhel (S. 57) und Trechsler (vgl. S. 62) Vorrichtungen zur mechanischen Aufzeichnung der Nadelrichtung einer Bussole gebaut.

b) Die während der Fahrt zurückgelegten viertel und ganzen Meilen konnten durch *Glockenschläge* angezeigt werden (Instrument von Feyhel und bei anderen Wegmessern).

c) Die Bussole enthielt auf derselben Achse zur Verstärkung der magnetischen Kraft *zwei übereinanderliegende Magnetnadeln* (Instrument von Feyhel).

d) Nach dem Inventarverzeichnis der Dresdner Kunstkammer von 1595 [61] gehörte zum Wegmesser von Feyhel „1 Instrument oder Nachtlicht ohne Fewer (Feuer)“, d. h. ein *Behälter mit Leuchtmasse,* die in einer sächsischen Grube (Herzog-August-Grube) gefunden wurde. — Es handelte sich also um die Ausnutzung der *Lumineszenz* bestimmter Stoffe zur Skalenbeleuchtung bei Dunkelheit — wie modern, wenn wir an unsere heutigen Leuchtziffern denken!

III. Mittelbare Streckenmessungen mit dem „Quadratum geometricum“ oder Meßquadrat

1. Entstehung, Aufbau und Anwendung des allgemeinen „Quadratum geometricum“ oder Meßquadrates

Im Jahre 1569 schließt der Augsburger Werkmeister CHRISTOPH SCHISSLER seine „Geometria“ genannte Handschrift, in der er ein von ihm gefertigtes Meßgerät, ein Quadratum geometricum von besonderer Schönheit und Eigenart, beschreibt, mit einer Widmung an Kurfürst AUGUST von Sachsen ab und überreicht im selben Jahr Handschrift und Instrument — wahrscheinlich persönlich — am Dresdner Hof. SCHISSLER, der sich in seiner Schrift „Geometrischer und Astronomischer Werkhmeister“ und in übergroßer Bescheidenheit einen „Klain verstendigen inn diser Khunst Geometria“ nennt, war 1569 schon ein sehr anerkannter Meister für den Bau mathematischer Instrumente [48].

Mit seinem Quadratum schuf er eines seiner interessantesten Werke, das *bedeutendste Beispiel dieser Instrumentengattung* und das *kunstvollste mathematische Meßinstrument des 16. Jahrhunderts.* Es ist ein Kunstwerk und gleichzeitig ein durchaus brauchbares Meßinstrument, in dem einige für seine Zeit neue mathematische und meßtechnische Erkenntnisse und Fortschritte — auf engstem Raum geschickt angeordnet — konstruktiv genau und einwandfrei verarbeitet sind.

So verkörpert das nach 1945 nur noch in seinem *Hauptteil,* der restaurierten *quadratischen Tafel* (Abb. 20, 21 — heute ohne Säule und Schmuckstücke an den Seiten), erhaltene Instrument in besonderem Maße lebendige Mathematik der Renaissance; auf die ausführliche Würdigung im ersten Band der *Veröffentlichungen des MPhS* [1a] sei hier nochmals verwiesen.

Auch im Rahmen dieser Arbeit darf es als Beispiel eines Instrumentes für *mittelbare Streckenmessungen* nicht fehlen; es kann freilich hier nur ein zusammenfassender Überblick über *Aufbau,* verwendete *Meß- und Rechenverfahren* und *Anwendung* gegeben werden. Dazu ist es notwendig, einleitend über das schon lange vor SCHISSLER benutzte allgemeine „Quadratum geometricum“, für das weiterhin der das Wesen des Instrumentes bezeichnende kürzere Name *„Meßquadrat“* gebraucht werden soll, einige Aussagen zu machen.

Die *unmittelbare Messung* von Strecken mit Meßstab, Meßkette u. a. versagt, wenn es gilt, Strecken (z. B. Entfernungen, Höhen) zu messen, bei denen ein Endpunkt nicht zugänglich ist oder beide nicht zu erreichen sind. Man half sich bei diesen mittelbaren Streckenmessungen seit alters, indem man Stäbe bzw. rechtwinklige Meßdreiecke verwendete. Mit der Konstruktion des Meßquadrates gewann man dann ein einfaches Instrument, mit dem man durch das an ihm angebrachte drehbare Ziellineal (auch Al-idade genannt) beim Messen ortsunabhängig wurde.

Dieses Meßquadrat verdankt den *trigonometrisch-astronomischen Arbeiten der Araber,* insbesondere ihrer *Schattenlehre* (Schatten-Begriff, Schatten-Tafeln, vgl.

S. 29ff.), seine Entstehung (um 900 u. Z.). Dafür sprechen die noch im 16. Jahrhundert auf jedem Meßquadrat an zwei aneinanderstoßenden Seiten angebrachte *12- bzw. 60-Teilung*, die die Araber verwendeten, und die Bezeichnungen dieser ausgeteilten Quadratseiten mit *„rechter“* (d. h. richtiger, wahrer) bzw. *„verkehrter Schatten“* (lateinisch: umbra recta bzw. umbra versa, abgekürzt *ur*, *uv*); in Abb. 30 (Jamnitzers *Meßscheibe*) sind die genannten Teilungen und Bezeichnungen der Seiten der beiden aneinanderliegenden Meßquadrate sehr gut zu erkennen.

Die beiden arabischen Begriffe „rechter und verkehrter Schatten“ lassen sich am ehesten durch Umdeutung des in Abb. 17 dargestellten Meßquadrates $ABCD$ wie folgt veranschaulichen:

Rechter Schatten. Es sei AD ein auf der Horizontalen CD senkrecht stehender Schattenstab (Gnomon). Die Al-idade, die einen von A einfallenden Sonnenstrahl darstelle, ist so gedreht (gestrichelte Linie), daß sie CD im Punkt F schneide. Dann ist DF der wahre oder „rechte“ Schatten (*ur*) des Stabes AD.

Verkehrter Schatten. Der Schattenstab (in diesem Fall AB) stehe verkehrt, d. h. senkrecht zur vertikalen Wand BC. Der wieder von A ausgehende Sonnenstrahl (Al-idade) trifft nun BC in E. BE ist jetzt der „verkehrte“ Schatten (*uv*) des Stabes AB.

Die Einführung der umbra-Bezeichnung am Meßquadrat erklärt sich aus der Tatsache, daß der umbra-Rechnung *rechtwinklige Dreiecke* zugrunde lagen (vgl. Abb. 5a und Text) und solche rechtwinkligen Dreiecke beim Arbeiten mit dem Meßquadrat ebenfalls auftraten. Als die Bezeichnung *Tangens* (Abb. 5a zeigt die Berechtigung dieser Namensgebung) bzw. *Kotangens* für die umbra-Begriffe eingeführt wurde, hatte das Meßquadrat schon an Bedeutung verloren und verschwand bald ganz (vgl. S. 32), so daß diese neuen Namen an Meßquadraten nicht erscheinen.

Das Meßquadrat wurde von den Arabern zuerst als *Schattenquadrat* auf dem weitverbreiteten *Astrolabium*, das vor allem astronomisch-astrologischen Zwecken diente, konstruiert und läßt sich in dieser Form als Instrument zur *Zeit- bzw. Winkelmessung* auf den Schattenstab oder Gnomon, als Instrument zur *mittelbaren Streckenmessung* aber auf das Meßdreieck oder den Meßstab zurückführen. In der Gestalt des *Astrolabiums mit Quadrat*, vielleicht auch schon unabhängig von diesem Astrolabium, hat das Abendland um 1000 u. Z. das Meß- bzw. Schattenquadrat kennengelernt.

Hier entwickelte es sich nun weiter, und zwar als selbständiges Instrument, d. h. abgelöst vom Astrolabium (vgl. hierzu Abb. 2, oben links und darunter), mit diesem vereinigt (vgl. hierzu Abb. 2, unten links) oder als ein Stück von ihm in der Gestalt des Quadranten mit dem Meßquadrat (vgl. Abb. 2, oben rechts). Es diente in der Astronomie als Winkelmeßinstrument (z. B. Instrument von G. Peuerbach: „Quadratum geometricum“, Nürnberg 1516, mit 1200-Teilung der Seiten — vgl. [1a; S. 34]) und als Gnomon zur Zeitmessung, *in der Feldmeßkunst wurde es lediglich zur mittelbaren Streckenmessung benutzt.*

Die von den Feldmessern des 16. Jahrhunderts gebrauchten Meßquadrate waren meist einfache Holz-, bisweilen auch Metallinstrumente in Form eines quadratischen Rahmens oder einer Scheibe (Seitenlänge bis 50 cm, mit der 12- bzw. 60-Teilung); man hielt das Instrument in der Hand, stellte es auf einen Tisch bzw. ein Gestell (Schissler empfiehlt eine hohe Treppenleiter) oder befestigte es an einer *Säule* (vgl. Abb. 17 und 19). Zur lotrechten Einstellung wurden *Bleilote* benutzt. — Sehr oft verwendete man Meßinstrumente, denen ein Meßquadrat beigefügt war. Als Beispiel sei die *Meßscheibe* von W. JAMNITZER (1578) genannt (Abb. 30).

Für *Höhenmessungen* wurde der *Quadrant mit Meßquadrat* (Abb. 2, oben rechts) bevorzugt gebraucht, weil dieses Instrument sehr handlich war; man zielte längs der Kante mit den aufgesetzten Diopteren oder „Absehen“. Das Lot gestattete dann die Ablesung der „Schattenzahl“ oder — wie der Feldmesser meist sagte — „Punktzahl“ *ur* bzw. *uv* an der Meßquadratteilung oder des Neigungswinkels an der Gradskala.

Die Schriften über Feldmeßkunst unterscheiden immer wieder die Messung von Höhen, Tiefen, Längen und Breiten. Es wurde darunter die Erledigung folgender *Meßaufgaben* verstanden:

(1) Es ist eine vom Standort ferne *Höhe* (z. B. eines Turmes) oder *Tiefe* auszumessen, wobei a) die Entfernung zur Höhe (Tiefe) bekannt ist — dann genügte *ein Standort* zur Messung — oder b) die Entfernung nicht meßbar ist — dann waren Messungen an *zwei Standorten* („Stenden“) durchzuführen (ein Beispiel hierfür vgl. [1a; S. 37]).

(2) Es ist die *Entfernung* („Länge“ oder auch „weyte“) eines unzugänglichen Zieles vom Standort aus zu bestimmen — eine Aufgabe, die besonders häufig vorkam (auch im *Militärwesen:* Messung einer Zielentfernung).

(3) Die *Breite* („Prayte“) einer Gebäudefront, eines Flusses oder die gegenseitige Entfernung von zwei Ortschaften (z. B. festgelegt durch Turmspitzen, bei SCHISSLER: „Distantia der Stätt und Flecken“) ist zu messen.

Das *mathematische Prinzip*, das stets dem Arbeiten mit dem Meßquadrat zur Lösung dieser Aufgaben zugrunde liegt, läßt sich wie folgt formulieren; *ein Beispiel* für Fall (2) soll den Text verdeutlichen:

Ausmessung einer Entfernung $s = PS$ vom Standort S aus; dargestellt in Abb. 17; Meßquadrat $ABCD$ in Normallage (am Stab R befestigt), Annahme einer 12-Teilung der Seiten CD (*ur*-Skala) und BC (*uv*-Skala).

Bei allen Messungen muß die *gesuchte Strecke* (im Beispiel PS) *Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks* sein ($\triangle APS$, hier in senkrechter Lage); die Länge der anderen Kathete ist ausmeßbar ($AS = h$), also bekannt. Zielt man mit der Al-idade des Meßquadrates (Auge in A) einen Eckpunkt dieses rechtwinkligen Dreiecks (hier Endpunkt P der gesuchten Strecke) ein, so bildet die Zielgerade dessen Hypotenuse (AP). Die Al-idade schneidet in der betreffenden Zielstellung vom Meßquadrat ein rechtwinkliges Dreieck (ABE) ab, das dem auszumessenden Dreieck (APS) *ähnlich* ist. Da nun vom auszumessenden Dreieck eine Kathete (h) und vom ähnlichen Dreieck am Meßquadrat beide Katheten $AB = 12$; $BE = uv$, d. h. abgelesene „Punktzahl“ des verkehrten Schattens) der Größe nach bekannt sind, läßt sich

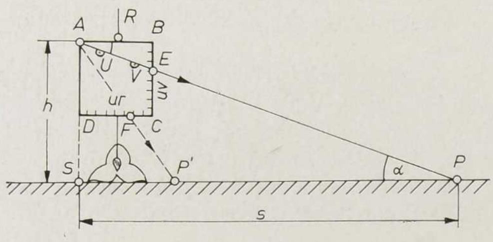


Abb. 17
Vermessung mit dem Meßquadrat $ABCD$

mit Hilfe einer *Proportion* die noch unbekannte Kathete, d. h. die *gesuchte Strecke s*, als *vierte Proportionale* [17] berechnen.

Dieses Verfahren der mittelbaren Streckenmessung mit dem Meßquadrat, das *„Meßquadratverfahren"*, setzte also immer das Vorhandensein von zwei ähnlichen rechtwinkligen Dreiecken voraus.

Die für das gegebene Beispiel aufzustellende *Proportion* lautet also:

$$s : h = 12 : uv; \quad s = \frac{12 \cdot h}{uv}.$$

Nach dieser durch die Formel für s gegebenen *Rechenvorschrift* hatte der Feldmesser in diesem Meßbeispiel die Berechnung von s auszuführen.

Liegt der Zielpunkt P' so, daß die Al-idade die Seite CD (ur) des Meßquadrates in F schneidet (in diesem Fall also $s' = P'S < h$), so ergibt sich folgende Proportion:

$$s' : h = ur : 12; \quad s' = \frac{ur \cdot h}{12}.$$

Man sieht also, daß der Feldmesser beim Arbeiten mit dem gewöhnlichen oder allgemeinen Meßquadrat von Fall zu Fall (Ablesung von ur- oder uv-„Punkten") zu entscheiden hatte, welcher *Berechnungsweg* einzuschlagen war; außerdem hatte er Multiplikations- und Divisionsarbeiten durchzuführen.

Schissler geht beim Aufbau seines Meßquadrates *eigene Wege;* ihn leiten hierbei die Grundgedanken, dem Feldmesser unterschiedliche Berechnungswege zu ersparen und ihn soweit als möglich von größeren Rechenarbeiten zu befreien.

2. Das Dresdner „Quadratum geometricum" aus dem Jahre 1569 von Christoph Schißler d. Ä.

a) Geschichtliche Bemerkungen zum „Quadratum"; die „Geometria" und der Gesamteindruck des Instrumentes

Es ist nicht festzustellen, ob Schissler sein Meßquadrat im Auftrag des sächsischen Kurfürsten herstellte. Wahrscheinlicher ist es, daß das Interesse an dieser Instrumentengattung den Meister dazu führte, auf diesem Gebiet etwas Besonderes zu schaffen; das ist ihm dann ja auch hervorragend gelungen. Und danach hat er sein Meßquadrat 1569 in Dresden angeboten, wo seine Fähigkeiten schon lange geschätzt wurden. Sein Angebot verband er mit der *Widmung* an den Kurfürsten zu Beginn seiner *Handschrift „Geometria"*, „das ist" — wie er dort erklärt — „die Distantia der Stätt und Flecken und was dergleichen zu messen ist".

In den der Widmung folgenden 20 *Kapiteln* der Handschrift mit einem „Beschluß" auf 41 mit Goldschnitt versehenen Pergamentblättern wird der Kurfürst stets persönlich angesprochen: „E. C. F. G." (Euere Chur-Fürstliche Gnaden). Schissler beschreibt in dieser „Geometria" sein Meßquadrat nicht im Zusammenhang; er behandelt vielmehr einige Aufgaben, die mit seinem Instrument gelöst werden konnten. Leider ist diese Handschrift 1945 verlorengegangen; bedauerlich ist dies auch wegen der beigefügten 24 *Aquarelle* von besonders farbenfreudiger Ausführung, auf denen Messungen mit dem Instrument dargestellt waren, wobei die jeweilige Landschaftsszene in allen Einzelheiten ausgeführt wurde (ein Beispiel hierfür: Abb. 18).

Schisslers Meßquadrat wurde von Kurfürst August angenommen; die Bezahlung des Preises von 90 Talern ließ aber lange auf sich warten, wie aus einem Bittschreiben Schisslers vom Jahre 1571 hervorgeht. In dem *ersten Inventarverzeichnis der Kunstkammer* von 1587 ist es dann angegeben unter dem Titel: „Ahn andern

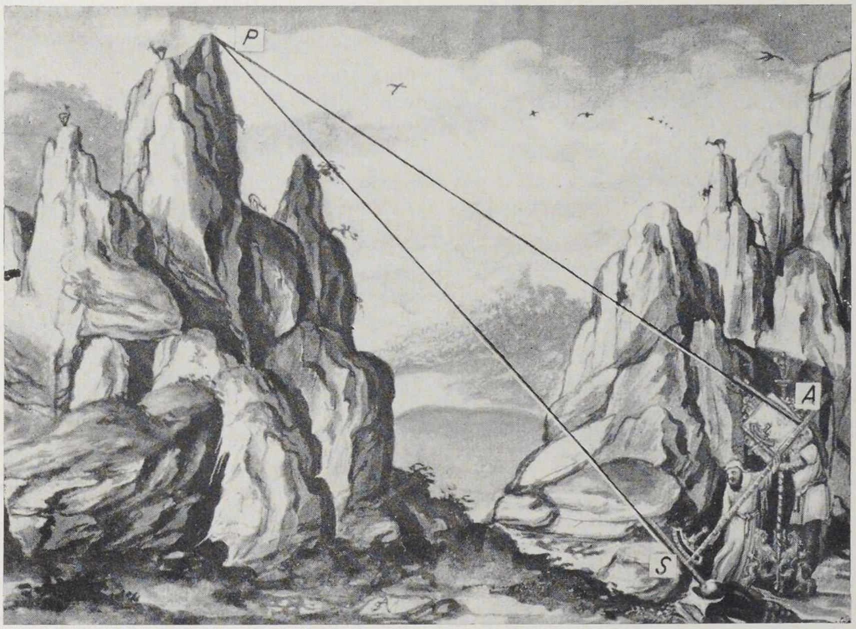


Abb. 18
Darstellung einer Vermessung mit dem „Quadratum"
Zeichnung aus Schisslers Handschrift „Geometria" von 1569

Geometrischen und mathematischenn Instrumenten zum Abmeßen der Weiten, höhen und tieffen, auch Bergk und Thallmessens"; hierauf folgt eine ausführliche Benennung der Teile.

Eine Zeichnung Schisslers in seiner „Geometria" (Abb. 19) vermittelt uns den ehemaligen *Gesamteindruck* des heute nicht mehr vollständigen Instrumentes. Es war im unversehrten Zustand ein *vollendetes Renaissance-Kunstwerk*, zum größten Teil aus vergoldetem Messing. Den Beschauer entzückte die edle Form des Ganzen, wenn sein Auge längs der schön gearbeiteten Säule von dem breiten Unterbau, dem Sockel mit den drei Löwen, über den natürlichen Mittelpunkt, der stilvoll verzierten und geschmückten Tafel mit ihrer strengen, aber doch in den Rahmen passenden mathematischen Linienführung, glitt bis empor zum Kapitell korinthischer Ordnung mit der darauf stehenden kleinen Figur, einem Araber mit Meßstab und Quadrant.

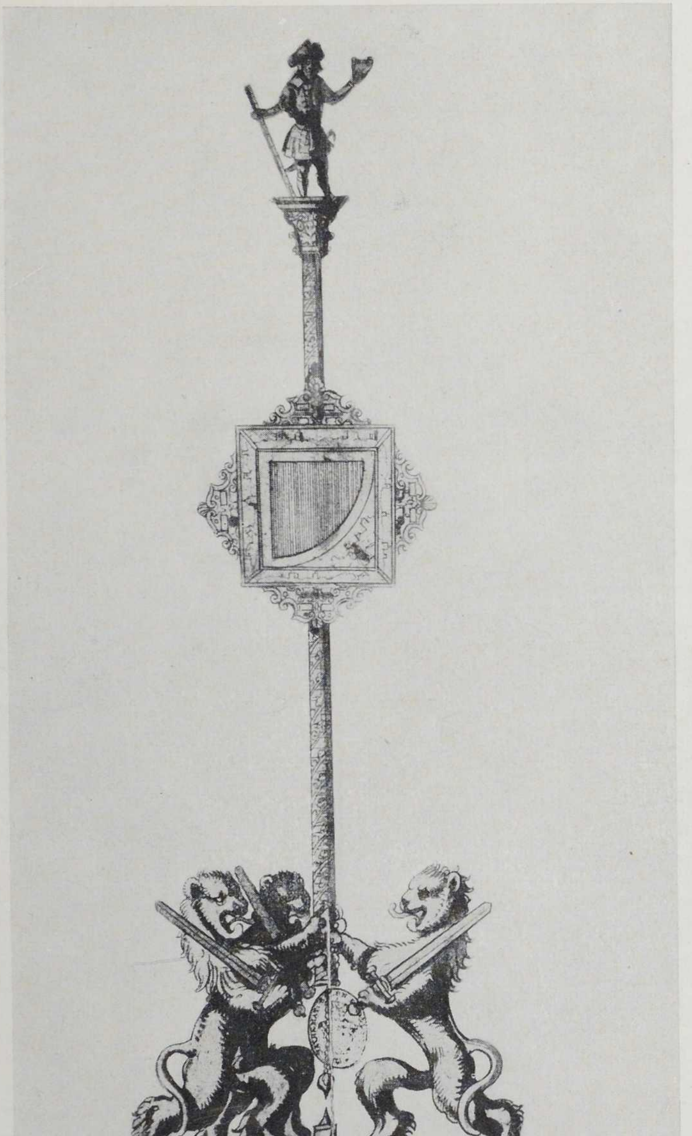


Abb. 19
„Quadratum geometricum“ von CHRISTOPH SCHISSLER, Augsburg 1569
Gesamtansicht; Zeichnung aus SCHISSLERS Handschrift „Geometria“

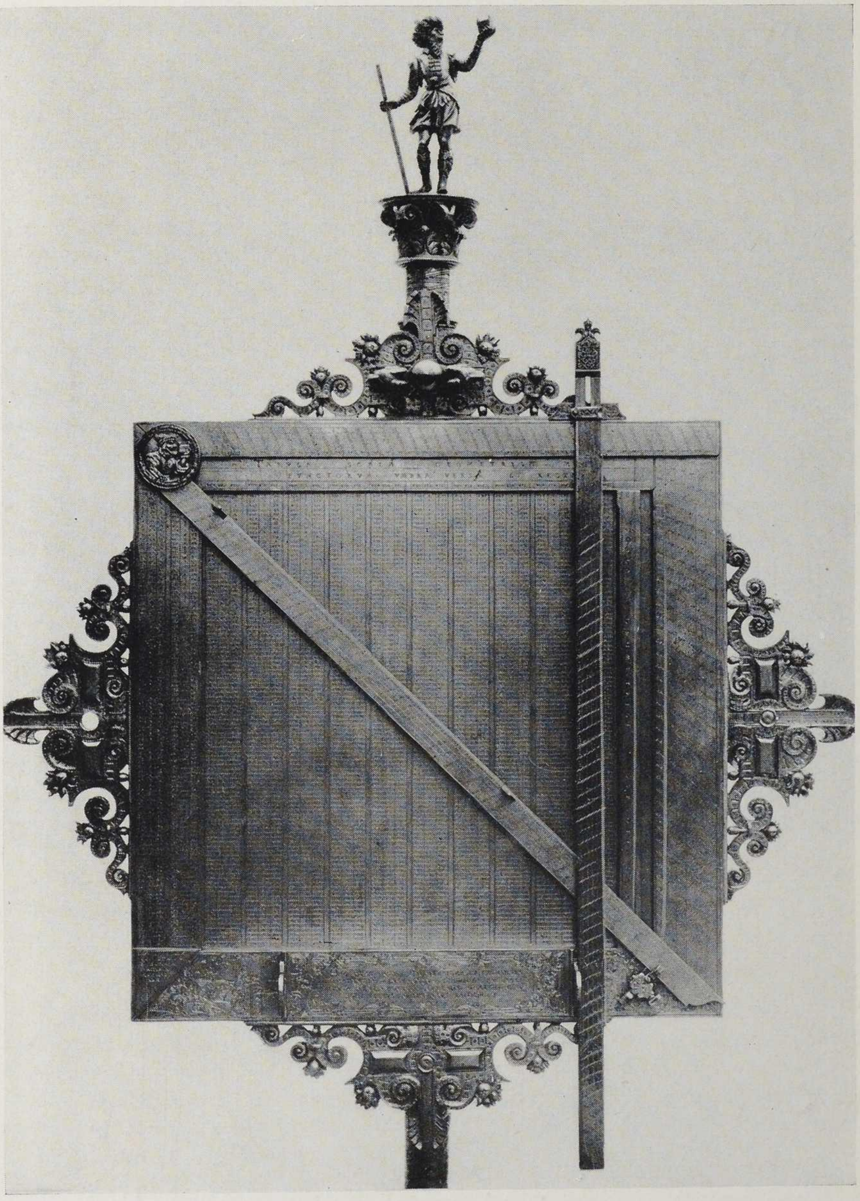


Abb. 20
„Quadratum geometricum“ von CHRISTOPH SCHISSLER
Die Meßtafel

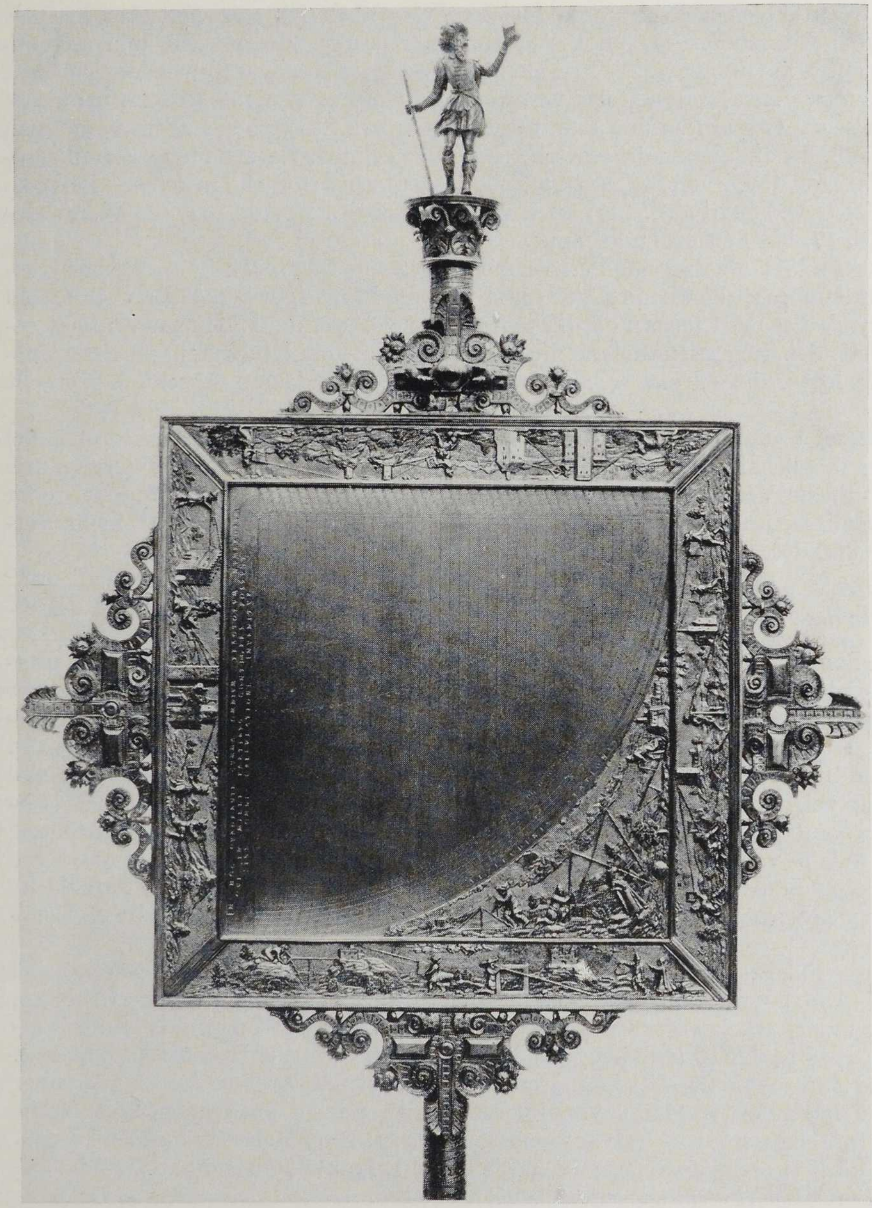


Abb. 21
„Quadratum geometricum“ von CHRISTOPH SCHISSLER
Die Rechentafel

Alle freien Flächen gaben dem Meister Gelegenheit, in künstlerischer Freiheit dem Metall Darstellungen von Vermessungen mit dem Meßquadrat und anderen Instrumenten aufzuprägen. Die in Abb. 21 auf den vier Randleisten wiedergegebenen Vermessungsszenen in Reliefform verraten uns, welches Werk SCHISSLER bei dieser künstlerischen Gestaltung und damit auch bei seinen Studien vor allem vorgelegen haben muß. Es sind Kopien entsprechender Bilder von O. FINAEUS in dessen „Protomathesis“ von 1532, von der RIVIUS Teile in deutscher Sprache in seiner „Perspectiva“ (1547) wiedergibt (S. 21); auch dieses Werk des RIVIUS und die Werke des APIAN (S. 17) hat SCHISSLER gekannt.

SCHISSLER läßt die dargestellten Vermessungen von Menschen in arabischer Kleidung durchführen, die kleine Figur eines Arabers krönt sein Werk. Er wollte wohl damit symbolisch auf jenes Volk hinweisen, das sich um die Meßkunst verdient gemacht hat, das die ersten Meßquadrate schuf und so den Grundstein zu einer Entwicklung legte, die er mit seinem Instrument glänzend zum Abschluß gebracht hat.

SCHISSLER bediente sich bei der reichen *Ausschmückung* seines Werkes aller bei Metallen möglichen *Ziertechniken*, wie Reliefguß, Aussägearbeit, Gravierung und Ätzung; reiche Verwendung fand die Schmuckform des *Rollwerkes* (Muschel- oder Schneckenlinie, an den Schmuckstücken der Tafelseiten; heute nicht mehr vorhanden) und der *Maureske* (Ranken- und Blätterspiel; an der Säule).

b) Aufbau des Instrumentes

Die von SCHISSLER gewählte Form der Befestigung des Meßquadrates, eine quadratische Tafel (Abb. 20 und 21), an einer zerlegbaren *Säule* von etwa 1,5 m Höhe war eine gut gelungene konstruktive Lösung des Problems der Aufstellung bzw. Aufhängung eines solchen Instrumentes. Abb. 20 zeigt, wie die Tafel in *Normallage* an der Säule in der Öffnung des einen Schmuckstücks befestigt war (auch das linke Schmuckstück war hierfür vorgesehen). Aus dieser Stellung konnte sie auch verdreht werden (vgl. Abb. 18), wenn die Normallage nicht benötigt wurde; Einstellung an der Säule in verschiedener Höhe war natürlich möglich.

Auch ohne Säule konnte mit dem Instrument gearbeitet werden; die Tafelfläche lag dann waagerecht oder geneigt, je nach den gegebenen Bedingungen der zu lösenden Aufgabe.

Die eine Fläche der Tafel (Gesamtgewicht 6,248 kp; Seitenlänge 37,4 cm) soll *Meßtafel* (Abb. 20; ursprünglicher Zustand der Tafel), die andere *Rechentafel* (Abb. 21; ebenfalls ursprünglicher Zustand) genannt werden. Auf der Meßtafel ist das *eigentliche Meßquadrat ABCD* (vgl. hierzu auch Abb. 17) eingetragen (Seitenlänge 30,6 cm). Die Ecke A (in Abb. 20 Mitte des Medaillons) bildet den *Drehpunkt* der quer über der Tafel liegenden Al-idade, von SCHISSLER bei seinem Instrument mit Recht — wie wir sehen werden — „Hypothenusa“ genannt. Die Fläche der Meßtafel diente also für die *Vermessungsarbeiten*; die Rechentafel brauchte man, um auf *mechanisch-graphischem Wege Berechnungen* durchzuführen.

Die mit zwei Diopten (U, V) versehende Al-idade gleitet bei einer Einzielung (Auge in A) über die Skala der Seite BC; sie trägt nicht — wie bei den gewöhnlichen Meßquadraten üblich — die Bezeichnung umbra versa. SCHISSLER teilt auch die Seite CD (umbra recta) nicht aus; er verwendet also *nur eine Meßskala*, um dem Feldmesser die Unterscheidung der zwei Punktarten (*ur* und *uv*) zu ersparen. Da

SCHISSLER für sein mechanisch-graphisches Verfahren die Seite AB (= „Basis") braucht, wird auch diese im selben Maß wie BC ausgeteilt.

Die Seiten AB und BC sind in 200 *gleiche Teile*, von 5 zu 5 beziffert, zerlegt. Abb. 22 gibt vergrößert ein Stück der Skala von AB (von Punkt 20 bis 30) wieder. Es ist zu beachten, daß die Länge jedes dieser Teile nur 1,5 mm beträgt!

Alle diese 200 kleinen Strecken (z. B. von Punkt 20 bis 21 oder 21 bis 22 usw.) werden *transversal* nochmals in fünf gleiche Abschnitte geteilt. Das geschieht oberhalb der Skala AB durch Konstruktion der dort sichtbaren *transversalen Punktreihen*.

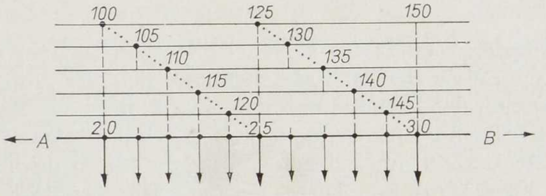


Abb. 22
Teilstück der Transversalteilung der Meßquadratseite AB

Zur Erläuterung diene das kleine rechtwinklige Dreieck mit der Hypotenuse 100/105. Die vier Zwischenpunkte teilen 100/105 in fünf gleiche Teile. Diese Teilung wird nach dem ersten Strahlensatz [17] auf die kleinere Strecke 20/21 der Meßquadratseite AB übertragen, wenn ein Lineal senkrecht an AB so angelegt wird, wie es Abb. 20 zeigt. Läuft das Lineal z. B. durch Punkt 102 der Punktreihe, so ist damit auf der Skala AB ebenfalls Punkt 102 (zwischen 20 und 21) festgelegt.

Man kann also auf diese Weise mit Hilfe des Lineals die Punkte 1 bis 1000 der Skala AB finden bzw. auf sie einstellen. — Entsprechend wird mit der Meßskala BC gearbeitet; hier tritt die *Al-idade* an Stelle des Lineals. Die auf diese Weise von SCHISSLER gewonnenen 1000-*Punktskalen* AB und BC können als ausgezeichnete feinmechanische Leistungen bezeichnet werden.

SCHISSLER hat die *Einheit* 1000 der Aufteilung der Seiten seines Meßquadrates zugrunde gelegt. Er hat damit die Anregung des PETER APIAN in dessen „Instrument-Buch" [52] befolgt, sich von der seit Entstehung des Meßquadrates sieben Jahrhunderte lang benutzten Einheit 12 bzw. 60 abgekehrt und eine *dezimale Einheit* eingeführt (wie es schon REGIOMONTAN 1490 bei Einrichtung seiner umbra-Tabelle mit der Einheit $r = 100000$ getan hatte).

SCHISSLERS Meßquadrat gehört zu den ältesten uns überlieferten Meßinstrumenten, die eine Transversalteilung besitzen [8]. — Es finden sich außer an den Skalen AB und BC der Meßtafel am Meßquadrat noch an fünf anderen Stellen Transversalteilungen. Die *Kanten der Al-idade* und eines langen *Lineals* („Medial" genannt; in Abb. 20 sichtbar) sind in demselben Maß wie die Kanten AB und BC transversal eingeteilt; auf der Rechentafel sind die *obere Kante*, eine drehbare „*Regel*" (in Abb. 21 nicht vorhanden; ihr Drehpunkt oben links noch erkennbar) und der *Quadrantbogen* mit Transversalteilungen versehen.

Der größte Teil der Meßtafel ist durch die Spalten von zwei *Zahlentafeln* ausgefüllt; auf diese Tabellen wird bei Besprechung eines Meßbeispieles näher eingegangen.

Als *Zubehör* zum Meßquadrat sind folgende Instrumente zu nennen:

(1) eine *Meßlatte aus Holz* (in der hohlen Säule untergebracht);

(2) das schon genannte *Medial* oder „Linea Cathetus“, eine Art Reißschiene, die für das mechanisch-graphische Verfahren gebraucht wurde;

(3) ein *Medial aus Holz* mit eingesetztem Lot (verwendbar wie das Metall-Medial);

(4) eine *Pendelsetzwaage* (in Abb. 18 bei S sichtbar), von SCHISSLER „Blei oder Bergwaage“ genannt; mit ihrer Hilfe konnte die Neigung der Tafel durch Aufsetzen auf zwei Diopter (Abb. 20 untere Leiste) eingestellt bzw. bestimmt werden.

Zwischen den beiden Dioptern (sie lassen sich bei Nichtgebrauch in die Tafelebene klappen) der unteren Leiste der Meßtafel befindet sich die *Hauptinschrift der Tafel*; sie nennt den Namen des Meisters und den Zweck, dem das Meßquadrat zu dienen hatte: „Hoc Quadratum Geometricum In Quo Omnes Distantiae Mensurantur Et Quidem Precise Iuxta Omnes Fractos Numeros Christophorus Schisslerus Augustanus Ibidem F(ecit)“, d. h., „Dieses Geometrische Quadrat, mit dem alle Entfernungen und desgleichen alle Brüche genau bestimmt werden können, hat CHRISTOPH SCHISSLER aus Augsburg daselbst angefertigt“.

c) *Schißlers Meß- und Rechenverfahren*

SCHISSLER verwendet bei allen seinen mittelbaren Streckenmessungen zwei *Meßverfahren*, die als *Grundverfahren* (1) und *mechanisch-graphisches Verfahren* (2) bezeichnet werden sollen. Es wurde auf S. 66 festgestellt, daß das Meßquadrat zur Ausmessung der Katheten rechtwinkliger Dreiecke dient; das gilt natürlich auch für SCHISSLERS Instrument, aber mit der Einschränkung, daß bei seinen Messungen mit dem eigentlichen Meßquadrat *spezielle rechtwinklige Dreiecke* vorliegen müssen. Dafür hat SCHISSLER sein Grundverfahren entwickelt. Es wird angewendet, um die folgende, sehr häufig vorkommende *Grundaufgabe* zu lösen:

Von einem rechtwinkligen Dreieck ist die *kleinere Kathete* der Größe nach bekannt; es ist die Länge der *größeren Kathete* zu bestimmen.

Das mechanisch-graphische Verfahren dient zur Lösung des *umgekehrten Falles* (größere Kathete bekannt, kleinere Kathete gesucht); es wird aber auch bei der Ausmessung von Dreiecken, die *nicht rechtwinklig* sind, angewendet.

(1) *Das Grundverfahren*

Es soll an einem Vermessungsbeispiel erläutert werden, bei dem das auszumessende rechtwinklige Dreieck eine *besondere Lage* einnimmt, die auch praktisch sehr häufig vorkommt: Die kleinere, bekannte Kathete ist senkrecht, die größere, gesuchte Kathete waagerecht gelegen.

Es handelt sich um dieselbe Aufgabe, die auf S. 66f. bei Erläuterung des allgemeinen Meßquadratverfahrens besprochen wurde. Abb. 17 dient auch hier zur Darstellung des Vermessungsbeispieles (Seite CD ist in diesem Fall nicht eingeteilt; Seite BC trägt die 200- bzw. 1000-Punkt-Teilung):

Bestimmung der Entfernung $s = PS$ eines Punktes P, der in derselben Höhe wie der Standpunkt S des Feldmessers liegt; $h < s$; $h = 100$ Zoll.

Nach Einzielung von P kann die Maßzahl von E abgelesen werden; man findet Punkt u (genauer uv) der 200- bzw. Punkt u' der 1000-Punkt-Skala. Es ist damit

$$s : h = 200 : u \quad \text{bzw.} \quad s : h = 1000 : u';$$

hieraus ergibt sich

$$s = (200 : u) \cdot h \quad \text{bzw.} \quad s = (1000 : u') \cdot h.$$

Schissler will nun dem Feldmesser die zu seiner Zeit unangenehme *Divisionsarbeit*, d. h. die Berechnung der Werte der Brüche $200 : u$ bzw. $1000 : u'$ ersparen; er hat deshalb diese *Quotienten* für alle ganzzahligen Werte $u = 1, \ldots, 200$ und $u' = 1, \ldots, 1000$ berechnet und die Ergebnisse auf der Meßtafel in Gestalt von zwei *Tabellen* oder *Tafeln* eingetragen: 1. „Tabula Scalae Geometricae Mille Punctorum Umbrae Versae Et Rectae“ (Tafel der geometrischen Skala der 1000 Punkte des verkehrten und rechten Schattens) und 2. „Tabula Scalae Geometricae Ducentorum Punctorum Utriusque Umbrae“ (Tafel der geometrischen Skala der 200 Punkte beider Schatten); Texte oben bzw. unten links.

Es handelt sich also um *Bruchwert-* bzw. *Quotiententafeln* für Brüche mit *konstantem Zähler* (200 bzw. 1000) und *variablem Nenner* (u bzw. u'). Diese Quotiententafeln sind damit — modern gesprochen — *Wertetafeln für die Funktion* $y = \frac{200}{x}$ bzw. $y = \frac{1000}{x}$, wobei x die abgelesene umbra-Zahl u bzw. u' ist und y der zu errechnende Quotient [49].

Ein Stück der 1000-*Punkt-Tafel* sei hier wiedergegeben:

PUN (u')	STA (q')	PRE (r')	PUN (u')	STA (q')	PRE (r')
201	4	196	301	3	97
202	4	192	302	3	94
203	4	188	303	3	91
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Jede der beiden Tafeln enthält drei *Spalten*; in der ersten (PUN, d. h. puncta) sind die *Punkte* $u = 1 \cdots 200$ bzw. $u' = 1 \cdots 1000$ enthalten, in der zweiten (STA, vielleicht statio, d. h. Faktor, mit dem die *Stations*höhe h zu multiplizieren ist; vgl. die folgende Endgleichung für s) ist der *Quotient* $q = 200 : u$ bzw. $q' = 1000 : u'$ ohne Rest angegeben, in der dritten (PRE, vielleicht pretium, d. h. Wert) der *Rest* r zu 200 bzw. r' zu 1000.

In unserem *Vermessungsbeispiel* sei $u' = 201$ abgelesen worden; dann ist $1000 : u' = 1000 : 201 = 4$, Rest 196, d. h. $q' = 4$ und $r' = 196$, wie die Tafel angibt.

Mit der Einführung dieser Quotiententafeln hat Schissler das im 16. Jahrhundert einsetzende Bestreben gefördert, *Tafelwerke zur Erleichterung von Rechenarbeiten* zu verwenden. Einige handschriftliche Beispiele für solche Tafelwerke des 16. Jahrhunderts sind 1945 in Dresden verlorengegangen (vgl. Kap. VII), Schisslers „eherne Tafeln“, zweifellos etwas Einmaliges in der Geschichte der Mathematik, haben die Bombennacht überstanden!

Wegen

$$200 : u = q + \frac{r}{u} \quad \text{und} \quad 1000 : u' = q' + \frac{r'}{u'},$$

ergeben sich folgende Gleichungen:

$$s = (200 : u) \cdot h = \left(q + \frac{r}{u}\right) \cdot h = q \cdot h + \frac{r \cdot h}{u}$$

bzw.

$$s = (1000 : u') \cdot h = \left(q' + \frac{r'}{u'}\right) \cdot h = q' \cdot h + \frac{r' \cdot h}{u'}.$$

Setzt man $\frac{r \cdot h}{u} = b$ und $\frac{r' \cdot h}{u'} = b'$, so ist

$$s = q \cdot h + b; \quad s = q' \cdot h + b'.$$

Zur Berechnung von s ist nun noch der *Wert des Bruches* b bzw. b' zu bestimmen (vgl. S. 74; Text auf der Meßtafel: „Dieses Geometrische Quadrat ..., mit dem alle Brüche genau bestimmt werden können ...“).

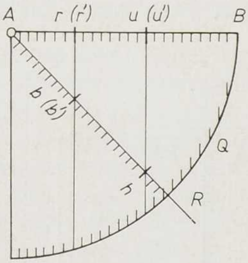


Abb. 23
Die Bestimmung des Bruchwertes b (b') auf der Rechentafel

Auch hier will Schissler dem Feldmesser die Rechenarbeit ersparen; die Bruchberechnung geschieht auf *mechanisch-graphischem Wege*. Es wird die *Rechentafel* genannte Fläche des Instrumentes (Abb. 21) benutzt, um den Wert der Brüche b (b') „sine omni calculatione“ (ohne alle Rechnung — Text auf dieser Tafel) zu finden. Schissler ist stolz auf dieses sicher von ihm selbst gefundene — modern gesprochen — *nomographische Rechenverfahren*.

Zur *Erläuterung des Verfahrens* diene Abb. 23; sie gibt schematisch die Einstellungen auf der Rechentafel bei einer Bestimmung des Bruchwertes b (b') wieder.

Die Gleichung $b = \frac{r \cdot h}{u}$ (entsprechend b') läßt sich in Form der *Proportion* $u : r = h : b$ schreiben; b (b') kann nun als *vierte Proportionale* (vgl. [17]) rasch mechanisch-graphisch nach dem ersten Strahlensatz wie folgt gefunden werden: Die „Regel“ R wird über den Quadrantbogen Q so gedreht, daß der Punkt h der Regelteilung auf die durch u (u') der Teilung von AB laufende senkrechte Linie fällt; diese von AB ausgehenden Senkrechten sind zum Teil auf der Quadrantfläche eingetragen, fehlende Linien werden durch ein angelegtes Lineal dargestellt.

Nun sucht man den *Schnittpunkt der Linie* r (r') mit der Regel. Die Zahl des betreffenden Punktes der Regel gibt den *Wert* b (b') an.

Wir sehen: Der Augsburger „geometrische Werkmeister“ hat es glänzend verstanden, die Proportionsrechnung auf mechanische Weise zur Vermeidung von Zahlenrechnungen in Anwendung zu bringen!

Es ergibt sich im angeführten *Vermessungsbeispiel* ($u' = 201$; $r' = 196$; $h = 100$ Zoll) nach SCHISSLERS mechanisch-graphischer Methode der Wert $b' = 97$; die Zahlenrechnung führt zu 97,5.

Die *gesuchte Entfernung* $s = PS$ (Abb. 17) läßt sich nun durch eine einfache Multiplikation bzw. Addition der gefundenen Werte errechnen:

$$s = q' \cdot h + b' = 4 \cdot 100 + 97 = 497 \text{ (Zoll)}.$$

Damit ist das Schißlersche Grundverfahren erläutert. Es fand auch Anwendung, wenn die auszumessende größere Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks *nicht waagerecht*, sondern geneigt oder lotrecht verlief. In Abb. 18 (Punktbezeichnungen dort beigefügt!) zeigt SCHISSLER selbst, wie bei der Ausmessung der *geneigt liegenden Strecke* PS zu verfahren ist (AS in diesem Fall auch geneigt und nicht lotrecht wie im obigen Beispiel).

(2) *Das mechanisch-graphische Meßverfahren*

Die Ausmessung eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen *größere Kathete* bekannt ist, läßt sich nach dem Grundverfahren nicht ausführen. Dieser Fall würde vorliegen, wenn im obigen Beispiel (Abb. 17) die Al-idade die Quadratseite CD schneidet (Ablesung von *ur*-Punkten).

SCHISSLER teilt diese Seite *nicht* ein; er vermeidet damit die Verwendung von zwei verschiedenen Punktarten (*ur* und *uv*), die ja — wie S. 67 gezeigt wurde — auch *verschiedene Rechenwege* zur Folge haben.

Er tat dies sicherlich, um dem wenig geübten Feldmesser die Arbeit zu erleichtern, vor allem aber auch deshalb, weil er sonst *neue Quotiententafeln* benötigt hätte (vgl. S. 67): $s = \frac{ur}{200} \cdot h$ bzw. $s = \frac{ur}{1000} \cdot h$, d. h. Tabellen der *Kehrwerte seiner Tafelwerte* mit Zahlen kleiner als 1 — wobei zu beachten ist, daß zu SCHISSLERS Zeit die Dezimalzahl noch nicht eingeführt war!

SCHISSLER hat deshalb zur Lösung des eingangs genannten Falles und zur Ausmessung beliebiger Dreiecke ein *mechanisch-graphisches Verfahren* für sein Instrument ausgearbeitet [50].

Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe von *drei bekannten Dreieckstücken* das auszumessende Dreieck *verjüngt* dargestellt und diesem Dreieck die gesuchte Strecke entnommen. *Das verjüngte Dreieck wird auf der Meßtafel konstruiert*, die SCHISSLER geschickt zur Durchführung dieses Verfahrens verwendet; das eigentliche Meßquadrat selbst spielt hierbei keine Rolle. Zur Erläuterung kann wieder Abb. 17 (in Verbindung mit Abb. 20) dienen; es ist hierbei nur anzunehmen, daß die Al-idade so liegt, daß sie die nicht eingeteilte Seite CD in F schneidet; $s' = P'S$ ist also kleiner als h.

Nach dem Einzielen von P' wird die Al-idade festgestellt (mittels des in A aufgeschraubten Medaillons); das am oberen Rand der Tafel senkrecht angelegte Medial (Abb. 20) wird so lange längs AB verschoben, bis die Al-idade den Punkt h der

Medialteilung trifft. Damit ist auf der Meßtafel ein verjüngtes, aber ähnliches rechtwinkliges Dreieck zum Dreieck $AP'S$ konstruiert worden (aus einer Seite und zwei Winkeln).

Das verjüngte Dreieck wird von je einem *Teilstück der Al-idade* (es ist dies seine Hypotenuse, deshalb SCHISSLERS Name „Hypothenusa“ für die Al-idade), der *Seite AB* und der *Kante des Medials* gebildet. Der Schnittpunkt, in dem das Medial die Seite AB schneidet, wird auf AB aufgesucht; sein Zahlenwert gibt die gesuchte *Größe von s'* an.

Dieses mechanisch-graphische Verfahren kann nicht nur zur Bestimmung der Länge der *kleineren Kathete* rechtwinkliger Dreiecke benutzt werden; es läßt sich auf diesem Wege natürlich auch die *größere Kathete* finden, wenn man einmal auf das Grundverfahren verzichten wollte. Und man kann mit dem mechanisch-graphischen Verfahren überhaupt *beliebige Dreiecke* ausmessen (weitere Erläuterungen hierzu vgl. [1a; S. 75f.]).

Da es bei Anwendung des mechanisch-graphischen Verfahrens möglich war, das auszumessende Dreieck mit Hilfe von drei Skalen verjüngt darzustellen, läßt sich SCHISSLERS Gerät in dieser Hinsicht auch als *Triangulationsinstrument* bezeichnen (S. 23).

d) Schißlers Meßprogramm

SCHISSLER faßt in der Einleitung der „Geometria“ sein *Meßprogramm* mit folgenden Worten zusammen: „Zu messen ist alle Höhe, Thüffe, Weytte, Lenge und braitte. Diß alles an einem Ortt, on alles hin und hergehn, auch one alle soundere (besondere) Rechnung.“ Zur Lösung dieser mittelbaren Streckenmessungen fanden das Grundverfahren bzw. die mechanisch-graphische Meßmethode *allein* oder auch *beide nacheinander* Anwendung. — Außerdem war es möglich, *Nivellierungen* und *Vertikalwinkelmessungen* (bei Verwendung der Pendelsetzwaage) auszuführen.

Zur Kennzeichnung der *Einzigartigkeit* von SCHISSLERS Dresdner „Quadratum“ seien zum Schluß noch einmal im Zusammenhang die *Besonderheiten* dieses Instrumentes genannt: die geschickte technische Lösung der Befestigung des Meßquadrates an einer Säule bei Erhaltung notwendiger Beweglichkeit, die 1000-Teilung der Quadratseite, die Transversalteilungen, die Quotiententafeln aus Metall, die nomographische Bruchwertbestimmung, die Vermeidung der Unterscheidung von zwei Punktarten, die angewandte mechanisch-graphische Methode und schließlich die Möglichkeit, auch nach dem allgemeinen Meßquadratverfahren arbeiten zu können.

SCHISSLERS Dresdner Meßquadrat ist auch das seltene Beispiel eines aus Erz geformten Blattes aus dem großen Buch der Geschichte der Mathematik, das sogar bis zu einem gewissen Grad das grausige Inferno eines modernen Krieges überstanden hat!

e) Weiterarbeit Schißlers am Meßquadrat

Das Meßquadrat hat SCHISSLER während seines ganzen Lebens beschäftigt. Im Jahre 1579 — zehn Jahre nach Herstellung seines Dresdner Instrumentes — fertigte er ein gleiches Quadratum für Kaiser RUDOLF II. Dieses Instrument ist nach *England* gekommen und befindet sich in *Oxford* im „Museum of the History of Science“ (Museum der Geschichte der Wissenschaften) [51].

Im Jahre 1599 — neun Jahre vor SCHISSLERS Tod — entsteht in seiner Werkstatt ein *drittes Meßquadrat*; die auf ihm angebrachte *Inschrift* lautet: „Christophorus Schissler Senior Geometricus Ac Astronomicus Artifex. Augustae Vindelicorum Anno 1599“ (CHRISTOPH SCHISSLER der Ältere, geometrischer und astronomischer Künstler. Augsburg im Jahre 1599). — Das Instrument gelangte vor 1638 aus dem Besitz der FUGGER in Augsburg nach *Florenz* in die Sammlung der MEDICEER *in den Uffizien*. Es befindet sich heute im „Museo di Storia della Scienza“ (Museum der Geschichte der Wissenschaften) in *Florenz* (Galilei-Museum).

Dieses dritte Meßquadrat entspricht *nicht mehr* den beiden früheren Instrumenten. SCHISSLER hat hierbei Konstruktionselemente der früheren Meßquadrate übernommen (mechanisch-graphisches Verfahren mit der 1000-Punkt-Skala), andere sind aufgegeben (Grundverfahren, Ausschmückung); das allgemeine Meßquadratverfahren — vervollkommnet in echt Schißlerscher Meisterschaft durch Verwendung von 13 *Meßskalen* mit verschiedenen Teilungseinheiten (12, 30, 60, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000) — wird wieder angewendet. Insgesamt stellt dieses Instrument *keine Weiterentwicklung* der beiden anderen Meßquadrate SCHISSLERS dar [51].

Bei der Besprechung der Feldmeßschrift von E. REINHOLD aus dem Jahre 1574 (S. 32) wurde festgestellt, daß seit dem letzten Viertel des 16. Jahrhunderts durch Einführung neuer Verfahren das Meßquadrat nach und nach an Bedeutung verlor. Das stellte für SCHISSLERS Schaffen eine gewisse Tragik dar; seine Meßquadrate hätten sonst sicher eine viel größere Verbreitung gefunden. Damit ist SCHISSLERS „Quadratum“ in Gestalt seiner drei Instrumente, insbesondere der beiden ersten Geräte, in wissenschaftlich-technisch-künstlerischer Hinsicht gleichzeitig *Höhepunkt und Abschluß* einer jahrhundertelangen Entwicklung des Meßquadrates; es sichert seinem Schöpfer einen angesehenen Platz in der Geschichte der Mathematik und der Feldmeßkunst.

IV. Verhältnisskalen an Instrumenten für mittelbare Streckenmessungen

1. Einführung

Noch einmal begegnen uns in den Schöpfern von Instrumenten des MPhS Geometer der Renaissance in ihrem Bemühen, das Problem mittelbarer Streckenmessungen auf *recht praktische Weise* zu lösen — in diesem Fall solche Messungen *sehr rasch*, freilich ohne die mit dem Meßquadrat zu erreichende Genauigkeit, durchführen zu können.

Die gefundenen Lösungen liegen in zwei äußerlich ganz verschiedenen Instrumenten vor (Abb. 24 und 27); sie besitzen aber beide *Quadrantbogen-Skalen* mit — und das ist hier sehr beachtlich — *ungleich großen Teilabschnitten.*

Die quadratische Form des einen Instrumentes (Abb. 24) läßt am ehesten die Vermutung aufkommen, daß bei diesem Gerät auch die Figur des Meßquadrates wieder der Konstruktion zugrunde liegt. Das ist freilich unmittelbar nicht der Fall, und doch wird das *Prinzip des Meßquadratverfahrens* (Verwendung von ähnlichen rechtwinkligen Dreiecken — vgl. S. 67) auch hier und beim zweiten Instrument zur Lösung benutzt.

Es ist hierbei wirklich erstaunlich zu beobachten, wie es den Geometern des 16. Jahrhunderts gelang, die *einfache Figur des Quadrates* über das Meßquadrat hinaus ihren Zwecken dienstbar zu machen, wie geschickt sie geometrisches Denken in Verbindung mit den Begriffen der Verhältnisrechnung zum Zwecke praktischer Verwertung zu bringen verstanden!

Ausführlich soll *Entstehung und Bedeutung der Skalen mit ungleicher Teilung* und damit das bei beiden Instrumenten verwendete Meßverfahren am Gerät von Paulus Puchner/Christoph Trechsler (Abb. 24) erläutert werden; es genügt dann, beim Instrument von Wenzel Jamnitzer (Abb. 27) nur die interessante unterschiedliche technische Ausführung desselben Meßprinzips zu erläutern.

2. Der Pendelquadrant von Paulus Puchner/Christoph Trechsler d. Ä. (1572/76)

a) Geschichtliche Bemerkungen

Es ist beachtenswert, daß dieses schöne, in Abb. 24 wiedergegebene Instrument von 1576 bisher keine Würdigung gefunden hat. Dieser *Pendelquadrant* ist 1945 verlorengegangen; es ist aber heute noch ein zweites, gleiches Gerät aus dem Jahr 1572 vorhanden (s. *Umschlagbild*: Zeichnung dieses Instrumentes; Verkleinerung 2:1).

Gegenüber dem Instrument von 1576 (Abb. 24) zeigt hier die Ausschmückung der Randleisten beider Instrumentflächen keine Darstellung von mathematischen Körpern, Instrumenten und Vermessungsszenen, sondern nur von Blumenranken und Kriegsgerät. Besonders originell ist hierbei auf der oberen Leiste die Zeichnung einer Trommel;

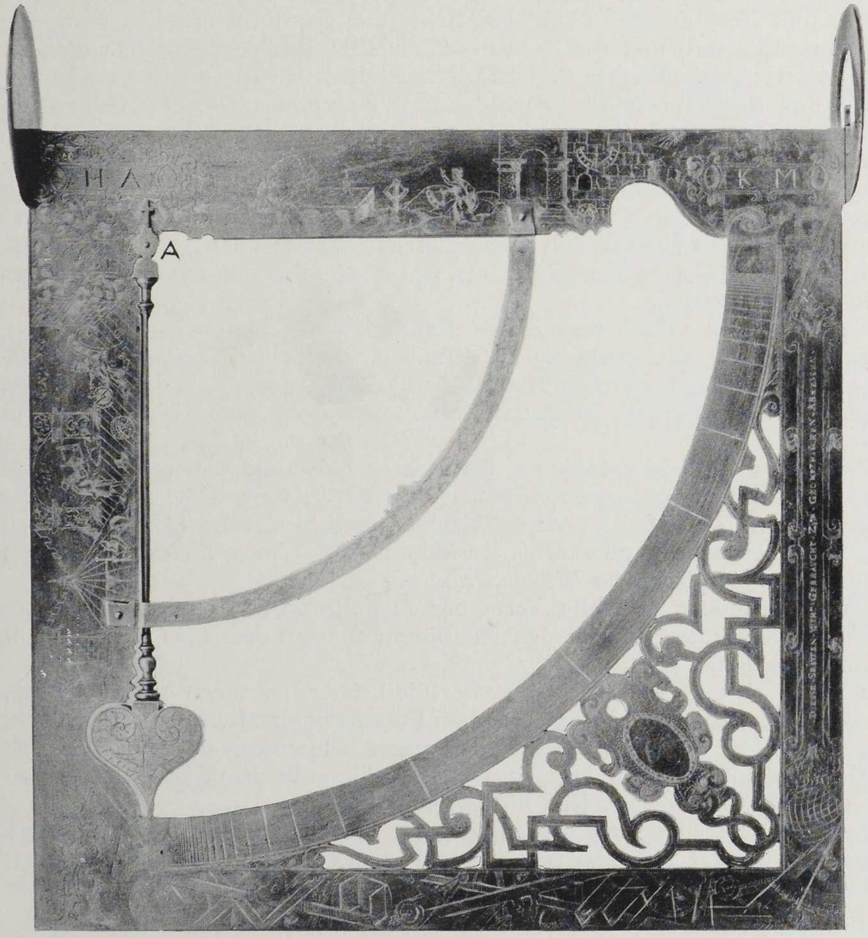


Abb. 24
Pendelquadrant von Paulus Puchner/Christoph Trechsler d. Ä. (1576)
Fläche zum „geometrischen Abmessen“

der Trommelkörper wird durch einen antiken Kriegselefanten mit von ihm getragenem Wehrturm dargestellt.

Bei beiden Instrumenten ist die Jahreszahl ihrer Entstehung mit sehr kleinen Ziffern in einer der Ecken des quadratischen Rahmens eingetragen: 1572 und 1576. Das Instrument von 1576 (Abb. 24) wird den weiteren Erläuterungen zugrunde gelegt.

Nachforschungen in der Bücherei des MPhS ergaben, daß das Meßgerät in einer *Handschrift* aus dem Jahre 1572 — sie gehört zu den Verlusten des Salons — als *Richtquadrant* besprochen wird. Es handelte sich um eine artilleristische Handschrift, die Paulus Puchner, „Hauszeugmeister“ am Dresdner Hof, in diesem Jahr Kurfürst August zusammen mit dem Instrument widmete. Sie war hervorragend ausgeführt (mit Gold angelegte Initialen, Zeichnung des kursächsischen Wappens, Jakob-Krause-Einband) und wurde in die kurfürstliche Bibliothek aufgenommen. Ihr Titel lautete: „Gründtlicher Bericht wie diese Instrument, so auff Dresdenisch maß (d. h. Fuß, Schritt) oder Elen gerichtet wird, zum großen Geschütz und zu den Mörsern zu gebrauchen sein.“

Die in Abb. 24 nicht sichtbare Fläche des Instrumentes wurde für diese artilleristischen Zwecke verwendet. Hierauf wird in Kapitel IX eingegangen; es sollen dort auch zur Persönlichkeit Puchners, der eine bedeutende Stellung als Sachverständiger in bau- und militär-technischen Fragen am Dresdner Hof einnahm und in dieser Hinsicht das besondere Vertrauen des Kurfürsten August besaß, nähere Angaben gemacht werden.

Seine umfassenden militär-technischen Kenntnisse befähigten Puchner dazu, dieses artilleristische Richtgerät zu konstruieren. Da beim *Einrichten eines Geschützes* auf ein bestimmtes Ziel die Kenntnis seiner *Entfernung*, d. h. die *Schußweite*, Voraussetzung ist, vereinigte Puchner Entfernungsmesser und Richtquadrant in *einem* Gerät.

Die Fläche von Abb. 24 enthält auf der rechten Leiste die Eintragung: „Diesse Seitten wirt gebraucht zum geometrischen Abmessen“; diese Fläche ist also der *Entfernungsmesser*. — Auf der anderen Fläche desselben Gerätes (Abb. 70) ist zu lesen: „Diesse Seitten wirt gebraucht, ein Mörser *geometrischer Weise* zu richten“; dies ist demnach die Fläche des *Richtquadranten*.

Diese so zweckmäßig gewählte Form der Ausführung zeigt, wie geschickt es Puchner verstand, diese Doppelaufgabe zu lösen; er schuf damit ein für seine Zeit wohl einmaliges Gerät.

Es ist nun noch die Frage zu klären, wer die beiden Instrumente gefertigt hat. An den Geräten ist kein Name eingetragen, in Puchners Handschrift war auch kein Hinweis vorhanden. Puchner selbst war gelernter Schraubenmacher und hat sich mit solchen feinmechanischen Arbeiten nicht befaßt; außerdem hat ihn seine umfangreiche Tätigkeit als Zeugmeister hierfür kaum Zeit gelassen.

In Puchners Umgebung war aber Christoph Trechsler, Sohn eines Dresdner Büchsenschmiedes [47], aufgewachsen und hatte sich um 1572 schon den Ruf eines geschickten Mechanikers erworben. Ihn wird Puchner mit der Herstellung seiner beiden Instrumente beauftragt haben.

Es kann noch folgendes als Bestätigung der Richtigkeit dieser Annahme angeführt werden. Trechslers Geräte zeigen dort, wo Abkürzungen (z. B. bei seinen Initialen [47]) eingetragen sind, oft *Sternchen*, die vor und hinter den Buchstaben stehen. Der Hinweis auf der rechten Randleiste von Puchners Instrument (Abb. 24): „Diesse Seitten wirt gebraucht zum geometrischen Abmessen“ zeigt ebenfalls die Eigenart, die Wörter durch Sternchen zu trennen. Weiterhin entspricht die *Form der Ziffern* ziemlich genau derjenigen auf anderen Trechsler-Instrumenten.

Das nach Puchners Anweisungen 1572 hergestellte Meßgerät ist damit das früheste von Christoph Trechsler gefertigte Instrument, das im MPhS erhalten geblieben ist. Vielleicht ist auch die Annahme nicht abwegig, daß es sich bei diesem Gerät um das *Meisterstück* TRECHSLERS handelt, denn um dieselbe Zeit wird ein Hochzeitsgeschenk des Kurfürsten für TRECHSLER erwähnt. Es war ja damals im allgemeinen üblich, Meisterprüfung und Hochzeit unmittelbar aufeinander folgen zu lassen.

b) Der Aufbau der Fläche „Zum geometrischen Abmessen“ des Puchner/Trechsler-Instrumentes

Das Instrument besteht aus einem feuervergoldeten, quadratischen *Messingrahmen*, dessen Seitenlänge 28,5 cm beträgt, d. h. nahezu die Größe von einem Dresdner Fuß. In den Rahmen ist ein *Quadrantbogen* mit den für die Messungen notwendigen Teilungen eingesetzt; es ist dies die einzige Stelle auf dieser und der anderen Fläche des Instrumentes, wo sich eine *Skala* befindet. — Ein stabiles *Metallpendel* mit herzförmigem Pendelkörper, der eine scharfe Schneide zum Zwecke genauer Ablesungen an der Skala besitzt, spielt über dem Quadrantbogen; der Pendelstab wird in einem schmalen, doppelten Quadrantbogen geführt. Der Drehpunkt des Pendels (*A* in Abb. 24, 25) bildet die linke obere Ecke des von den Innenkanten der vier Randleisten gebildeten *Quadrates* (*ABCD*).

Dieses als Pendelquadrant zu bezeichnende Instrument erhält durch seine Einfügung in einen quadratischen Rahmen große Festigkeit; außerdem wurde es dadurch möglich, bei Messungen das Gerät mit seiner unteren Randleiste z. B. auf eine Mörseröffnung zu setzen (Abb. 26).

Die bei einem Pendelquadranten notwendigen *Zielvorrichtungen* sind an der oberen Randleiste angebracht (links eine *Scheibe* mit sehr kleiner Öffnung, durch die das Auge über das Korn, ein *Zielknopf* inmitten einer Ringscheibe (rechts), das Ziel anvisierte).

Der freie Raum unter dem Quadrantbogen wurde durch eine feine Aussägearbeit verziert (verschieden in der Ausführung bei beiden Instrumenten); das elliptische Mittelstück zeigt Spuren der Ausradierung einer Eintragung, während an dieser Stelle beim Instrument von 1572 (Umschlagbild) das kursächsische Wappen zu erkennen ist.

Die *rechte Randleiste* trägt die schon genannte Inschrift. An der *oberen Leiste* fallen besonders die vier Initialen HA—KM auf; ihre Bedeutung (analog jener der Jakob-Krause-Einbände (S. 35): Herzog August Kurfürst Markgraf (ausführliche Titelangabe vgl. Brief an CHRISTIAN I. [66]). — Die Eintragung „No I“ unter den Buchstaben HA deutet vielleicht darauf hin, daß vom selben Gerät 1576 mehrere gleiche Stücke für das Zeughaus hergestellt worden sind; und das erste Exemplar — wahrscheinlich reicher verziert als die anderen — erhielt der Kurfürst!

Die freien Flächen aller Randleisten sind durch sehr feine *Gravierarbeiten* geschmückt. Es finden sich hier Darstellungen von mathematischen Körpern, Zeichengeräten, Zirkel und Winkelmesser, weiterhin von Vermessungsszenen mit dem Astrolabium, Quadrant, Meßquadrat und einem Nivelliergerät. Die auf der linken Leiste stehend dargestellte Person hält das *Puchnersche Instrument* in der Hand und scheint es dem rechts daneben sitzenden Herrscher vorzuführen. Schließlich sind noch eine Gestalt mit geschulterter Himmelssphäre und die genau ausgeführten *zentralperspektivischen Zeichnungen* eines Tonnengewölbes und eines langen Ganges zu nennen. — Vielleicht war das 1569 in Dresden eingegangene „Quadratum“ SCHISSLERS mit seinem Reliefschmuck auf den Randleisten (Abb. 21) Vorbild für diese Verzierungen des Gerätes von 1576; die Randleisten des Instrumentes von 1572 zeigen demgegenüber noch einfache Schmuckformen (Ranken, Waffen, Fahnen u. a.), wie schon auf S. 81 bemerkt.

c) *Die Teilung des Quadrantbogens und die mathematische Bedeutung dieser Meßskala*

PUCHNER berichtet in seiner Schrift zum Instrument nichts über die Entstehung der Meßskala. — Diese Skala läuft, ausgehend von der Mitte des Quadrantbogens (bezeichnet mit 1), gleichmäßig nach beiden Seiten über Teillinie 2, 3 bis 20, wobei die Teilabstände immer enger werden.

Mit Hilfe der Zeichnung in Abb. 25, die schematisch die geometrische Grundlage des Instrumentes darstellt, soll *Entstehung und Bedeutung der Meßskala* erläutert werden; es genügt hierbei die Auswahl von nur vier Skalenteilen (1, 2, 4, 20).

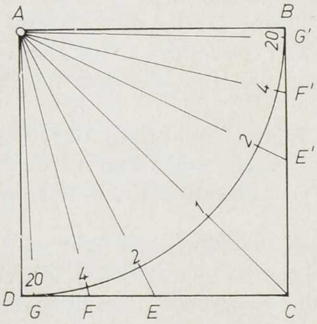


Abb. 25
Konstruktion der Verhältnisskala des Pendelquadranten

Die Zeichnung zeigt, daß sich die Quadrantteilung durch Projektion *bestimmter Punkte der Quadratseiten CD und BC* von A aus auf den Bogen ergibt. Skalenteil 1 entsteht durch die Diagonallinie AC; für die Teilpunkte 2, 4, 20 sind die Punkte E, F, G (entsprechend E', F', G') notwendig. Diese Punkte sind so zu wählen, daß $AD = 2 \cdot DE = 4 \cdot DF = 20 \cdot DG$ ist; oder es muß gelten:

$$DE = {}^1\!/_2\, AD, \quad DF = {}^1\!/_4\, AD, \quad DG = {}^1\!/_{20}\, AD.$$

Durch die Projektionslinien sind *rechtwinklige Dreiecke* entstanden: ADC, ADE, ADF, ADG. Ihre Kathetenlängen verhalten sich wie 1:1; 2:1; 4:1; 20:1. Die *Verhältniswerte* (oder Quotienten) 1, 2, 4, 20 wurden an die zugehörigen Teilpunkte des Bogens eingetragen. — In entsprechender Weise entstehen die Skalenteile 3, 5, ..., 19. Wie das Instrument zeigt, verengen sich die Teilabstände ab 10 sehr stark, so daß hier besonders genaue Ablesungen notwendig waren.

Die Skala des Quadrantbogens gibt also die *ganzzahligen Werte der Verhältnisse der größeren zur kleineren Kathete rechtwinkliger Dreiecke* an. — Entstehung und mathematische Bedeutung dieser Skala sind damit geklärt.

PUCHNER brauchte diese Verhältnisse für sein „geometrisches Abmessen"; sein Anliegen wird deshalb wohl am besten zum Ausdruck gebracht, wenn diese Teilung als Quotientenskala, genauer als *Verhältnisskala* bezeichnet wird. Deshalb soll auch der Name *Kotangensskala* (bzw. *Tangensskala*) nicht gebraucht werden, obgleich die Teilzahlen 1···20 nach heutiger trigonometrischer Definition die *Kotangenswerte* bestimmter Winkel (Scheitel in A) der genannten rechtwinkligen Dreiecke (bzw. die

Tangenswerte für die Komplemente dieser Winkel) sind. — In einer auf S. 86 zu besprechenden *Tabelle* verwendet PUCHNER selbst das Wort „Verhältnis" (proportio).

d) Vermessungen mit dem Puchner/Trechsler-Instrument

Da die Hauptaufgabe des Instrumentes das Richten von Mörsern und Geschützen war, ist es verständlich, daß beim „geometrischen Abmessen" PUCHNERS an mittelbaren Streckenmessungen vor allem *Entfernungsmessungen* durchgeführt werden mußten. Es soll deshalb das Beispiel einer solchen Entfernungsmessung besprochen werden. — Andere mittelbare Streckenmessungen, z. B. *Bestimmung von Höhen*, waren auch möglich. Das Meßverfahren war immer dasselbe; je nach Lage des Instrumentes kam die untere oder obere Hälfte der Bogenskala zur Verwendung.

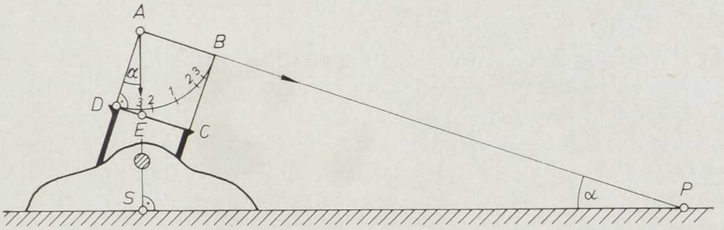


Abb. 26
Entfernungsmessung mit dem Pendelquadranten

Voraussetzung für die Messung mit diesem Pendelquadranten war wegen des Pendels die *vertikale Lage der Fläche des Instrumentes* und deshalb auch die des auszumessenden rechtwinkligen Dreiecks; wie beim Meßquadratverfahren handelte es sich auch hier um *Ausmessung von rechtwinkligen Dreiecken*, wobei freilich die *ur*- und *uv*-Skalen eines Meßquadrats nicht gebraucht wurden, sondern lediglich die Bogenskala.

Das Vermessungsbeispiel. Es soll mit dem Instrument die *Entfernung PS* eines mit einem Mörser zu beschießenden Zieles *P* (Abb. 26) bestimmt werden.

Man setzt das Instrument mit der unteren Kante auf den Mörser, wie das Bild zeigt, und hebt oder senkt diesen solange, bis mit Hilfe der Diopter bei *A*/*B* Punkt *P* eingezielt ist. — Das Pendel schlägt in dieser Stellung des Instrumentes z. B. auf Teillinie 3 ein (die Projektionslinien in Abb. 25 werden also am Instrument durch das Pendel dargestellt). Da das Dreieck *ADE* dem Dreieck *PSA ähnlich* ist, liegt *bei beiden* das *Kathetenverhältnis* 3:1 vor; damit ist $PS = 3 \cdot AS$. — Nach Ausmessung von *AS* ist also die Entfernung *PS* durch eine Multiplikation rasch bestimmt.

Natürlich war es nicht notwendig, das Instrument während des Messens auf einen Mörser zu setzen; eine Aufstellung in höherer Lage war überhaupt bei größeren Entfernungen erforderlich. — War in einem Vermessungsfall die größere Kathete (Abb. 26 : *PS*) bekannt, so war am Ende mit dem gemessenen Verhältniswert nicht zu multiplizieren, sondern durch ihn zu *dividieren*, um *AS* zu erhalten.

e) Zusammenfassung

Mit Hilfe von PUCHNERS Instrument war die Größe einer Kathete zu gewinnen, wenn man die andere, bekannte Kathete mit dem gemessenen Verhältniswert *multiplizierte* oder durch ihn *dividierte*. — PUCHNERS *abgewandeltes Meßquadratverfahren* ist zweifellos ein eleganter Lösungsweg für bestimmte mittelbare Streckenmessungen; es war für eine rasche, in bestimmten Grenzen anwendbare Orientierung besonders geeignet.

Als ein interessantes *Zwischenglied* vom Meßquadratverfahren zur trigonometrischen Meßmethode (vgl. S. 32) bei mittelbaren Streckenmessungen läßt sich dieser Lösungsweg bezeichnen. *Trigonometrisch* ergibt sich PS (Abb. 26), wenn *Winkel* α gemessen wurde, nach der Gleichung $PS = \cot \alpha \cdot AS$, wobei eine Kotangens-Tafel benötigt wird. PUCHNER dagegen mißt *keinen Winkel* und braucht *keine Tafel*, sondern gewinnt den benötigten Verhältniswert v ($= \cot \alpha$) *unmittelbar* durch Messung mit seinem Instrument; freilich stehen ihm hierbei nur sehr wenig v-Werte zur Verfügung. — PS erhält er dann auch durch Multiplikation von v mit AS:

$$PS = v \cdot AS.$$

PUCHNERS Pendelquadrat ist damit ein schönes Zeugnis für mathematik-historische Entwicklungen in der Renaissance und wieder ein sehr anschauliches Beispiel für lebendige Mathematik dieser Epoche.

Die Gestaltung des Puchnerschen Quadranten wird von diesem erfahrenen Renaissance-Techniker selbst stammen; Anregungen zur Konstruktion seiner Verhältnisskala auf einem Quadrantbogen hat er wahrscheinlich von den Mathematikern P. APIAN, vor allem aber von N. VALERIUS erhalten [52].

PUCHNER fügte seiner Handschrift eine *Tabelle* bei, die hier noch angeführt sei. Er nannte sie „Tabula Proportionum der Höhe und Distanz zweyer Örter im abmessen“, also „Tafel der Verhältnisse von Höhe (Abb. 26 : AS) und Entfernung (PS) zweier Orte“. Es war eine *Multiplikations-* bzw. *Divisionstabelle* für die Werte $v = 1, \ldots, 200$ und $AS = 1, \ldots, 200$, der die oben genannten Produkte (PS) bzw. Quotienten (AS) sofort entnommen werden konnten. An der senkrechten Zahlenreihe (v-Werte) stand am Rand die Bemerkung: „Dieses sein die Puncta uff dem Quadranten, so der Faden im abmessen abschneidet.“

Danach kann angenommen werden, daß ein *verbessertes Instrument* (mit Fadenpendel!) vorhanden war. Die Verhältnisskala muß dann nicht nur eine 1—20-, sondern eine 1—200-Teilung besessen haben. — Dies wäre eine sehr beachtliche Verbesserung gewesen; es hätte sich aber um ein sehr großes Instrument handeln müssen, um die engen Teilungen bei den großen Werten gut unterbringen zu können. Die nach der Messung zu berechnenden Produkte bzw. Quotienten konnten dann der Tabelle entnommen werden (für Zahlenwerte bis 200).

Ein Instrument dieser Art ist in Dresden auch vor 1945 nicht vorhanden gewesen. Die Verhältnisskala scheint keine Verbreitung gefunden zu haben — wohl wegen der erwähnten, zu starken Verengung der Skalenteile bei größeren Werten; sie begegnet uns in Dresden bei dem nun zu besprechenden Instrument noch einmal.

3. Der Meßstab von Wenzel Jamnitzer (1575)

a) Geschichtliche Bemerkungen

Das zweite Instrument des MPhS mit einer Verhältnisskala, ein *Meßstab* für Strecken- und Winkelmessungen (Abb. 27) wurde im Jahre 1575, also drei Jahre nach PUCHNERS Quadrant, hergestellt und ging 1945 in Dresden verloren. Es war ein Werk des berühmten Nürnberger Goldschmieds und geachteten Geometers und Mechanikus WENZEL JAMNITZER; über ihn werden bei der Besprechung seiner großen mathematischen *Meßscheibe* (Kap. V) nähere Angaben gemacht.

Dieser Meßstab gehörte zu einer Reihe von geometrischen Werkzeugen und Instrumenten, die WENZEL JAMNITZER dem Dresdner Hof geliefert hatte. Im Jahre 1581 erhielt JAMNITZER von Dresden 350 Gulden als Restbetrag der Kaufsumme für

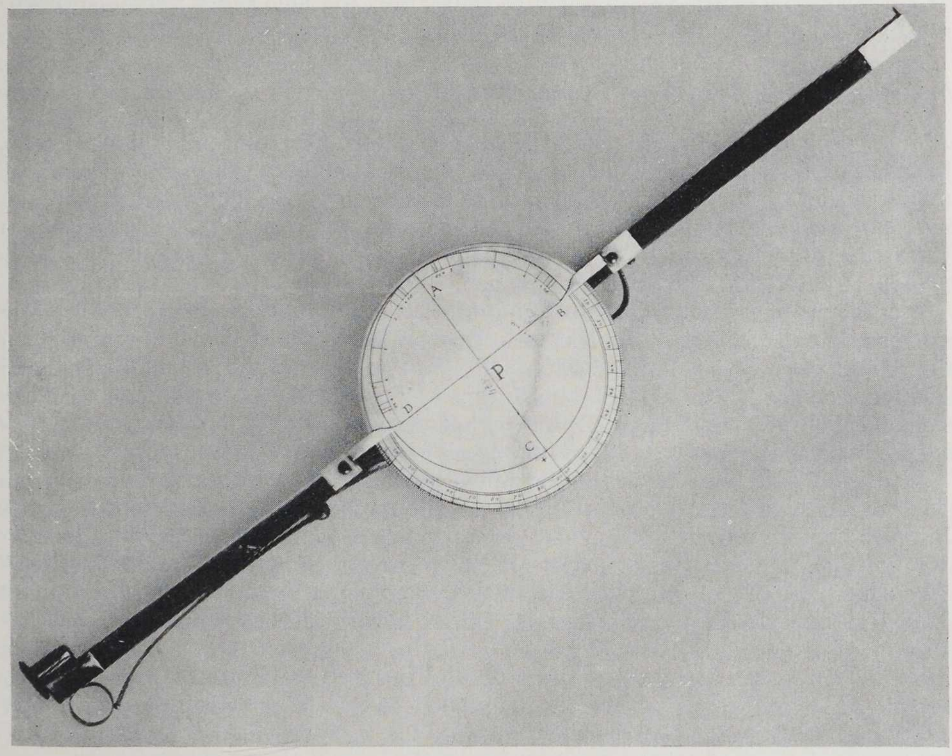


Abb. 27
Meßstab von WENZEL JAMNITZER (1575)

„etzliche Geometrische Instrumente"; hierzu werden der Meßstab und seine 1578 gefertigte Meßscheibe gehören.

Es ist bemerkenswert, daß schon 1565 PAULUS PUCHNER in seiner Vaterstadt Nürnberg war, um dort im Auftrag des Kurfürsten AUGUST Maßstäbe und Zirkel zu erwerben. Dabei wird er den Wunsch des Kurfürsten, von JAMNITZER Instrumente zu erhalten, zum Ausdruck gebracht haben. Möglicherweise hat damals JAMNITZER durch PUCHNER von der *Verhältnisskala* des N. VALERIUS [52] Kenntnis erhalten; diese brachte er dann an seinem Meßstab an — und zwar in abgewandelter Form, so wie es PUCHNER selbst bei seinem Quadranten getan hatte.

Schriftliche Aufzeichnungen Jamnitzers über seinen Meßstab sind in Dresden nicht vorhanden gewesen. M. Engelmann berichtet in seiner Schrift über Jamnitzers Instrumente in Dresden [6] auch über diesen Meßstab, wobei Text und Bildunterschrift (S. 52: „Instrument zur Messung von Höhenwinkeln") dem Anliegen Jamnitzers nicht voll gerecht werden. — E. Zinner [47] führt den Meßstab in seiner Übersicht (S. 395) unter dem Namen „Höhenmeßgerät" an (Jahreszahl 1585, da es sich hierbei um ein zweites, dem Dresdner Instrument von 1575 gleiches Meßgerät handelt; Jamnitzer bewahrte es selbst auf, wie aus seiner Pergamenthandschrift [59c] aus dem Jahr 1585 hervorgeht).

b) Aufbau und Meßskalen des Instrumentes

Abb. 27 zeigt deutlich, daß es sich bei diesem Instrument um eine kühl-sachliche, technische Konstruktion handelt; *Schmuckformen* sind hier *nirgends* angebracht (obgleich Platz dafür vorhanden war), im Gegensatz zu der als Kunstwerk gestalteten mathematischen Meßscheibe (Abb. 30) des Meisters. Aber der Aufbau des Meßstabes verrät um so mehr — nicht zuletzt in manchen scheinbaren Kleinigkeiten — Jamnitzers technisches, erfinderisches Können.

Das Instrument, das in der Abbildung in einer Schräglage wiedergegeben ist, wie sie beispielsweise bei einer Höhenmessung vorkommen konnte, war im wesentlichen für *Messungen aus der Hand* bestimmt. Eine Auflage des Instrumentes auf eine senkrecht stehende Stütze in Stabmitte (hinter der Scheibe) wäre während der Messung möglich gewesen; ein einzelner Feldmesser konnte aber das Gerät auch *freihändig* bedienen — und so wird es im allgemeinen gewesen sein!

In diesem Fall hielt er es mit der linken Hand an dem rechts von der Scheibe sichtbaren Bügel (etwa wie ein Gewehr gehalten wird); das Auge befand sich am Einblickdiopter (unten links), der Daumen der rechten Hand faßte in den darunter befindlichen Ring, und der Zeigefinger lag im Zwischenraum über dem gebogenen Federbügel, um diesen durch Drücken nach unten bedienen zu können (eine Haltung wie etwa vergleichsweise bei der Lage des Fingers an einem Gewehrabzug).

Der 56 cm lange, vierkantige *Zielstab* aus Eibenholz (mit der Jahreszahl 1575), der die Al-idade dieses Instrumentes darstellte, trug in seiner Mitte die vergoldete, messingne *Meßscheibe* (Durchmesser 13 cm). Sie war dort nicht in ihrer Mitte, sondern in einem *exzentrisch* gelegenen Punkt (*P*) *leicht drehbar* befestigt.

Diese von Jamnitzer gewählte Lage des Drehpunktes erbrachte zwei *Vorteile* beim Gebrauch der Scheibe. Infolge ihrer größeren Masse unterhalb des Drehpunktes verhielt sich die Scheibe in senkrechter Lage — wenn sie frei beweglich war — wie ein *Pendel* und stellte sich in stabile Gleichgewichtslage so ein, daß der von *P* fernste Punkt der Scheibe — es ist dies Teilpunkt 90 der Gradskala — am tiefsten lag; dann verliefen die Achse *APC lotrecht* und *BPD* als Vertikale zu dieser Achse *waagerecht.*

An diesem tiefsten Punkt der Verlängerung von *AC* wurde in einer kleinen Öffnung ein *Lot* angehängt; dies bewirkte eine rasche Beendigung des Einpendelns der Scheibe und bildete *automatisch* die lotrechte Verlängerung der Achse *AC* [53]. Der Standort der Vermessung war damit auch festgelegt.

Ein *zweiter Vorteil* der exzentrischen Lage des Drehpunktes *P* der Scheibe war die *Vergrößerung der Skalenteile* der unter *BD* am Scheibenrand angebrachten Gradteilungen, bezogen auf P als Scheitelpunkt bzw. Winkelzentrum; 180° verteilen sich dadurch auf einen größeren Bogen, als ihn der kleine Halbkreis BCD darstellt. Das bedeutet eine *Vergrößerung der Ablesegenauigkeit.* — Denselben Vorteil hat Jamnitzer bei seiner Meßscheibe (S. 99) zur Anwendung gebracht.

Für die Handhabung des Instrumentes war die Tatsache wichtig, daß die Scheibe *nur dann* sich drehen und pendeln konnte, wenn der Feldmesser vor der Beobachtung den oben genannten Bügel am Haltering nach oben drückte. Wurde dann nach der Einzielung der Bügel wieder nach unten gedrückt, so bewirkte eine Federklemmung die *Feststellung der Scheibe* in der Stellung am Stab. Das konnte in jeder beliebigen Drehlage geschehen; z. B. ist in dieser Abbildung die Scheibe so festgestellt, daß die beiden Zeiger des Stabes die Richtung BD angeben; an den Enden dieser Achse beginnen am Scheibenrand die Gradteilungen.

In Abb. 27 ist unten links das von Jamnitzer gewählte *Einblickdiopter* erkennbar. Gegenüber den einfachen Lochdioptern verwendet er hier eine von ihm erdachte, verbesserte Vorrichtung. Ein 2,5 cm langer Messingzylinder mit aufgesetzter Kappe besitzt eine sehr feine Bohrung, so daß recht genau eingezielt werden konnte. Das *Visierkorn*, eine Metallspitze, ist oben rechts am Stab erkennbar.

Die Meßskalen. Die Gradteilung der Scheibe wurde schon genannt. Von 0° ausgehend (bei B und D), ist sie zweimal bis 90° geführt; eine Ablesegenauigkeit bis auf $^1/_2$° war möglich. Die doppelte Eintragung der Gradskala bis 90° gestattete die Ablesung von *Höhen- und Tiefenwinkeln.*

Oberhalb der Achse BD befinden sich die *Verhältnisskalen*, die wir bei Puchners Quadrant kennenlernten [54]. — Die Teilungen liegen auf den oberen Quadrantbögen des in der Scheibe liegenden Kreises mit Mittelpunkt P. Es sind zwei Quadrantbögen eingeteilt, um oberhalb und unterhalb der Horizontalen BD gelegene *rechtwinklige Dreiecke* ausmessen zu können.

Wie bei Puchners Instrument sind — von der Mitte jedes Quadrantbogens ausgehend — zwei Skalen eingetragen mit Angabe der *Verhältniswerte* 1, 2, 3, 4, 5, 6. — Jamnitzer verwendete nur diese sechs Werte (gegenüber 20 Werten bei Puchner), weil für größere Werte bei seinem Instrument die Skalenteile zu eng aneinander gelegen hätten.

Für Ablesungen im nicht eingeteilten Skalenbereich über 6 ließen sich noch *geschätzte* Verhältniswerte angeben (z. B. ,,über 6" oder ,,größer als 10"). Die Mitten der eingetragenen Skalenteile entsprachen nicht genau, aber doch ungefähr den Mittelwerten der benachbarten Verhältniszahlen (z. B. Mitte zwischen 2 und 3: etwa Wert $2^1/_2$, d. h. 5:2). — Es ließen sich also mit dem Meßstab eine Reihe *genauer*

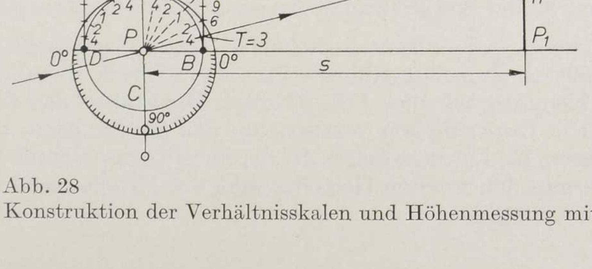


Abb. 28
Konstruktion der Verhältnisskalen und Höhenmessung mit dem Meßstab

mittelbarer Streckenmessungen durchführen, in manchen Fällen war es aber auch möglich, rasch *Näherungswerte* zu bestimmen.

Zur Erläuterung der *Konstruktion der Skalen* sind in Abb. 28 über BP und DP die notwendigen Quadrate gezeichnet und für die Teilpunkte 12, 6, 3 der Seiten von $AEBP$ die Projektionslinien eingetragen worden. Um die Skalenteile der ganzzahligen Verhältniswerte $1, \ldots, 6$ auf den Quadrantbogen zu erhalten, mußten folgende Teilpunkte der Quadratseiten BE und AE (mit 12-Teilung) von P aus projiziert werden: 12, 6, 4, 3, $2^2/_5$, 2. — Beispielsweise hat das Kathetenverhältnis des Teildreiecks BTP den Wert $12:3 = 4$; der zugehörige Skalenwert ist also 4.

c) *Vermessungen mit dem Meßstab*

In dem aus dem Jahre 1595 stammenden *Inventar-Verzeichnis* der Dresdner Kunstkammer [61] findet sich unter den dort genannten Jamnitzer-Instrumenten unter Nr. 9 folgende *Eintragung*, die sich auf den *Meßstab* bezieht: „1 Instrument mit einem eibenem stab mit vorguldter Scheiben mit ihren absehen, zum Berg, hügel, hohe und tiefe meßen und abwegen (d. h. nivellieren), auch zum waßerleiten dienstlichenn“. — Mit diesen Worten wird also das *Meßprogramm* für den Meßstab, seine Anwendung für *Strecken- und Winkelmessungen*, kurz umrissen.

Beispiel einer mittelbaren Streckenmessung. Es ist die *Höhe* h eines Turmes HP_1 zu bestimmen, wenn die Entfernung $s = PP_1$ bekannt ist (Abb. 28).

Bei frei beweglicher Meßscheibe — BD hat sich hierbei waagerecht eingestellt — zielt der Feldmesser H ein. In dieser Stellung wird durch Herabdrücken des Bügels die Scheibe wieder festgeklemmt. Die Einzielung ist damit beendet und die Zeigerstellung festgehalten; das Instrument kann nun aus der Zielrichtung genommen werden. An der Verhältnisskala wird z. B. 4 abgelesen. Das Kathetenverhältnis für das Dreieck PBT ist also $4:1$; wegen $\triangle PBT \sim \triangle PP_1H$ ist auch $s:h = 4:1$, d. h. $h = {}^1/_4\, s$. — Zur errechneten Höhe h ist noch die Höhe von P über der Horizontalen ($\approx$ Augenhöhe des Beobachters) zu addieren.

Wäre bei einer analogen Messung Teilstrich 4 der Skala nahe A abgelesen worden, so hätte sich für h ergeben: $h = 4 \cdot s$.

Beispiel einer Winkelmessung. Es war möglich, mit dem Meßstab Winkel verschiedenster Lage zu messen. Die Konstruktion des Instrumentes, die in senkrechter Stellung als Pendel wirkende Meßscheibe, gestattete aber rasch und leicht *vor allem* die Messung von Winkeln, die in senkrecht stehender Ebene lagen, insbesondere also *Höhen- und Tiefenwinkel* (hierunter auch Sternhöhen). — Abb. 28 kann auch zur Erläuterung einer solchen Winkelmessung dienen.

Es ist der *Höhenwinkel* HPP_1 zu messen. — Die Einzielung von H wird so vorgenommen, wie oben bei der Messung von h geschildert wurde. In diesem Fall wird nun an der *linken Gradskala* der Scheitelwinkel des gesuchten Winkels abgelesen.

Nivellierungen (Bestimmung des Höhenunterschiedes von Geländepunkten). Sie ließen sich mit dem Meßstab einfach ausführen. Zu diesem Zweck war die Scheibe in einer Stellung festzuklemmen, wie dies Abb. 27 zeigt. Der Stab mußte dann vom Feldmesser in *horizontaler Lage* gehalten werden; um das zu erreichen, hatte ein Meßgehilfe zu kontrollieren, bis Lot und Achse AC der Scheibe eine Gerade bildeten. Der Feldmesser konnte nun den zweiten Geländepunkt des Nivellements einzielen und dort den Meßgehilfen einweisen.

Das Arbeiten mit dem Meßstab von Wenzel Jamnitzer war nicht schwierig. Das Instrument war leicht und nicht zu lang, so daß es sich bequem transportieren ließ. Man konnte an beliebigen Orten (auch von einem Fenster aus) im Stehen oder Sitzen die Messungen freihändig durchführen. Die zu erledigenden Rechnungen waren geringfügig. Wichtigste Voraussetzung war freilich, daß der Feldmesser eine ruhige Hand besaß, um gute Ergebnisse zu erzielen (hier im wahren Sinne dieses Wortes!). — Nach dem einstigen Aussehen des Instrumentes zu urteilen, muß es viel Verwendung gefunden haben.

Jamnitzer schätzte sein Instrument selbst sehr hoch ein; er bewahrte einen solchen Meßstab in seinem Schreibtisch auf [59]. Seine hohe Wertschätzung geht vor allem aus der von ihm selbst entworfenen *Bronzeplatte* (heute leider sehr verwittert) an seinem Grab auf dem *Nürnberger Johannisfriedhof* hervor.

Neben seiner Profilansicht (entsprechend Abb. 31 unten) und einem Wappen sind in den vier Ecken Frauengestalten zu sehen; die Figur in der linken unteren Ecke hält den *Meßstab* in der erhobenen linken Hand. — Die übrigen Frauen vervollständigen den Hinweis auf Jamnitzers besondere geometrische Neigungen: Eine „Geometria" mit Zirkel und zwei Frauen mit je einem geometrischen Körper aus seiner „Perspectiva" von 1568 [59a].

V. Winkelmessungen mit Bussolen-Instrumenten

1. Einführung

Die beiden Hauptaufgaben des Feldmessers waren seit alters Strecken- und Winkelmessungen. Es wurde in Kapitel III dargelegt, daß das Meßquadrat lange Zeit *das* Instrument für mittelbare Streckenmessungen war, im letzten Viertel des 16. Jahrhunderts aber an Bedeutung verlor und nach und nach durch eine Berechnungsmethode mit Verwendung von trigonometrischen Tafeln unter *Zugrundelegung von Winkelmessungen* ersetzt wurde. Die Bedeutung des Winkelmeßinstrumentes wuchs dadurch beträchtlich.

Große Beachtung war aber schon immer der Entwicklung praktischer und genauer Instrumente zur Winkelmessung geschenkt worden; die wachsende Bedeutung astronomischer Beobachtungen machte dies besonders notwendig. So entstanden *Voll-* und *Halbkreis-Instrumente* mit Gradteilungen (bei bergmännischen Geräten mit der Vollkreisteilung in zweimal 12 oder 24 *Stunden*, die von der Tageseinteilung der Zeitmessung übernommen wurde); auch der *Quadrant* erfreute sich großer Beliebtheit (besonders wegen seiner einfachen Handhabung bei Vertikalwinkelmessungen, vgl. S. 66).

Für die im 16. Jahrhundert stark einsetzenden kartographischen Arbeiten waren nicht nur einfache Winkelmessungen auszuführen (Messung des Winkels vom Beobachtungsort zu zwei Zielpunkten); hier galt es auch *Richtungswinkel* zu messen. Bei diesen Richtungswinkel-Bestimmungen war die Winkelgröße einer Ziellinie zur Meridianrichtung (NS-Linie des Beobachtungsortes) festzustellen; man braucht für diese Bestimmungen den Begriff „Ortung".

Der *Kompaß* [55], auch *Bussole* (ital.: „Büchschen") genannt, war seit dem 12. Jahrhundert in Europa bekannt. Im 16. Jahrhundert wird nun auch weitgehend die *richtungsweisende Kraft* der magnetischen Kompaßnadel (Einstellung in NS-Richtung, wobei die *Deklination oder Mißweisung*, d. h. die nicht konstante, sondern veränderliche Abweichung des magnetischen vom astronomischen bzw. geographischen Meridian, schon berücksichtigt wurde) den Zwecken der Feldmeßkunst zur *Messung der Richtungswinkel* dienstbar gemacht. Die dafür konstruierten Meßgeräte werden meist *Bussolen-Instrumente* genannt.

Die Bussole der Bussolen-Instrumente ist in die Meßscheibe eines Winkelmessers mit Stunden- oder Gradteilung — bei Vollkreisscheiben zentrisch, sehr oft aber auch exzentrisch — eingefügt, wobei die Hauptachsen von Scheibe und Bussole aufeinanderfallen bzw. zueinander parallel liegen. Eine *Visiereinrichtung* muß vorhanden sein, meist in Form eines drehbaren Lineals zum Absehen (Diopterlineal, Al-idade). — Die Bussolen besaßen eine 4-, 8-, 12-, 16-, 32- oder 64teilige *Windrose* mit Angabe der *Himmelsrichtungen* und oft mit den zugehörigen *Windnamen* (deutsch; auch italienisch, lateinisch oder griechisch).

Natürlich wurde die Bussole auch ohne Verbindung mit einem Winkelmeßgerät (Grad bzw. Stunden) zur Richtungsbestimmung *allein* mit der Teilung der Windrose gebraucht; z. B. genügte für die Richtungsbestimmung bei der Herstellung der *Routenkarten* (Abb. 9) die Messung mit einer Bussole; die aufgeklebte, kleine Scheibe in Abb. 9 verrät, daß eine Bussole mit 32teiliger Windrose verwendet wurde.

Eine Ergänzung und damit *Verbesserung der Bussolen-Instrumente* trat dadurch ein, daß man an die drehbare Al-idade ein dazu senkrechtes Lineal anfügte; lag das Instrument auf Zeichenpapier, so war es dadurch möglich, die gemessenen Winkel (bzw. Richtungswinkel) sofort aufzuzeichnen. Instrumente dieser Art heißen *Auftragsbussolen*.

Im folgenden sollen vier wertvolle, entwicklungsgeschichtlich wichtige Beispiele von Bussolen-Instrumenten, von Kurfürst AUGUST, WENZEL JAMNITZER, THOBIAS VOLCKMAR und ERASMUS HABERMEL hergestellt, besprochen werden; hiervon ist nur noch die Auftragsbussole von ERASMUS HABERMEL in Dresden erhalten geblieben.

2. Das hölzerne Bussolen-Instrument von Kurfürst August (vor 1560)

Kurfürst AUGUST wurde wahrscheinlich durch das „Bergwerksbuch" des AGRICOLA [30] auf den Kompaß besonders aufmerksam; er erhielt einige Instrumente zum Geschenk: 1556 von seinem Schwiegervater CHRISTIAN III. von Dänemark, 1558 von einer Gräfin VON MANSFELD und 1559 vom Landgrafen WILHELM IV. von Hessen.

Auf die handwerkliche Geschicklichkeit des Kurfürsten wurde schon hingewiesen und seine Kunstfertigkeit im Drechseln und beim Drahtziehen hervorgehoben (S. 37). So nimmt es nicht wunder, daß er Bussolen-Instrumente (Abb. 29) selbst fertigte; bei den Entwürfen wird ihn der 1558 in das Dresdner Schloß eingezogene Mathematiker JOHANN HUMELIUS (S. 20; 41) beraten haben. Es waren bis 1945 *vier dieser Meßscheiben* vorhanden, zum Teil etwas unterschiedlich in der Ausführung, z. B. Gradteilung (ablesbar $^1/_2$°) an Stelle der Stundenteilung von Abb. 29.

Die 2 cm starke Holzscheibe hatte einen Durchmesser von etwa 25 cm. Die doppelte 1—12-Stunden-Teilung des Außenkreises ist in der Abbildung noch erkennbar; die Bezifferung und die Namen der vier Himmelsrichtungen („Septendrio" = N; „Ories" = O; „Meridies" = S; „Occidens" = W) sind in das Holz geprägt. Die Unterteilung bis auf $^1/_8$ Stunde wird durch zwei weitere konzentrische Kreise gewonnen.

Die Kreisteilungen sind als *Strichmarkierungen* mit zugehörigen *Bohrungen* ausgeführt; hier konnte ein *Stift* je nach Lage des Zieles beim Visieren eingesteckt werden. Ein *zweiter Visierstift* befand sich — feststehend — in der Mitte der Scheibe (in der Abbildung nicht mehr vorhanden, die abgebrochene Spitze ist noch erkennbar). Bei den anderen Instrumenten war noch — konzentrisch zu den Kreisskalen — eine schmale, mit rotgefärbtem Wachs gefüllte *Rinne* angebracht; hier ließ sich der Visierstift einstecken, wenn die Visierlinie nicht gerade einen Teilstrich traf — dies bedeutete also eine Verfeinerung der Messung.

Die *Handhabung* des Bussolen-Instrumentes ist damit erkennbar. Es mußte bei der Vermessungsarbeit auf einen Tisch oder dgl. gelegt werden; über den Mittelstift war dann zum Ziel zu visieren, der andere Stift wurde dabei in der Zielrichtung auf der Skala eingesteckt und dort war abzulesen.

Die *Bussole* ist exzentrisch in einen rechteckigen Ausschnitt der Scheibe eingesetzt; hier ist auch eine kleine *Horizontal-Sonnenuhr* (IIII-XII-VIII-Stunden-Teilung) angebracht (Schattenstab bei VIII nicht mehr vorhanden). Auf dem Boden des Bussolenhauses ist noch ein Sonnen- und Mondbildchen und ein *Richtungskreuz* zu erkennen; letzteres ist um den damaligen Wert der *Mißweisung* (etwa $+8°$, d. h.

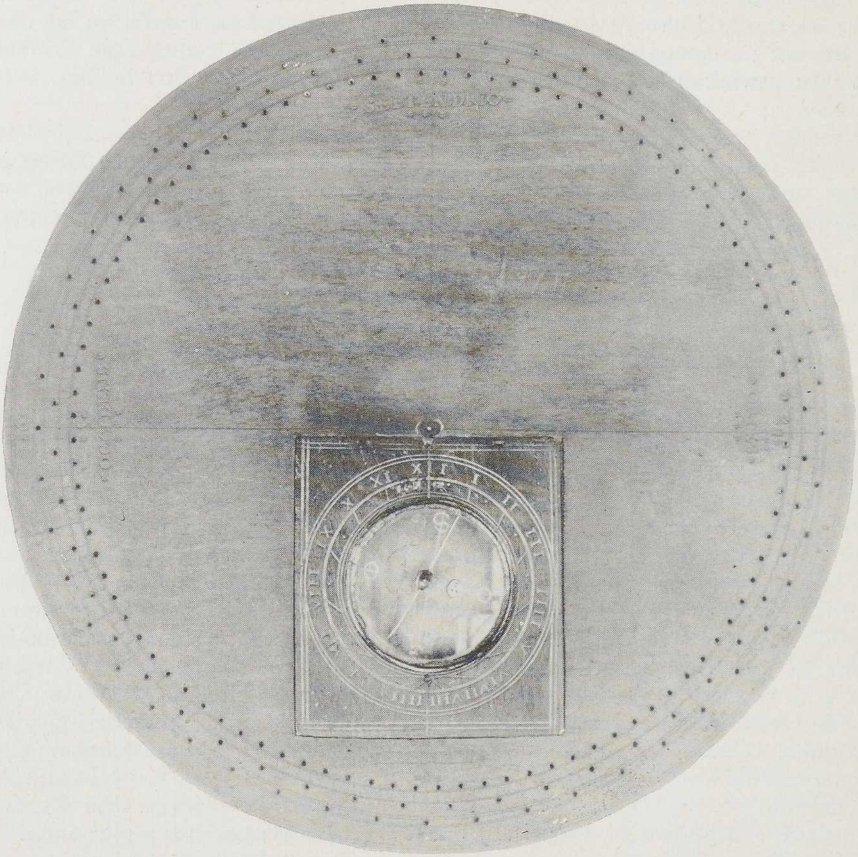


Abb. 29
Hölzernes Bussolen-Instrument von Kurfürst August
(Arbeit des Kurfürsten; vor 1560)

Abweichung der N-Spitze der Nadel um 8° nach O) gegen die NS-Achse des Instrumentes verdreht.

Diese Bussolen-Instrumente wurden bei Vermessungen im Gelände und — vom Kurfürsten selbst — unter Tage (Scheiben mit Stundenteilung) verwendet. Sie müssen vor 1560 gefertigt worden sein, denn im Jahre 1560 beauftragt der Kurfürst Humelius mit der Fertigung des „Risses für runde Kompasse aus Messing", die in Nürnberg hergestellt werden sollten (Sächs. Landeshauptarchiv Dresden: Cop. 300, fol. 261f.). Er wünscht *Metall-Instrumente*, „weil sich die *hulzernen Scheiben* und compaß, so wir bis anhero zu abmessung unserer welder und wildgerten gebraucht, in nassen Wetter gar entwerfen und krum werden".

Der Kurfürst beschreibt weiterhin die gewünschte Einteilung des Umfanges der hölzernen Meßscheibe in Grade, Stunden und Doppelstunden. Es wird gleichzeitig die *Arbeitsmethode* genannt, wobei die Wünsche des Kurfürsten zwecks Verbesserung der Instrumente auf die aufgetretenen offensichtlichen Mängel schließen lassen: „Es werde ein jeder grad mit seinen teilen, auch eine jede stunde mit iren teilen gelöchert ..., damit man stifte darein stecken und darnach abmessen (d. h. Messung von Winkeln) und abgehen (d. h. einfluchten einer gewünschten Richtung) konne. Wisset ir dann eine richtigere und zutreglicher weise zu erdenken, das man der *stifte nit bedörfte*, oder auch einen bessern weg, die Winckel abzustecken, als mit dem *durchsichtigen pappir* (d. h. Befestigung von durchsichtigem Papier auf dem Instrument, um die gemessenen Winkel aufzuzeichnen), zu erfinden, deß wollet uns mit solchem vleiß in schrifften erklern."

Weiterhin schlägt er ein Bussolen-Instrument in quadratischer Form vor, „das man nach den seiten, die eine rechte lini haben sollen, sofort absehen, dieselbigen auch, wan man sie auf einen riß aufs pappir setzet, für ein *richtscheit* oder *linial* gebrauchen kann".

Diese Vorschläge des Kurfürsten fanden ihre Realisierung in der *Konstruktion verbesserter Bussolen-Instrumente* (Werkstoff Metall, Diopterlineal an Stelle des Absehens mit den Stiften, Auftragsbussolen). — Schon im Jahr 1561 besitzt der Kurfürst ein rundes, messingnes, vergoldetes Bussolen-Instrument (im MPhS vorhanden, Inv. Nr. C IV 2), ohne Hersteller-Angabe, datiert 1561 mit dem kursächsischen Wappen, mit Stundenteilung und Wachsring, aber noch ohne Diopterlineal (Beschreibung der Einzelheiten — ohne Bild — bei KÖRBER [55; S. 132]).

3. Die Meßscheibe mit Bussole von Wenzel Jamnitzer (1578)

a) Der Meister und seine Meßscheibe

Während die Bussolen-Instrumente des Kurfürsten AUGUST zu den ältesten kursächsischen Feldmeßgeräten gehören und am Anfang der Entwicklungsreihe dieser mathematischen Gerätegruppe stehen, liegt in der *Meßscheibe mit Bussole* (Abb. 30) des Goldschmieds WENZEL JAMNITZER eines der ausgereiftesten, gut brauchbaren und auch künstlerisch wertvollsten Beispiele dieser Instrumentengattung aus dem 16. Jahrhundert vor.

WENZEL JAMNITZER (geb. 1508 in Wien, seit 1534 Bürger in Nürnberg, gest. 1585 in Nürnberg), von J. G. DOPPELMAYR [4] als einer der großen „Nürnbergischen Mathematicis und Künstler" hervorgehoben (Abb. 31; [56]), erwarb sich durch seine wundervolle Kunst die Gunst der Mächtigen seiner Zeit. So lieferte er Arbeiten für vier deutsche Kaiser (KARL V., FERDINAND I., MAXIMILIAN II., RUDOLF II.), für den sächsischen Kurfürsten AUGUST und den bayrischen Herzog ALBRECHT V.

JAMNITZER zeigt besonders ausgeprägt jene Charakterzüge, die viele der großen Werkmeister seines Jahrhunderts gemeinsam auszeichnen. Den ganzen Adel dieser deutschen Handwerker- und Künstlerpersönlichkeit der Renaissance offenbaren seine eigenen Worte, die schlichten und doch so erschütternden Worte seines Testamentes [57]: Verantwortungsbewußtsein, Treue, Liebe zu allem Guten und Schönen, Stolz auf das durch seiner Hände und seines Geistes Kraft geschaffene Lebenswerk.

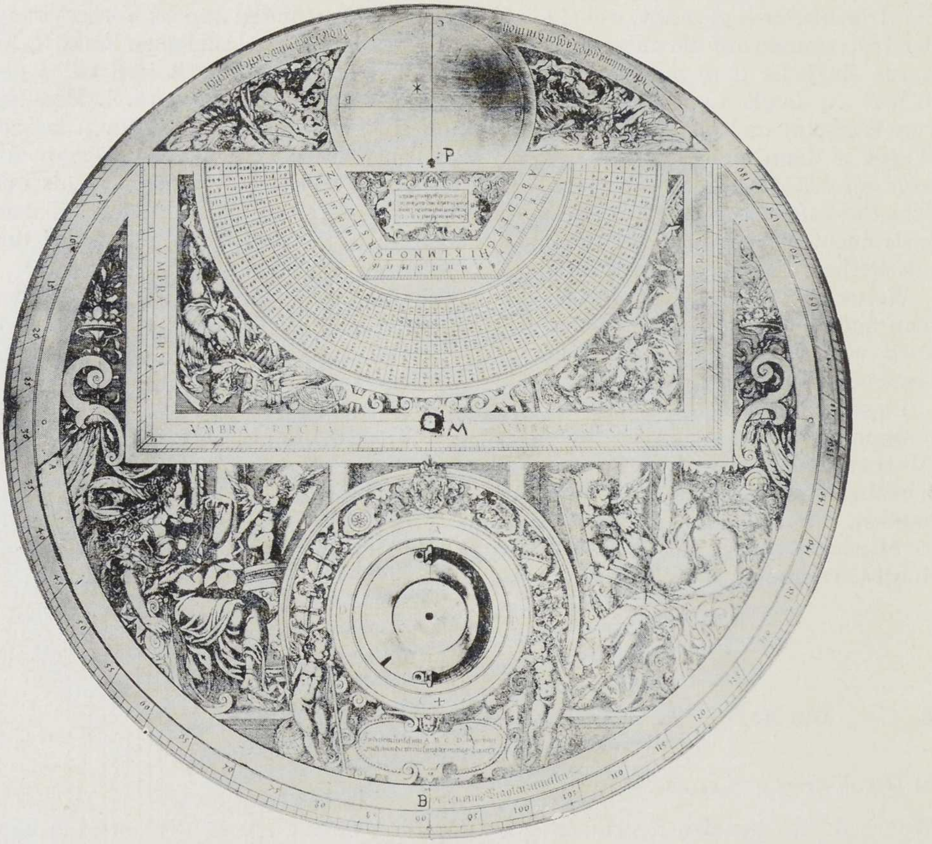


Abb. 30
Meßscheibe mit Bussole von Wenzel Jamnitzer (1578)

Fürwahr — Wenzel Jamnitzer könnte für Richard Wagners Goldschmied Veit Pogner in den „Meistersingern von Nürnberg" das Vorbild gewesen sein!

Wenzel Jamnitzer stand in enger Beziehung zum kursächsischen Hof. Es wurden ihm mehrmals Aufträge für Goldschmiedearbeiten erteilt (Beispiel: Schreibzeug- und *Schmuckkästchen* der Kurfürstin Anna von 1562; aufbewahrt im ehemaligen „Grünen Gewölbe" des Schlosses, das sich zur Zeit im „Albertinum" (S. 171) befindet [58]); vor allem aber schätzte Kurfürst August an ihm seine *mathematischen Fähigkeiten* [59]. Im Jahre 1568 sendet ihm Jamnitzer ein im selben Jahr erschienenes Exemplar seiner „*Perspectiva*" [59a] und in seinem Todesjahr 1585 die 1945 im

MPhS verlorengegangene *Handschrift* über *Maßstäbe und den Reduktionszirkel* [59b], auf die in Kapitel VIII näher eingegangen wird.

Das bedeutendste mathematische Instrument JAMNITZERS ist neben dem Meßstab (S. 86ff.) seine *Meßscheibe mit Bussole*; auf der Rückseite der in Abb. 30 wiedergegebenen Fläche der Scheibe ist der Name des Meisters und die Jahreszahl 1578 eingetragen. Sie wurde von Kurfürst AUGUST erworben und ist sicherlich bei vielen Vermessungen zur Verwendung gekommen, da sie hierfür gut zu gebrauchen war und kein ausgesprochenes Schau- oder Prunkstück darstellte [60].

Abb. 31

Im ältesten *Inventarverzeichnis der Dresdner Kunstkammer von 1587* erscheint das Instrument unter folgendem Text: „Große runde mößene (d. h. messingne) vorguldte (d. h. vergoldete) Scheiben oder Instrument, doran man mit einem und Zweien Stenden, weiten, höhen und tiefen mößen kan, und derselben Ruthen, Clafftern, Lachternn, Schritt, Eln oder Schuhe wißen, mit einem Compaß den man brauchet, wen man mit einem Stande vielerley seiten mößen will, und offt vielerley Wege gebrauchen kan in meßen — uff *der andern seiten* zu sehen, welche stunde iglicher Planet tag und nacht regiret, auch dorauf 2 Sonnen Uhren, die eine weiset die kleine Uhr (d. h. die gewöhnlichen Stunden), die andere die Planetenstunden, auch uf einem Circkelrieß (d. h. Kreis) des tages abnehmen und Nachts zunehmen, Mehr uf einem Circkelrieß die tagelenge uf den letzten Circkelrieß die Planeten Zaichenn dehme sie unbekandt mit nahmen zu finden, hatt Wenzell Gamitzer zu Nürnbergk gemacht.“

Im *Inventarverzeichnis von 1595* werden weiterhin noch viele zur Scheibe gehörige Instrumente, insbesondere Zeichengeräte, unter Angabe einer Nummer genannt; wahrscheinlich waren einige dieser Geräte nicht ursprünglich Hilfsinstrumente zur Meßscheibe, sie wurden wohl erst später diesem Meßbesteck beigefügt [61].

Die vergoldete Messingscheibe hatte einen Durchmesser von 51,6 cm (Mittelpunkt *M*); diese verhältnismäßig große Kreisfläche ermöglichte die Anbringung von feinen, aber doch noch gut erkennbaren Teilungen. Die neben den meßtechnischen Eintragungen verbleibenden freien Flächen boten der künstlerischen Phantasie und Gestaltungskraft Jamnitzers in reichem Maße Gelegenheit zur Ausschmückung, wobei die Technik der Metall-Ätzung angewendet wurde. Die Entwürfe für die künstlerische Gestaltung stammen vom Meister selbst, die Ausführung hat sein Freund, der Kupferstecher Jost Amman, vorgenommen [59a].

Symbolische Figuren („Geometrie“ links im Bild, „Astronomie“ rechts), Ornamente und Wappen (um die Bussole) — darunter das kaiserliche (bei *M*) und das kursächsische Wappen (rechts) — beleben die mathematischen Linienführungen der Scheibe; die Meistermarke Jamnitzers, ein Löwenkopf, wurde zweimal — wenig auffällig — auf der hier nicht wiedergegebenen Fläche der Scheibe beigefügt.

Die Scheibe konnte in das *Kugelgelenk eines Stabes oder Stativs* eingeschraubt und dadurch in *jede Lage* (insbesondere horizontal und vertikal) und in *verschiedener Höhe* leicht eingestellt werden; ein auf der Rückseite der Scheibe (Abb. 30, bei *M*) eingesetzter Zapfen mit Gewinde diente zur Befestigung im Gelenk. — Über den *Befestigungsstab* sagt das Inventarverzeichnis unter (5) folgendes aus: „1 Stab doran man das Instrument hencken und nach der seiten und breiten richten kan, auch den stab hoch und nieder außeinander Schiebenn“. — Zur *lotrechten Einstellung* der Scheibe diente ein „Mößen vorguldt *Perpendiculum*“ (10), d. h. ein Pendel; für den Feldmesser war ein „dreybenichter stull“ (32) vorhanden.

Beide Flächen der Scheibe wurden ausgenutzt. Die hier in der Abbildung nicht gezeigte Fläche war für *astronomisch-astrologische Arbeiten*, wie auch der auf S. 97 wiedergegebene Text des Inventarverzeichnisses (ab: „uff der andern seiten ...“) besagt, vorgesehen (Zeitbestimmungen, Horoskopberechnungen); hier befanden sich eine Planeten-Tafel, Sonnenuhr für die Breiten 49°, 50°, 51° (Dresden), Angabe der Tageslängen und die Planetenstunden-Linien (Bild dieser Fläche bei Rohde [44a] und bei Engelmann [6]).

Abb. 30 zeigt die Fläche der Meßscheibe, die der Feldmesser für seine Arbeiten brauchte; sie soll in ihren Einzelheiten besprochen werden.

Schon die *Aufteilung dieser Fläche* ist bemerkenswert. Sie zeigt die große künstlerische Gestaltungskraft des Meisters, seine *Vorliebe für die geometrische Figur* (Kreise, Halbkreise, Rechtecke, Trapeze bzw. halbierte regelmäßige Sechsecke), die Erkenntnis und Verwendung der in ihr liegenden Schönheit; am anschaulichsten kommt Jamnitzers starkes geometrisches Formgefühl in den Körperdarstellungen seiner „Perspectiva“ [59a] zum Ausdruck.

b) *Winkelmessungen mit der Meßscheibe*

Es ist sofort zu erkennen, daß der Umfang der Scheibe *nicht* in üblicher Weise in Grade eingeteilt ist und die Teilstriche *nicht* zum Mittelpunkt *M* gerichtet sind.

Ein Bogenstück (oberer Rand) bleibt ohne Teilung; diese beginnt und endet an der durch P laufenden waagerechten Linie. Dies erklärt sich dadurch, daß Jamnitzer den Drehpunkt des Diopterlineals (im Bild nicht vorhanden) vom Mittelpunkt M der Scheibe in den *exzentrisch gelegenen Punkt P* verlegt.

Er hat dies — sehr bewußt — aus technischen Gründen getan. Durch diese Verlegung des Drehpunktes und Winkelzentrums ergaben sich *größere Skalenteile der Gradteilung* gegenüber einem Zentrum im Mittelpunkt der Scheibe; von den 360° des Scheibenumfanges wurde dadurch ein Bogen von 256° (= Größe des Zentriwinkels des Bogens unter der waagerecht liegenden Sehne durch P) zur Einteilung der für die Winkelmessungen notwendigen und ausreichenden 180° gewonnen; dies ermöglichte wiederum eine *feinere Unterteilung* (jeder Grad 5fach unterteilt, so daß also die Genauigkeit der Ablesung $^1/_5$° bzw. 12′ betrug).

Diese vorteilhafte Bogenteilung hatte Jamnitzer schon 1575 bei seinem Meßstab (vgl. S. 88f.) angewendet; sie ist bei Winkelmeßinstrumenten anderer Meister nicht anzutreffen. Damit ist die Meßscheibe schon deshalb von besonderer Bedeutung.

Es muß an dieser Stelle bemerkt werden, daß die Teilung sich im Laufe der Jahre verzogen hatte (besonders durch spätere Einfügung eines Metallbogens (AB in Abb. 30); z. B. ergab die Nachmessung des Winkels 45° auf dem Instrument jetzt die Größe 49°.

Jamnitzer hat *nicht* einen *beliebigen* exzentrischen Punkt gewählt; er war vielmehr bestrebt, diesen die harmonische Gesamtaufteilung der Fläche mitbestimmenden Punkt an die rechte Stelle zu setzen. Er verwendete deshalb zur Festlegung dieses Punktes das bei den Künstlern jener Zeit beliebte *Verhältnis des „Goldenen Schnittes“*; eine Nachmessung zeigt, daß der von Jamnitzer gewählte Drehpunkt P des Diopterlineals den Radius r der Scheibe golden teilt [62].

Wichtig ist noch ein Hinweis auf den Bau des *Einblickdiopters* des Diopterlineals, das eine Weiterentwicklung des bis dahin gebräuchlichen einfachen Lochdiopters darstellt: „1 Silbern absehen mit einem truchter (Trichter) und engen Löchlein“ (23); es war ein kleiner, silberner Zylinder mit sehr feiner Bohrung und aufgesetzter Kappe („truchter“). Dieselbe Vorrichtung verwendet Jamnitzer schon 1575 bei seinem Meßstab; sie ist in der Abbildung dieses Meßstabes (Abb. 27) links unten sichtbar. — Um das Visieren noch weiter zu verbessern, konnten *Brillengläser* vor das Diopter gesetzt werden: „5 Brillengleser zum absehenn“ (30). Es taucht damit wohl zum *ersten Mal* bei einem Feldmeßinstrument eine durch *Linsen* verbesserte Absehvorrichtung auf; das spätere *Diopterfernrohr* (17. Jh.) wird hiermit schon angekündigt [63].

Die *Bussole* (im Inventarverzeichnis „Compaß“ genannt) beherrscht die untere Hälfte der Meßscheibe und war für Richtungswinkel-Messungen (S. 92) notwendig; ihr Zentrum liegt nahezu in der Mitte des Scheibenradius. Sie sitzt auf einer Kreisscheibe, die ihrerseits in einer kreisförmigen aus der Meßscheibe ausgeschnittenen Öffnung so angebracht ist, daß sie sich in beide Flächen des Instrumentes drehen läßt; die Bussole war also *beidseitig* verwendbar.

In Abb. 30 ist die Bussole so gedreht, daß der *Bussolenboden* mit einem aufklappbaren Halbkreisbogen (mit Gradteilung) sichtbar ist. Die Scheibe, auf der die Bussole angebracht ist, besitzt eine Gradteilung; am drehbaren Bussolenhaus ist ein Weiser zur Einstellung der Mißweisung befestigt (beides in der Abbildung nicht sichtbar). Unterhalb der Bussolenscheibe gibt ein *Kreuzzeichen* (in der Abbildung bei C) eine *Mißweisung* von etwa $-8°$ an; der unter der Bussole befindliche Text weist auf die

Einstellung der Mißweisung hin: „In diesem Zirckel mit A.B.C.D. bezaichnet mist man die verrückung der mittags Linien".

Der Wert der Mißweisung von $-8°$ hätte für die Jahre um 1700 Gültigkeit gehabt; zu JAMNITZERS Zeit war etwa $+8°$ richtig. Es ist deshalb anzunehmen, daß JAMNITZERS ursprüngliche Markierung entfernt und das jetzt sichtbare Kreuz eingetragen wurde; dafür spricht auch die Form und das gegenüber den Buchstaben noch so frische Aussehen dieses Kreuzes. Daraus wäre auf die Benutzung des Instrumentes noch um 1700 zu schließen.

Damit waren alle Hilfsmittel vorhanden, um *Richtungswinkel-Messungen* durchführen zu können, mit der Skala der Bussole allein wohl seltener, für genaue Messungen mit der Gradteilung am Scheibenumfang.

Ein Eintrag im Inventarverzeichnis (S. 97) ist noch erwähnungswert, da er auf die häufige Anwendung einer bestimmten *Meßmethode* im Gelände schließen läßt: „... den Compaß braucht man, wen man mit (von!) einem Stand vielerley seiten mößen will".

Hatte man eine Standlinie AB ausgemessen und waren nun die Richtungswinkel von den Endpunkten A und B zu „vielerley" Punkten $P_1, P_2, P_3, \ldots$ im Gelände zu messen, so wurde das Instrument zuerst in A aufgestellt und die NS-Richtung festgelegt; danach waren die Richtungswinkel zu den Geländepunkten zu messen (also „mit 1 Stand"); dasselbe geschah im Punkt B.

In einem *Riß* ergaben dann die Schnittpunkte der Schenkel entsprechender Winkel die Punkte $P_1, P_2, P_3, \ldots$ Es handelte sich also um ein „Vorwärtseinschneiden". Nun konnten die Längen der „vielerley seiten" ($AP_1, BP_1, AP_2, \ldots$) dem Riß entnommen werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe dienten sicher auch die unter (16, 17) angegebenen Gegenstände: „1 Silbern Bletlein mit zweien Circkelrießen wen man mit zweien Stenden was abgemeßen, zum aufreißen wie weit man eine Rutten von einander gestanden, zu gebrauchen" (bei Abständen größer als eine Rute: Verwendung von zwei silbernen „Bletlein" mit je einem „Circkelrieß").

Aus diesen Angaben ist auf eine interessante *Technik des „Aufreißens"* zu schließen. An Stelle von Zeichenpapier wurden beim Arbeiten im Freien wegen der Witterungsverhältnisse dünne *versilberte Scheiben* („silberne Bletlein") verwendet; sie enthielten vorgezeichnete Kreise („Circkelrieße", sicher mit Gradteilung), für die Standorte A und B je einen, in die die gemessenen Winkel eingetragen wurden (mit hierfür geeignetem Stift).

Nach dem Inventarverzeichnis gehörte zur Meßscheibe eine *Reihe weiterer Instrumente*, die zur Herstellung der Risse gebraucht wurden: Lineal (18, 26), Winkel (19, 22, 27), Zirkel (28), Bussolen, zum Teil gleichzeitig Auftragsbussolen (11, 13, 14, 24, 25).

c) *Mittelbare Streckenmessungen*

Die Meßquadrate

Nach dem soeben geschilderten graphischen Verfahren konnten mit Hilfe von Winkelmessungen die Längen horizontal liegender, vom Standort ausgehender Strecken bestimmt werden.

Die obere Hälfte der Meßscheibe zeigt nun zwei aneinanderliegende *Meßquadrate*, für die dasselbe Diopterlineal wie bei den Winkelmessungen verwendet wurde. Damit konnten also mit Jamnitzers Meßscheibe auch *mittelbare Streckenmessungen* nach dem Meßquadratverfahren (S. 67) durchgeführt werden.

Die Meßquadrate besitzen noch die alte *12-Teilung* der Seiten (durch Unterteilung auf die Einheit 60 bzw. 120 erweitert); es ist festzustellen, daß demgegenüber Schissler bei seinem „Quadratum" schon neun Jahre vorher die *dezimale Einheit*, die 1000-Punkt-Teilung der Seiten, anwendet. Hier liegt bei Jamnitzer noch ein Beharren am Altüberlieferten vor.

Das *Meßprogramm*, das mit den Meßquadraten erledigt werden konnte, wurde oben (S. 97) im Zitat aus dem Inventarverzeichnis genannt: „... ein Instrument, doran man mit einem oder Zweien Stenden, weiten, höhen und tiefen mößen kan ..."; am Rand des Instrumentes selbst sind die entsprechenden Hinweise eingetragen (wobei der Ort der Eintragung keine besondere Bedeutung hat): „In die Hoch und Dieffe zu messen" und „weyten und Prayten zu messen".

Diese Formulierungen waren im 16. Jahrhundert üblich. Bei Besprechung des allgemeinen Meßquadrates (Kap. III. 1) wurde erläutert (S. 66f.), was hierunter zu verstehen ist, welche Meßaufgaben damit gemeint waren; ein Beispiel für eine mittelbare Streckenmessung mit dem Meßquadrat wurde hierbei behandelt. In dieser Weise war auch mit den Meßquadraten auf Jamnitzers Meßscheibe zu arbeiten; der Meister trägt zwei aneinanderliegende Quadrate ein, um bequem nach beiden Seiten messen zu können.

An dieser Stelle muß noch einmal betont werden, daß der Feldmesser das Meßquadrat — so auch bei Jamnitzers Instrument — *immer für mittelbare Streckenmessungen* benutzte. Diese Feststellung ist wichtig, weil M. Engelmann [6; S. 52] bei Anführung der Meßquadrate auf Jamnitzers Meßscheibe bemerkt, daß die geometrischen Quadrate im allgemeinen, im besonderen die der Meßscheibe Jamnitzers, zur „Prüfung der Richtigkeit der Winkelmessung" verwendet wurden. Dies ist falsch; das gilt auch für seine Feststellung (S. 51): „Die Teilung (des geometrischen Quadrats) diente gleichen Zwecken wie die Hauptteilung (d. h. die Gradskala)."

Die „zinnerne Tafel"

Im Inventarverzeichnis wird noch eine „Zinnern tafel dorauf man sehen kan, was man im abmeßen gefunden, wievill es Rutten sein" (7) genannt; sie wurde also zur *Auswertung von Meßergebnissen* verwendet. — Nach Aussage des Textes wurde diese Tafel gebraucht, nachdem man „abgemessen" hatte. Ein Ablesen an der Grad- oder Meßquadrat-Skala ist mit dem Begriff „abmessen" nicht gemeint; dafür sagte man im allgemeinen „absehen" (vgl. Eintragung auf dem Instrument innerhalb des halben Sechsecks: „... was auf dem instrument abgesehen ist worden").

Es handelt sich also hier um ein „Abmessen" von *Strecken eines gezeichneten Risses*. Die zinnerne Tafel (Verwendung von Metall wegen des Arbeitens im Freien!) enthielt dann wahrscheinlich die wahre Länge in Ruten für in einem bestimmten Maßstab gezeichnete und abgemessene Strecken, und zwar in *tabellarischer Anordnung*, etwa so: 1 Skalenteil eines verwendeten Maßstabes entsprach 2 Ruten, 2 Teile $\triangleq$ 4 Ruten usw.

Als Maßstab diente ein „Liniall" aus Messing (18 Hauptteile, je 5fach unterteilt) „zur Zinnern tafel zu brauchen" (8). — Mit Hilfe von Tafel und Lineal ließen sich natürlich auch Strecken bestimmter Ruten-Länge verjüngt aufzeichnen [64]. —

Im nächsten Abschnitt (Der Zirkel *ABCD*) wird auf die zinnerne Tafel noch einmal verwiesen.

Der „Zirkel“ ABCD

Die Verwendung des in der Abbildung über den Meßquadraten gelegenen leeren *Kreises ABCD* wird von JAMNITZER im beigefügten Text (innerhalb des halben Sechsecks) genannt: „In diesem zirckel mit A.B.C.D. bezaichnet mist man die Lenng, Hoch, brayten, was auff dem instrument abgesehen ist worden.“

Es fällt auf, daß diese unvollständige Kreisfläche nur ein rechtwinkliges Achsenkreuz besitzt, aber keine Gradteilung des Umfanges, keine Teilungen der Achsen. Da in diesem Kreis nach Ablesung am Instrument (an der Gradteilung) *Strecken* gemessen werden sollten, wird die Kreisfläche — der Durchmesser betrug immerhin 12 cm — zum *Zeichnen* (mit geeignetem Stift) *von rechtwinkligen Dreiecken*, den auszumessenden Dreiecken ähnlich, gedient haben. Bei Benutzung eines der rechten Winkel des Achsenkreuzes, dem gemessenen Winkel und einer bekannten Seite ließ sich das verjüngte Dreieck im Kreis zeichnen und aus ihm die gesuchte Seite („Lenng, Hoch, brayte“) abmessen; aus der zinnernen Tafel ergab sich dann die wahre Größe dieser Strecke [65].

Dieses *graphische Verfahren* der Streckenmessung wurde wahrscheinlich für eine rasche Orientierung während der Vermessung angewendet. Die Kreisfläche zeigt noch in der Abbildung Spuren von ausradierten Zeichenlinien; die Marke, die der kleine *Stern* darstellt, ist nicht deutbar (vielleicht wurde er erst später hinzugefügt).

Die Halbkreistabelle

Die Meßtafel bietet noch weitere interessante Einzelheiten. Dem Betrachter fallen sofort die sechs aneinanderliegenden *Halbkreisringe* innerhalb der Meßquadrate auf. Sie enthalten im innersten Ring die Zahlen 1, ..., 60; in den sich anschließenden fünf Ringen stehen die Vielfachen (2, 3, 7, 9, 16) dieser 60 Zahlen. Also war es eine *Multiplikationstabelle.* Warum aber fehlen die Vielfachen 4, 5, 6, 8, 10, ..., 15, und warum enden sie mit 16?

Diese Fragen finden ihre Klärung, wenn man die Übersicht der Längenmaße (S. 33) betrachtet und die auf S. 97 wiedergegebene Eintragung im Inventarverzeichnis berücksichtigt (man kann „derselben Ruthen, Clafftern, Lachtern, Schritt, Eln oder Schuhe wißen“). Diese in „Schuh“ umgerechneten Maße ergeben in der genannten Reihenfolge die Zahlen 16, 9, 7, 3, 2.

Es liegt also in der Halbkreistabelle eine sehr praktische *Umrechnungstafel für diese damals gebräuchlichsten Längenmaße* vor, eine von JAMNITZER gefundene, interessante, für seine Zeit wohl einmalige Lösung des Problems der *tabellarischen Maßumrechnung*, auf dem Meßinstrument selbst untergebracht. Der angeführte Hinweis im Inventarverzeichnis bezieht sich demnach auf diese Halbkreistabelle des Instrumentes. Man mußte sie gut zu lesen verstehen; dann waren die Umrechnungen leicht durchführbar. Es sei ein *Beispiel* angeführt (in Abb. 30 sind die folgenden Zahlen noch mit einer Lupe ablesbar).

Es sind 112 Schuh in Ruten, Klafter usw. umzurechnen:

112 im größten Halbkreis gesucht, ergibt in derselben Spalte des kleinsten Halbkreises 7 Ruten;

112 im folgenden Halbkreis gesucht (dort nicht vorhanden, dafür 108), ergibt unten 12 Klafter + 4 Schuh;

112 im dritten Halbkreis gesucht, ergibt unten 16 Lachter;
112 im vierten Halbreis gesucht (dafür 111), ergibt unten 37 Schritt + 1 Schuh;
112 im fünften Halbkreis gesucht, ergibt unten 56 Ellen.

Die Begrenzung der Tabelle mit der Zahl 60 im kleinsten Halbkreis ist wahrscheinlich auf die Verwendung der 60-Teilung der Meßquadratseiten zurückzuführen; sie reichte aus, da bei größeren Maßzahlen mit Aufteilung der betreffenden Zahl gearbeitet werden konnte.

Eine „*Regel*" („uf der Scheiben zu brauchen wen man die vorenderunge der Clafftern, Schrit, elen und Schuch finden will" (20)) konnte an Stelle des Diopterlineals in *P* drehbar befestigt werden und glitt über die Halbkreistabelle, so daß zusammengehörige, untereinanderstehende Werte der sechs Halbkreisringe gut abzulesen waren.

d) Die Trapez-Skala

Die freie Fläche im Inneren der Halbkreise ist durch eine *Trapez-Figur* (ein halbes regelmäßiges *Sechseck*) mit Seitenteilungen ausgefüllt. Die drei gleichlangen Seiten tragen Teilungen in acht Hauptabschnitte (mit je zehn Unterteilen), durchgehend beziffert von 1 bis 24; unter jeder Zahl (außer 24) ist ein Buchstabe des Alphabets eingetragen (bei Auslassung von U und W). Die Teilungen sind auf den Drehpunkt des Diopterlineals bezogen, so daß also hier an den Skalen Ablesungen nach dem Visieren vorgenommen wurden.

Ein Gebrauch für Zwecke der Feldvermessung kann nicht vorgelegen haben, da die Teilung eine praktisch-geometrische Verwendung kaum zuließ. Der *Text am oberen Scheibenrand* (rechts von der Mitte) bezieht sich auf diese Teilung: „Diese thailung gehort gegen dem mon(d)". Es wurde also der Mond anvisiert und seine Stellung in einem der 24 Abschnitte bestimmt, d. h. der „Punkt", in dem die Visierlinie die Skala schneidet, abgelesen. Eine *astronomisch-astrologische Verwendung* dieser Teilung ist damit offensichtlich [70].

In der *Astrologie* wurde ja dem Mond, den man — ebenso wie die Sonne — den fünf bekannten Planeten zurechnete, die stärkste Einwirkung auf die Geschicke zugeschrieben, so daß für die Aufzeichnung der *Aspektschemen* (Darstellung der Planetenstellungen zu einem bestimmten Zeitpunkt), die die Sechseckfigur enthielten, und für *Horoskop-Berechnungen* die Mondstellung bestimmt werden mußte. Dazu hat wohl die Trapez-Skala gedient; hierbei entsprachen wahrscheinlich immer mehrere Abschnitte der 24teiligen Skala den bekannten 12 astrologischen „Häusern" (eingeteilt in Zehntel oder „Dekane"), in denen ein Planet stehen konnte.

An der von Jamnitzer für diese Skala gewählten Stelle der Meßscheibe war noch Platz, außerdem war dort das notwendige Diopterlineal vorhanden, so daß er auf der für geometrische Messungen bestimmten Scheibenfläche noch diese für astrologische Zwecke benötigte Meßskala vorteilhaft anbrachte.

e) Die Bogen-Skala

Eine letzte Skala auf der Meßscheibe ist nun noch zu nennen; in der Abbildung ist sie nicht zu erkennen. Sie befand sich auf einem in die Scheibe konzentrisch zur Gradteilung (von 33° bis 90°) eingesetzten *Silberbogen AB*. Dieser Bogen war *ursprünglich nicht vorhanden*; wann er angebracht wurde, ist nicht festzustellen.

Jedenfalls hat diese Einfügung sicher mit dazu beigetragen, daß die Genauigkeit der Gradteilung verlorenging (S. 99).

Die *Bogen-Skala* war eine sich verjüngende Teilung, von 1 bis 20 (nahe 90°) beziffert. Es ließen sich mit ihr *Entfernungen* bestimmen; sie entsprach den *Verhältnisskalen*, die in Kapitel IV besprochen wurden.

Abschließend sei noch auf die *Ausschmückung* der freien Flächen innerhalb der Meßquadrate hingewiesen. Ein mit seinen Studien beschäftigter Mathematiker bzw. Astronom in arabischer Kleidung (links) wird vom Todesengel, der ihm mit abgewendetem Gesicht das Stundenglas entgegenhält (rechts) in seiner Arbeit unterbrochen: „Bedenke, rastloser Forscher und Wahrheitssucher, deine Lebensuhr ist bald abgelaufen!" scheint dieser ihm zuzurufen. Symbolisch wollte wohl Jamnitzer damit zum Ausdruck bringen, wie jäh wichtige Forschungsarbeiten durch den Tod beendet werden können. — Ob er hierbei auch an sich selbst dachte? Sieben Jahre nach Fertigstellung seiner Meßscheibe endete sein Leben und kurz darauf das des Kurfürsten August von Sachsen, des Besitzers dieses Instrumentes.

f) Zusammenfassung

Ein Vergleich der beiden bedeutenden Feldmeßinstrumente des 16. Jahrhunderts, Schisslers „Quadratum" und Jamnitzers Meßscheibe, scheint nahezuliegen; da sie aber für verschiedene Zwecke geschaffen wurden, soll nur eine Feststellung getroffen werden: Beide Werke sind mathematisch-technische *Spitzenleistungen* der Meister. Das „Quadratum" ist Höhepunkt der historischen Entwicklung dieser Instrumentengattung, die Meßscheibe ist ebenso ein Höhepunkt — und zwar unter den als Universalmeßinstrumente für Feldmesser jener Zeit zu bezeichnenden Geräten.

In dieser Meßscheibe sind Bussolen-Instrument, Meßquadrat, Berechnungs- und Zeichenhilfen für die Auswertung der Messungen, dazu noch Meßeinrichtungen für astronomisch-astrologische Arbeiten in großartiger Kombination in einem Gerät miteinander vereinigt. Wenn Wenzel Jamnitzer mit dieser Meßscheibe auch nicht „bahnbrechend Neues" geschaffen hat (wie M. Engelmann bemerkt [6; S. 52]), so besitzt sie doch *beachtliche praktische Neuerungen* und ist ein glänzendes Zeugnis für das große Können dieses Nürnberger „Mathematikus und Künstlers" des 16. Jahrhunderts, ein besonders schönes Beispiel lebensvoller, lebendiger Mathematik der Renaissance.

4. Thobias Volckmar und sein mathematisches Meßkästchen (1589)

Thobias Volckmar, Bürger und Hofgoldschmied in Salzburg, überreichte am 30. 1. 1591 in Dresden dem Kurfürsten Christian I. (geb. 1560, Kurfürst seit 1586 — nach dem Tod seines Vaters August) ein von ihm 1589 gefertigtes *mathematisches Meßkästchen* (Abb. 32 und 33) mit *handschriftlicher Gebrauchsanweisung* und beigefügter *Widmung* in Form eines Briefes. Dieses Kästchen, ein Bussolen-Instrument mit noch anderen Meßeinrichtungen, und die Handschrift — beide aufbewahrt im MPhS — wurden vom Verfasser noch vor ihrem Verlust 1945 untersucht; im folgenden

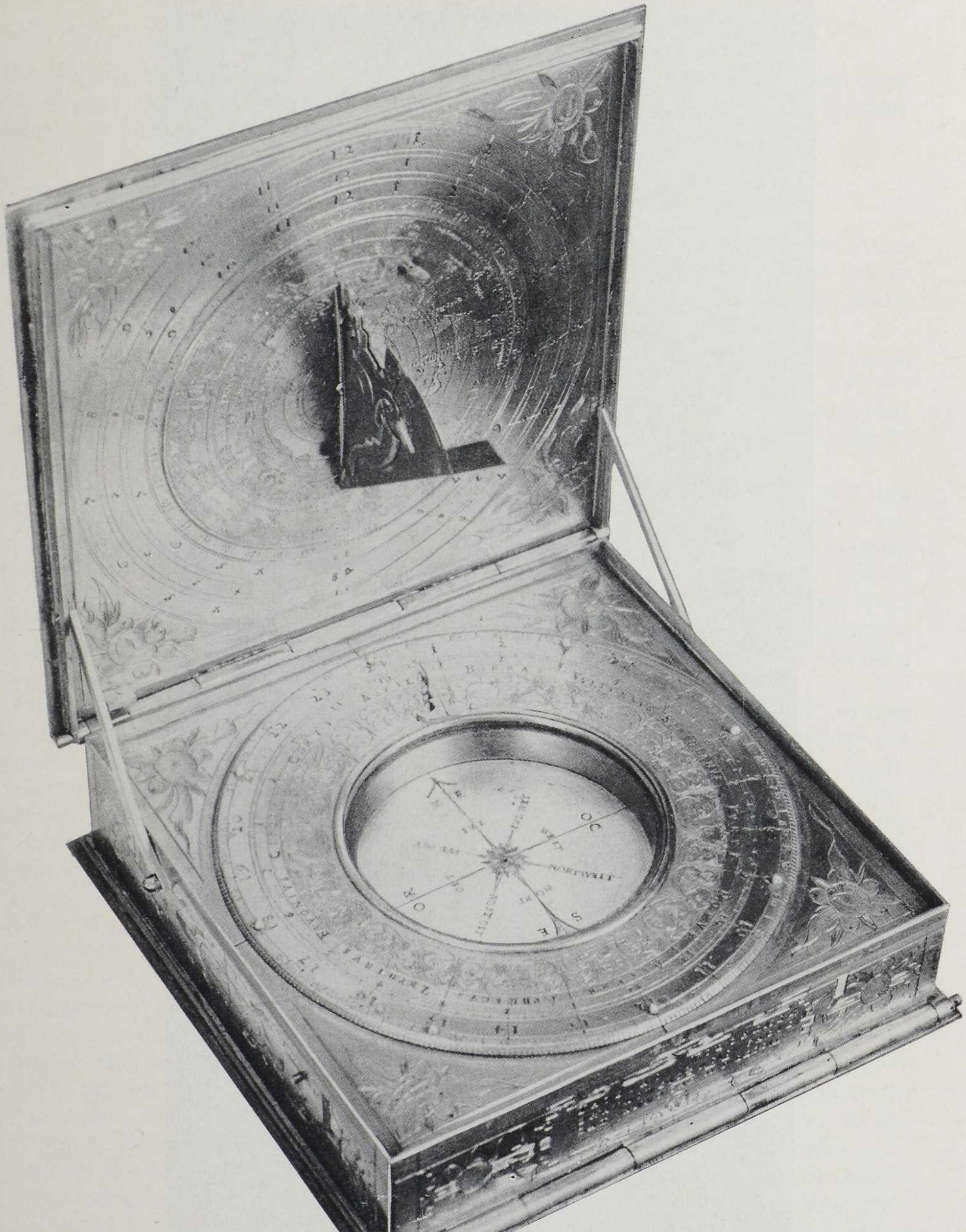


Abb. 32
Das mathematische Meßkästchen von Thobias Volckmar (1589)
(Instrument aufgeklappt; unten: Bussole, oben: Sonnenuhr)

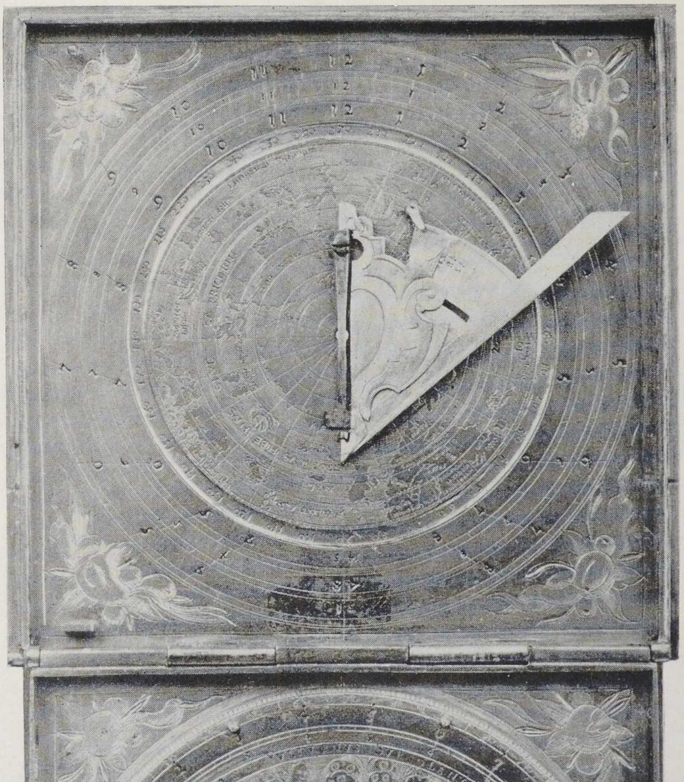


Abb. 33
Das mathematische Meßkästchen von THOBIAS VOLCKMAR (1589)
(unten: Bussole; oben: Sonnenuhr mit Karte der südlichen Erdhälfte)

sollen sie eingehend besprochen werden. — Mit Thobias Volckmar tritt nun nach dem Mechaniker-Dreigestirn der Renaissance, Jamnitzer, Schissler und Trechsler, ein vierter anerkannter Meister in den Kreis unserer Betrachtung.

a) Thobias Volckmars Beziehungen zu Dresden

Über die Beziehungen des aus Braunschweig stammenden Goldschmiedemeisters Thobias Volckmar zu Dresden ist bisher nichts bekannt; auch über seine frühen Meisterjahre ist nicht viel auszusagen. Als ältestes Werk Volckmars wird ein *Astrolabium* von 1582 genannt (nach E. Zinner [47; S. 575]).

Es finden sich verschiedene Schreibformen seines Namens: Tobias Volch(h)amer, Volchmer, Volkmer. Der Meister signiert das Dresdner Instrument mit „Tobias Volchkmer Braunsweigensis faciebat Anno 1589"; in seiner Handschrift von 1591 unterschreibt er mit Thobias Volckmar. Diese Form soll weiterhin gebraucht werden.

In Braunschweig ist nichts über ihn zu erfahren (geboren um 1550); im Jahre 1586 wird er Bürger der Stadt *Salzburg* und ist dort als „Hoffgoldschmidt" tätig. Er „diente auch seinem Herrn, dem Erzbischoffen Wolffgang Ditterich in anderen *Mathematischen und Geometrischen sachen*". Diese Bemerkungen finden sich in seinem oben genannten *Widmungsbrief* aus Dresden vom 30. 1. 1591. Dieser Brief wird im Wortlaut wiedergegeben [66] — des Inhalts wegen und zur Kennzeichnung der Persönlichkeit Volckmars und der Form des schriftlichen Verkehrs zwischen Bürgertum und Adel der damaligen Zeit.

Diesem Schreiben ist zu entnehmen, daß Volckmar im Herbst 1590 „etlicher Ursach halben das geliebte Vaterland, die Stadt Braunschweigk", von Salzburg aus besuchte. Die Rückreise unterbrach er in Dresden; dort überreichte er dem kunstsinnigen, aber kranken Kurfürsten, dem „liebhaber der Mathematischen und Geometrischen sachen und Instrumenten", am 30. 1. 1591 sein Werk. Dabei hat er den Wunsch gehabt (ohne dies im Schreiben direkt auszudrücken), in des Kurfürsten Dienste treten zu können.

Unmittelbar danach hat ihn Christian I. „zu seinem Diener begeret" (nach einem zweiten Brief, einem *Dankschreiben* Volckmars an den Kurfürsten, in Dresden am 7. 2. 1591 geschrieben). Dieses Dankschreiben wurde wohl nach dem Lesen — vielleicht vom Kurfürsten selbst — Volckmars Gebrauchsanweisung zu seinem Instrument beigelegt; so gelangte es nicht in die kurfürstliche Kanzlei zur Ablage und wurde bei der Bearbeitung der Handschrift nach Jahrhunderten dort noch vorgefunden. Da so wenig über Volckmar zur Zeit seines Salzburger Aufenthaltes bekannt ist, wird der Text des zweiten Briefes auch im Wortlaut wiedergegeben [67].

Aus dem Schreiben geht hervor, daß Volckmar grundsätzlich bereit war, in des Kurfürsten Dienste zu treten (mit diesem Wunsch kam er ja letzten Endes nach Dresden); er wollte dies tun, da „ihn in Salzburg die gefahr der Religion besorgt". Da er anscheinend nicht Katholik war, scheint er am Hof des strengen Salzburger Erzbischofs Wolf Dietrich von Raitenau (1587—1612) einen schweren Stand gehabt zu haben; im lutherischen Dresden nun hofft er, „dieser Orts ruhe also zu haben".

Volckmar mußte in seinem Schreiben die im Feudalstaat seiner Zeit vom Untertanen verlangte unterwürfige Form der Anrede anwenden, vor allem wenn es sich — wie in seinem Fall — um vorzutragende Bitten handelte. Darüber hinaus ist er aber in seiner Schreibweise erfreulich sachlich und bestimmt bei der Darlegung der lebens- und schaffensnotwendigen Voraussetzungen für seine Tätigkeit, bei der Bitte um Gewährung von guten sozialen Arbeitsverhältnissen.

So knüpfte er eine Reihe Bedingungen an seine und seiner Familie (Frau, drei Kinder, Lehrjunge und Dienerin) Übersiedlung nach Dresden. Er bittet, entweder dem Hofe, frei aller Steuern, dienen zu können oder als Dresdner Bürger in die Goldschmiedezunft aufgenommen zu werden, um dann einen „offenen Laden" einzurichten; außerdem wird ein Unkostenbeitrag zum „auffzug" (Umzug) erbeten.

Nach diesem Schreiben taucht der Name Volckmar in Dresden nicht mehr auf; der Plan der Übersiedlung hat sich sicher durch den frühen Tod des Kurfürsten noch im selben Jahr (25. 9./15. 10. 1591; alter bzw. neuer Kalender) zerschlagen. — Das Werk des Meisters blieb in Dresden zurück.

Damit endete diese Dresdner Episode im Leben Volckmars. Berücksichtigt man seine erfolgreiche Tätigkeit als Goldschmied, Feldmesser und Mechanikus seit 1594 im Dienst der *bayrischen Herzöge in München*, so ist es für Kursachen wohl als bedauerlich anzusehen, daß es nicht zu einem Wirken Thobias Volckmars in Dresden kam; es hätte dabei hier auch zu fruchtbarer Zusammenarbeit mit Christoph Trechsler und Matthias Öder kommen können. — Über den weiteren Lebensweg Volckmars und seine Arbeiten in dieser Zeit wird in Anmerkung [68] berichtet.

b) Thobias Volckmars Handschrift von 1591

Die von Volckmar 1591 geschriebene *Gebrauchsanweisung* zu seinem Meßkästchen, das von E. Zinner [47; S. 575] in einer kurzen Beschreibung „Büchsensonnenuhr" genannt wird (eine Bezeichnung, die freilich nur *eine* Verwendungsmöglichkeit des Instrumentes kennzeichnet), trägt folgenden Titel:

„Eine Kurtze und grundliche Ahnleitung von gebrauch und nutz dieses gemachten Instruments mit seinenn zugeeigneten Angulis durch Thobias Volckmar von Braunschweigk. Itze der Zeit Burger und Hoffgoldschmidt zu Salzburgk von Neuen gemacht und beschrieben. 1591."

Die Handschrift beginnt mit dem Widmungsbrief an den Kurfürsten Christian I. Ihm folgt eine „*Vorrede an den Leser*"; hier finden sich die auf S. 25 angeführten Worte des Lobes der „Kunst der Geometria des Meßens". Weiter ist aus der Vorrede ersichtlich, daß Volckmar die mathematische Literatur gut gekannt hat; in Salzburg, in der Bibliothek des Benediktinerstifts St. Peter, hatte er auch reichlich Gelegenheit, alte und neue Schriftsteller zu studieren.

Da er zum größten Teil die alten *römischen Maße* verwendet („wie ich sie in etlichen geometrischen Büchern gefunden"), hat er vielleicht in den Werken der römischen Feldmesser (Agrimensoren), sicher auch in Gerberts „Geometria" und des Rivius „Perspectiva" (vgl. S. 21f.) gelesen [69]. Bücher vom *Bergbau*, der im Salzburger Land sehr verbreitet war, muß er auch kennengelernt haben, da er „kein Bergmann ist und doch darüber schreibt".

Seine Schrift ist gut gegliedert und für die Zeit recht klar und ohne Breite geschrieben — „umb geliebter Kürze willen"; sie zeugt für seine umfassende mathematische Bildung, das Instrument für sein starkes künstlerisches Gestaltungsvermögen. Bescheiden widmet er beide „anfahenden (d. h. lernenden) Kunstbegierigen", hält aber voll berechtigtem Stolz die Hände darüber und wehrt mit den

Worten, die an Luthers Sprache anklingen, Neider und Tadler von vornherein ab: „Will auch den neidischen mißgonnern und rumbegierigen Thadlern, welche nichts behagt noch gefelt, dann was allein aus ihren Händen kommt, hiemit gesagt haben, das sie diese meine Arbeit, solange bis sie es besser aus ihrer Werkstatt bringen, ungetadelt lassen."

Die mit dem Instrument zu lösenden *Aufgaben* werden in drei Teilen der Handschrift erläutert; hierbei lernt der Leser die Einzelheiten des Gerätes kennen. Die notwendigen geometrischen Zeichnungen sind rot ausgeführt; blau kolorierte Tuschzeichnungen illustrieren den betreffenden Meßvorgang. Es sind meist befestigte Plätze dargestellt, deren Höhe, Entfernung usw. die Belagerer zum Zwecke der Beschießung bestimmen; Abb. 35 zeigt ein Stück einer Seite der Handschrift.

Der Inhalt der drei Teile ist — kurz zusammengefaßt — folgender:

1. Teil (20 Blätter): Strecken- und Winkelmessungen (Messung der „hohe, tieffe, breite, weite, lenge" — „Vestung und allerhand gebeutte in den Grund zu legen", d. h. Grundrißzeichnungen zu fertigen)

1. Kapitel: Die Maße — Römische Maßeinheiten — werden angegeben: „Digitus, Uncia, Palmus, Spithama, Pesi, Cubitus, Passus, Pertica, Stadium" und schließlich die S. 34 genannte „Teuzsche Meill" (= 1800 Ruten)

2.—5. Kapitel: Definition geometrischer Grundgebilde (Linie, Fläche, Körper); Figuren (insbesondere das Dreieck oder „Triangel", vor allem das *rechtwinklige Dreieck*, die Grundfigur des damaligen Feldmessers, mit den Bezeichnungen der drei Seiten: „Hypothenusa, Cathetus, Basis" — Basis, d. h. *die* Kathete, „auf der das Dreieck steht", in Abb. 3a: AC)

6.—12. Kapitel: Ausmessungen von *rechtwinkligen* Dreiecken
6., 7., 8. Kap.: Höhen- und Tiefenmessungen
9. Kap.: Flußbreitenbestimmung
10., 11., 12. Kap.: Messung von zwei Standorten

13., 14. Kapitel: Ausmessung von *beliebigen* Dreiecken (spitz- und stumpfwinklig)

15.—18. Kapitel: Meßbeispiele, bei denen mehrere Grundaufgaben nacheinander gelöst werden müssen, um zum Endergebnis zu kommen (Bestimmung der Höhe eines über dem Horizont des Beobachters liegenden Objekts, Unterminierung einer Festung)

19. Kapitel: Die Erdkarten des Instrumentes, Horizontalwinkelmessungen mit der Bussole

20., 21. Kapitel: Die Winde

2. Teil (13 Blätter): Die Anwendung des Instrumentes in der „Astronomia" (Astrolabium und Horizontal-Sonnenuhr)

3. Teil (4 Blätter): „Vom Bergschienen, welches man auch Markscheiden nennet".

c) *Der Aufbau von Volckmars Meßkästchen*

Die Abbildungen 32, 33, 34 lassen den Aufbau des Meßkästchens gut erkennen, wenn auch nicht jede Einzelheit sichtbar ist. Nach Volckmars eigenen Worten im Titel seiner Handschrift (S. 108: „von Neuen gemacht") hatte er schon ähnliche Instrumente vorher geschaffen.

Das Dresdner Meßkästchen, aus feuervergoldetem Messing gefertigt, besaß die Ausmaße 12 × 12 × 2,5 cm; es war also ein sehr kleines *Bussolen-Instrument*, vor allem verglichen mit den bisher besprochenen Geräten. Freilich ist die Bussole mit ihren Skalen — wie Abb. 32 zeigt — von beachtlicher Größe; sie nimmt ja fast die gesamte Quadratfläche im Innern des Kästchens ein. Die rechteckigen Seitenflächen sind mit Gravierungen verziert; die vorderste Fläche (Abb. 32 unten) enthält den auf S. 107 genannten Text.

Deckel und Boden des Kästchens sind aufklappbar; ihre vier Flächen sind für die Vermessungs- und Berechnungsarbeiten hergerichtet.

Der Hohlraum unter der Bussolenscheibe diente zur Aufnahme von *Hilfsgeräten* und *Zubehör:*

(1) ,,*Regel des Absehens* mit den löchlein oder pinula''; beim Arbeiten wird die Mitte dieser kleinen Al-idade im Zentrum der Oberseite des Deckels drehbar aufgesetzt.

(2) Kleine *Lote* zum Ausrichten des Kästchens,

(3) zwei ,,*Regeln*'' (Lineale) zum Aufsetzen auf die Außenseite des Bodens; Abb. 34 zeigt eine so befestigte ,,Regel'',

(4) ,,*Taffel der Stedte* der Longitudo (Länge) und Latitudo (Breite)''; sie enthält 55 Städte — nach der Breite von 44°—52° geordnet; die Breiten stimmen mit den heutigen überein, die Längen sind auf *Ferro* bezogen, differieren aber um einige Grade gegenüber den genauen Werten (z. B. ,,Dreßden: La. 51°, Lo. 36°'' gegenüber 31°24′ ö. F. — vgl. S. 48),

(5) *Meßschnur* (auf eine Rolle gewickelt),

(6) ,,*Ein alter und ein neuer Kalender*'' (1582 tritt der neue, der Gregorianische Kalender an Stelle des Julianischen Kalenders).

Fünf Flächen des Meßkästchens werden bei den Vermessungs- bzw. Berechnungsarbeiten gebraucht:

(1) *Die Oberfläche des Deckels* (in den Abbildungen nicht sichtbar). Es ist hier eine 360°-*Teilung* angebracht, dazu Angabe der vier *Himmelsrichtungen* durch die Markierung der Mitten der vier Quadratseiten (vgl. entsprechende Markierungen in Abb. 33, untere Hälfte). Auf der Innenfläche der Kreisteilung ist die *nördliche Erdhälfte* in einer Polarprojektion dargestellt; der Nordpol liegt im Kreiszentrum. Hier wird die oben genannte ,,Regel des Absehens'' aufgeschraubt, um Winkel mit der 360°-Teilung zu messen.

Bei der Durchführung von *Vertikalwinkelmessungen* war der Deckel durch Stützen senkrecht zu stellen; Abb. 32 zeigt diese Stellung.

(2) *Die Innenfläche des Deckels* (sichtbar in Abb. 32 und 33, obere Hälfte). Hier befindet sich eine *Horizontal-Sonnenuhr* mit einer 4-12-8-*Stundenteilung* (3fach; für die Polhöhen 45°, 48°, 51°). Im Zentrum der Fläche ist ein umlegbares *Poldreieck* eingesetzt; seine lineare Kante ist der Schattenstab der Sonnenuhr. Man kann am Dreieck die drei genannten Polhöhen einstellen; bei Gebrauch der Sonnenuhr ist der Deckel zurückzuschlagen (wie Abb. 33 zeigt) und in waagerechte Lage zu bringen.

Auf der Innenfläche der Teilungen ist die *südliche Erdhälfte* dargestellt. Die Gradteilung dieser Erdkarte ist auf *Ferro* bezogen, wie eine genaue Betrachtung des kleinen Kartenbildes (Abb. 33 oben) — vielleicht nach Karten des Ortelius [25] gefertigt — erkennen läßt. Ganz nahe am Äquator (Abb. 33: größter Kartenkreis) ist an der afrikanischen Westküste eine Insel (wahrscheinlich heutige Insel S. Thomas) mit dem Längengrad 30 sichtbar; dieser Wert ist richtig bei Bezug auf den Nullmeridian Ferro. Ein kleines Stück dieses Meridians mit der Breitengrad-Teilung ist westlich der Insel (bei 360°) sichtbar.

(3) *Die Bussolenfläche* (sichtbar nach Hochklappen des Deckels; Abb. 32 und 33 unten). Das *Bussolenhaus* (am Boden die Eintragung der *Himmelsrichtungen* — deutsch und lateinisch) ist beweglich in die Mitte einer Kreisscheibe eingesetzt; diese Scheibe mit den Teilungen liegt — ebenfalls drehbar — auf der quadratischen Gehäusefläche, deren freie Ecken Verzierungen besitzen. Ein sehr eng — aber doch drehbar — am Bussolenhaus anliegender *Ring* trägt einen *Zeiger* zur Einstellung der Mißweisung.

Es sind *drei Teilungen* angebracht: Viermal 90° (0—90—0—90—0; Ablesegenauigkeit: $^1/_2$°) und die bergmännischen Stundenteilungen, d. h. einmal 24 und zweimal 12 Stunden (für beide eine gemeinsame Viertelstunden-Unterteilung).

Unterhalb dieser Teilungen sind die Namen von zwölf „*Winden*" der Windrose und damit im Zusammenhang „Windköpfchen" mit Wolkenbildungen (die den Witterungscharakter des betreffenden Windes darstellen sollen) eingetragen. — Volckmar nennt in seiner Schrift die *Reihenfolge der Winde* (wie üblich lateinische bzw. griechische Namen, beigefügt die heutigen Abkürzungen), geordnet in vier Gruppen zu je drei Winden, wobei der Wind der Hauptrichtung in der Mitte steht:

„*Von Mitternacht kommend:* Corus (NNW), *Aquilo* (N), Boreas (NNO);
vom Aufgang der Sonne: Vulturnus (ONO), *Supsolanus* (O), Eurus (OSO);
von Mittag: Notus (SSO), *Auster* (S), Aphricus (SSW);
vom Niedergang der Sonne: Zephirus (WSW), *Favonius* (W), Circius (WNW)".

Abb. 32 zeigt die notwendige *Einstellung des Instrumentes in Normallage, um Richtungswinkel-Messungen* vorzunehmen (der Deckel muß hierbei wegen des Visierens nach hinten geklappt werden).

Die Teilkreisscheibe ist so gedreht, daß 24 bzw. 0° auf der markierten Mitte der oberen Kante steht; die ME/SE-Achse der Bussole ist durch Drehung des Bussolenhauses in Richtung 24/12 gebracht worden (in der Abbildung ist die Bussole um 180° verdreht; ME muß unten liegen). Der Zeiger am Bussolenhaus wurde auf eine Markierung am Teilkreis, die eine *Mißweisung* von + 9° angibt, gestellt.

Wird nun das Kästchen so gedreht, daß die Nadel auf diese Pfeilrichtung einspielt, so verläuft die linke bzw. rechte Kante des Kästchens in NS-Richtung. Man kann *längs dieser Kanten* bzw. *über zwei „Spitzlein"* (bei 24 und 12 sichtbar) visieren und gewinnt damit den N- bzw. S-Punkt im Gelände; mit Hilfe der zur NS-Richtung parallelen unteren Gehäusekanten läßt sich auch diese Richtung auf Papier eintragen. — Man soll beim Arbeiten das Instrument auf einen „stuell" setzen und vor der Messung mit einem Lot ausrichten.

Um nun den *Richtungswinkel eines Geländepunktes* zu bestimmen, wird das Kästchen in dieser Grundstellung festgehalten und die Teilkreisscheibe so gedreht, daß die Achse 24/12 den Punkt einzielt. Die Markierung der oberen Kante zeigt am Grad- oder Stunden-Teilkreis die Größe des gesuchten Winkels.

(4) *Die Innenfläche des Bodens* (in den Abbildungen nicht sichtbar). Diese Fläche zeigt die *Liniensysteme eines Astrolabiums* (Planisphäre), diente also für *astronomisch-astrologische Messungen* und Bestimmungen [70]; hierzu gehörte auch

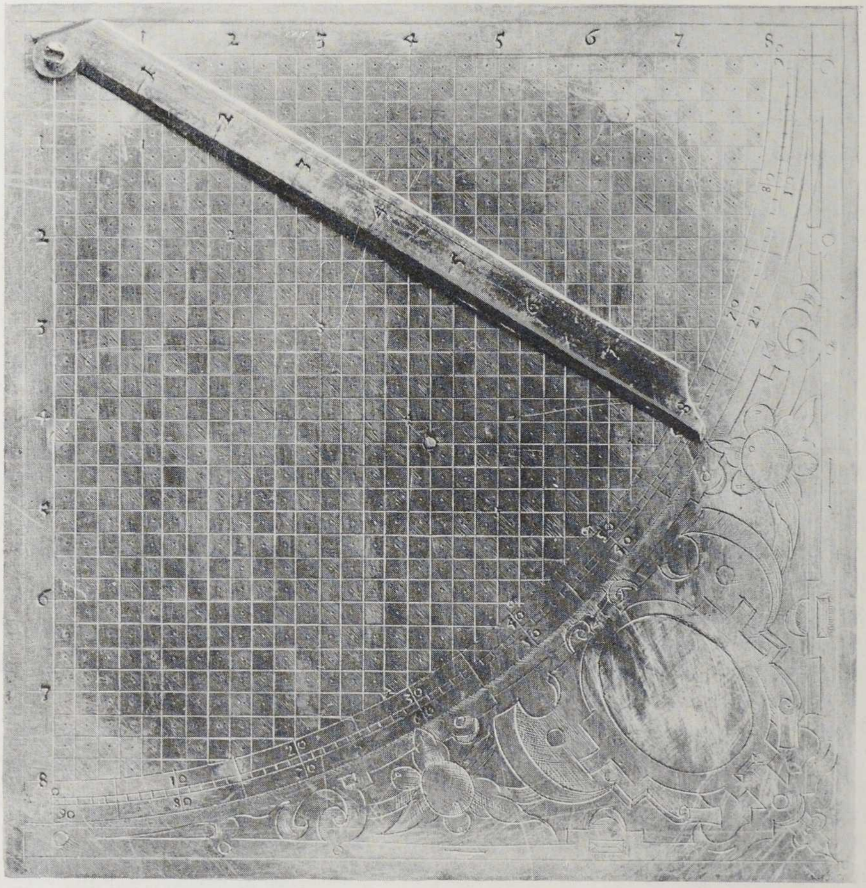


Abb. 34
Der Boden des mathematischen Meßkästchens von Thobias Volckmar (1589)

die schon genannte Sonnenuhr auf der Innenfläche des Deckels. Volckmar geht in seiner Schrift ausführlich auf die mit diesem Teil seines Instrumentes zu lösenden Aufgaben ein.

(5) *Die Außenfläche des Bodens.* Diese Fläche ist in Abb. 34 wiedergegeben; Abb. 35 zeigt Volckmars Zeichnung dieser Fläche aus seiner Handschrift. Die Eintragungen „umbra rectae“ und „umbra versae“ an zwei Seiten des gezeichneten Quadrates lassen vermuten, daß es sich bei dieser Instrumentenfläche um ein Meßquadrat handelt. Dies ist aber nicht der Fall — die Seitenbezeichnungen sind auch am Instrument nicht angebracht. — Die Mitte des durch Gravierungen verzierten Teiles der Quadratfläche bildet — wie beim Instrument von Puchner (Abb. 24) — ein Oval; man hat wohl auch hier das kursächsische Wappen ausradiert.

Auf der Quadratfläche ist ein *Quadrantbogen mit Gradteilung* (nach beiden Richtungen beziffert) eingetragen. Ein *quadratisches Netz* überzieht diese Quadrantfläche. Die Teilungen von zwei Quadratseiten sind von 1 bis 8 beziffert (mit Viertelteilung). Die „*Regel*" (ohne Diopter) ist in derselben Einheit eingeteilt; sie läßt sich auf einen bestimmten Winkel einstellen. — Die Erläuterung der Verwendung dieser Quadrantfläche bei den *Streckenmessungen* macht eine Besprechung von Volckmars Meßverfahren notwendig.

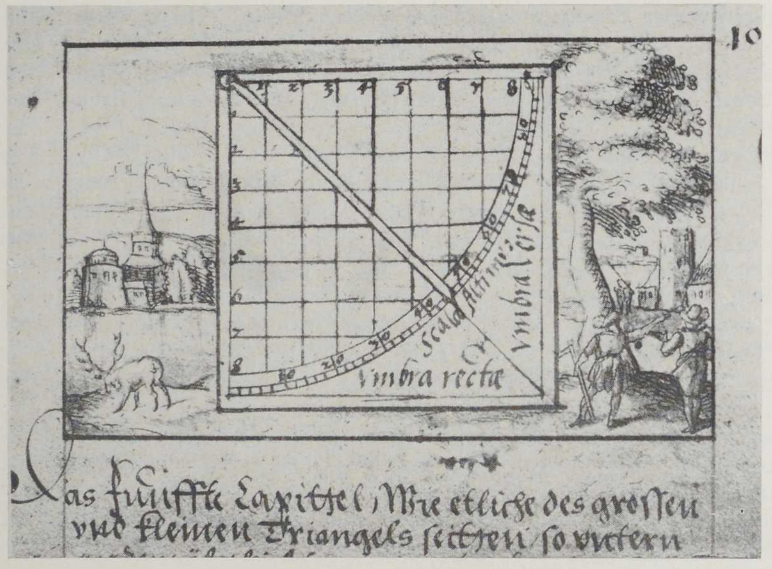


Abb. 35
Teil einer Seite aus Thobias Volckmars Handschrift von 1591
(Zeichnung mit dem Boden seines Meßkästchens)

d) *Volckmars Meßverfahren*

Klar hebt Volckmar die beiden Hauptaufgaben des Feldmessers hervor: *Winkelmessungen* (er spricht von Messung der „Triangel", d. h. der drei Winkel eines Dreiecks) und *mittelbare Streckenmessungen* (Messung von „hohe, tieffe, breite usw.").

Zwei Arten von Winkelmessungen werden unterschieden:

(1) *Messung von Horizontalwinkeln*; hierzu wird der „Magnet", also die Bussole, gebraucht (Messung von Winkeln ohne oder mit Bezug auf den Meridian, wie bei der Besprechung der Bussolenfläche erläutert wurde).

(2) *Messung von Vertikalwinkeln*; hierzu wird die Gradteilung auf der Oberfläche des senkrecht gestellten Deckels verwendet.

Volckmars *Verfahren der mittelbaren Streckenmessung* soll am Beispiel einer *Höhenausmessung* dargestellt werden.

Die Strecke BC in Abb. 5a sei die gesuchte *Höhe* h und A die Meßstation; „Basis“ $AC = 1200$ (Schuh) und der Erhebungswinkel (d. h. Vertikalwinkel, gemessen mit der Gradteilung des Deckels) $\alpha = 30°$ wurden bestimmt. Die Regel der Quadrantfläche des Bodens wird nun auf 30° eingestellt (Abb. 34 zeigt diese Stellung) und eine *geeignete Maßzahl* für die „Basis“ 1200 auf der horizontalen Skala gesucht (hier 6; Faktor der Vervielfältigung also $1200 : 6 = 200$).

Das zu Dreieck ABC (Abb. 5a) ähnliche Dreieck ist damit auf der Quadrantfläche dargestellt („Hypothenusa“ $AB \triangleq$ Abschnitt auf der Regel bis zum Schnitt mit der Netzlinie von 6, „Basis“ $AC \triangleq$ Abschnitt auf der horizontalen Skala bis 6, „Cathetus“ $BC = h \triangleq$ vertikale Netzlinie von 6 bis zur Regelteilung). Die Maßzahl der Höhe h kann links an der vertikalen Skala abgelesen werden: 3,5; das ergibt die gesuchte *Höhe* $h = 3{,}5 \cdot 200 = 700$ (Schuh); bei trigonometrischer Berechnung: 693 (Schuh).

Volckmar arbeitet also hier im Grunde mit einem *rechtwinkligen Koordinatensystem* (Nullpunkt $\triangleq$ Drehpunkt der Regel, die beiden Achsen $\triangleq$ ausgeteilten Skalen der Quadratseiten). Zur Auswahl einer geeigneten Abszisse (oder Ordinate, entsprechend der Aufgabe) bemerkt er: „Die felder oder Linien (d. h. die Skalen) muss gerechnet werden eines offt für 2, 3, 4, 100, 200 (so im obigen Beispiel!) oder auch wohl 1000, wie einem die Gelegenheit wol wird in die Hand geben.“

Volckmars Verfahren der Streckenmessung entspricht der *mechanisch-graphischen Methode* Schisslers (S. 77); freilich arbeitet Schissler sofort mit der einvisierten „Regel des Absehens“ (Al-idade), benötigt also keine Winkelablesung und Neueinstellung einer Regel ohne Diopter.

Ebenso wie bei der erläuterten Höhenmessung wird von Volckmar auch bei entsprechenden anderen Aufgaben gearbeitet; ist z. B. die auszumessende Höhe unzugänglich, muß man also von zwei Stationen aus messen, so werden auf der horizontalen Skala der Quadrantfläche zwei Regeln im Abstand der Stationen eingestellt. Ihr Schnittpunkt ergibt den Endpunkt der gesuchten Höhe; sein Ordinatenwert ist die Größe dieser Höhe.

Es ist verständlich, daß Volckmars Verfahren bei der geringen Größe des Meßkästchens keine sehr genauen Resultate lieferte. Genauere Ergebnisse erhält er bei einem größeren, 1608 gefertigten Bussolen-Instrument [68], wo er dieselbe Methode der mittelbaren Streckenmessung anwendet. Er hatte jedenfalls mit diesem Verfahren erreicht, daß man *ohne größere Rechnungen* auskommt, während bei Verwendung eines gewöhnlichen Meßquadrates zur Durchführung von Streckenmessungen solche Rechnungen nötig waren.

W. Rivius führt in seiner „Perspectiva“ von 1547 (S. 21) im Abschnitt „Geometrische Messung“ (fol. XLII) ein ähnliches Verfahren an; vielleicht hat Volckmar von hier die Anregung zur Ausarbeitung seines gegenüber dem des Rivius verbesserten Verfahrens erhalten.

Abschließend sei nun noch die Möglichkeit genannt, das Meßkästchen als *Auftragsbussole* zu benutzen. Volckmar schildert dies im letzten Teil seiner Schrift bei Besprechung der Lösung einer *Grundaufgabe* aus der „*Markscheide-Kunst*“: Das „Streichen“ (d. h. die Richtung) von Gängen oder Stollen in einem Bergwerk ist zu bestimmen, und die Stollen sind in der „Verjungerung“ (d. h. im Riß) darzustellen.

Längs des Stollens wird die Meßschnur zwischen zwei Stöcken ausgespannt und ihr *Neigungswinkel* gegen die Horizontale mit einer angehängten „Gradwage“

(Hängezeug, Böschungsmesser — Beispiele solcher Instrumente sind noch im MPhS vorhanden) gemessen, weiterhin der *Winkel* gegen den *magnetischen Meridian* mit der Bussole des Meßkästchens. Volckmar sagt hierzu: „Die Bergkleutte brauchen aber den Bergmeridian, der geht gleich mit dem Magneten; der andere ist der Sonnen-Meridian, der decliniert oder ausweicht; diesen Meridian brauchen die Astronomy."

Zur *Winkelbestimmung* wird die Scheibe der Bussole in Normallage gedreht (hierbei Nadel in Richtung 24/12!) und das Instrument mit der der 24/12-Achse parallelen Kante an die Schnur gelegt; danach ist die Scheibe so zu drehen, daß die Nadel wieder auf die 24/12-Achse einschlägt. Der Richtungswinkel des Stollens gegen den „Bergmeridian" ist nun abzulesen.

Zur *Fertigstellung des Risses* wird zuerst die Größe der *Horizontalprojektion* der gemessenen Stollenlänge mit Hilfe des Koordinatensystems der Quadrantfläche des Instruments bei Verwendung des Neigungswinkels bestimmt. — Nun legt man das Meßkästchen so auf das Zeichenpapier, daß die Nadel auf die 24/12-Achse einspielt. Eine dazu parallele Gehäusekante des Kästchens dient als *Auftragslineal*; man zeichnet damit die *magnetische Meridianrichtung* auf das Papier.

Die unteren Kanten des Kästchens sind als *Maßstäbe* gearbeitet; man legt den Anfang der Teilung (Kästchenecke) in den Punkt der gezeichneten Meridianlinie, von dem der Riß des Stollens ausgehen soll. Die Scheibe wird auf den gemessenen Richtungswinkel eingestellt und das Instrument um den festgelegten Punkt gedreht, bis die Nadel wieder auf 24/12 einschlägt. Die Kante liegt damit in Stollenrichtung; diese kann eingezeichnet und auf ihr die verjüngte Länge der Horizontalprojektion des Stollens abgetragen werden.

Auf dieselbe Weise werden weitere Stollen des Bergwerkes eingezeichnet und damit der Riß fertiggestellt.

Volckmar schließt mit diesem Beispiel seine Schrift ab; er hat damit noch einmal gezeigt, wie verwendungsfähig sein Instrument ist.

e) *Zusammenfassung*

Volckmars mathematisches Meßkästchen ist ein Meisterwerk von besonderer Eigenart. Seine geringen Ausmaße rechtfertigen die Bezeichnung *Taschen-Meßinstrument*, das bei Reisen bequem mitgeführt werden konnte. Es ist erstaunlich, wieviel Meßmöglichkeiten Volckmar in diesem kleinen Apparat untergebracht hat, so daß er zu einem *Universalmeßgerät* wurde: Ausführung von Winkelmessungen, mittelbaren Streckenmessungen, astronomisch-astrologischen Messungen (einschließlich Zeitmessungen), Messung der Windrichtung, dazu Gebrauch einer Weltkarte, eines Kalenders und einer Liste von Ortskoordinaten, Verwendung als Auftragsbussole.

Wegen der Kleinheit des Instrumentes war natürlich die Meßgenauigkeit in den einzelnen Teilen nicht sehr groß; dies gilt besonders für die Streckenmessungen. Das erkannte Volckmar; deshalb baute er ja 1608 ein abgewandeltes, größeres Gerät ähnlicher Art [68]. — Es wurden aber auch „Nachfahren" des kleinen Dresdner Meßkästchens hergestellt, so daß dieses als eine Art *Urbild dieser Instrumentengattung* gelten kann.

Kurfürst Christian I., dem das Dresdner mathematische Meßkästchen gewidmet war, wird es wohl nicht mehr benutzt haben, da er bald nach der Erwerbung starb. Man kann annehmen, daß es danach noch zur Anwendung gekommen ist; jedenfalls wurde es weiterhin in der „Kunstkammer“ aufbewahrt. — Es ist bedauerlich, daß dieses kleine Kunst- und Meisterwerk — wie die Bussolen-Instrumente von Kurfürst August und W. Jamnitzer — verlorengegangen ist.

5. Erasmus Habermels Auftragsbussole mit nautischem Quadrat (um 1590)

a) *Der Meister und sein Instrument*

Die in Abb. 36 wiedergegebene Auftragsbussole gehört zu den schönsten Instrumenten dieser Gattung, die aus dem Zeitalter der Renaissance erhalten geblieben sind. Sie soll aber hier auch besprochen werden, weil sie die Arbeit eines noch nicht genannten Meisters ist, Erasmus Habermel, der — wie die vier bisher angeführten großen Vertreter des Instrumentenbaues der Renaissance — ein bedeutender „Mechanikus“ war. Schließlich ist die Auftragsbussole Habermels besonders beachtlich, weil sie mit der *Skala eines nautischen Quadrates* versehen ist; dieses nautische Quadrat ist nicht sehr häufig auf Instrumenten zu finden und weist auf deren Verwendung für *Zwecke der Seefahrt* hin.

Die von E. Zinner [47] angeführte Liste der Instrumente von Habermel — sie enthält datierte und sehr viel Geräte ohne Jahresangabe — zeigt, daß Habermel *sehr produktiv* war. Geometrische Instrumente, astronomisch-astrologische Scheiben (besonders für medizinische Verwendung), Sonnenuhren, Wegmesser, immerwährende Kalender sind zu nennen (Abbildungen einiger Instrumente bei A. Rohde [44a]).

Als Heimat Habermels ist Süddeutschland anzunehmen; 1576 muß er sich schon in *Prag* aufgehalten haben. Dort wird er 1594 laut Dekret Kaiser Rudolfs II., dieses Liebhabers mathematischer Instrumente, zum „astronomischen und geometrischen Instrumentenmacher“ des Hofes ernannt. Bekannt ist seine Zusammenarbeit mit dem dänischen Astronomen Tycho Brahe während dessen Aufenthalt in Prag; dieser stirbt dort 1601, Habermel 1606 (vgl. S. 128).

Wichtig ist die Beziehung Habermels zu dem italienischen Arzt Dr. Franciscus de Padoanis aus Forli, der sich als Hofmedikus Rudolfs II. auch eine Zeit in Prag aufgehalten hat. Für ihn stellte Habermel eine Reihe mathematischer und medizinisch-astrologischer Instrumente her, wozu auch die Dresdner Auftragsbussole gehörte.

Sie zeigt auf dem versilberten Boden des Bussolenhauses neben dem *Meisterzeichen* Habermels (EH; sehr klein auf der mittelsten Wurzel eines Rosenstrauches) des italienischen Arztes *Wappen* (eine Hand hält einen dornigen Busch mit Rosenblüten) und seinen *Wappenspruch*: „Septa licet spines-tamen eflorescere querit“ (Wenn auch von Dornen umgeben — dennoch zu erblühen bemüht sein).

Habermel muß das Instrument um 1590 für den Arzt gefertigt haben (eine Reihe datierter Habermel-Instrumente des Arztes stammt aus dieser Zeit); es gelangte später in eine Florentiner Sammlung (Familie Strozzi; vgl. [111]) und ist dann 1911 in Amsterdam versteigert worden.

Damals wurde die Auftragsbussole für den MPhS erworben, wo sie heute noch vorhanden ist; sie ist damit kein ursprünglicher kursächsischer Besitz und kam in

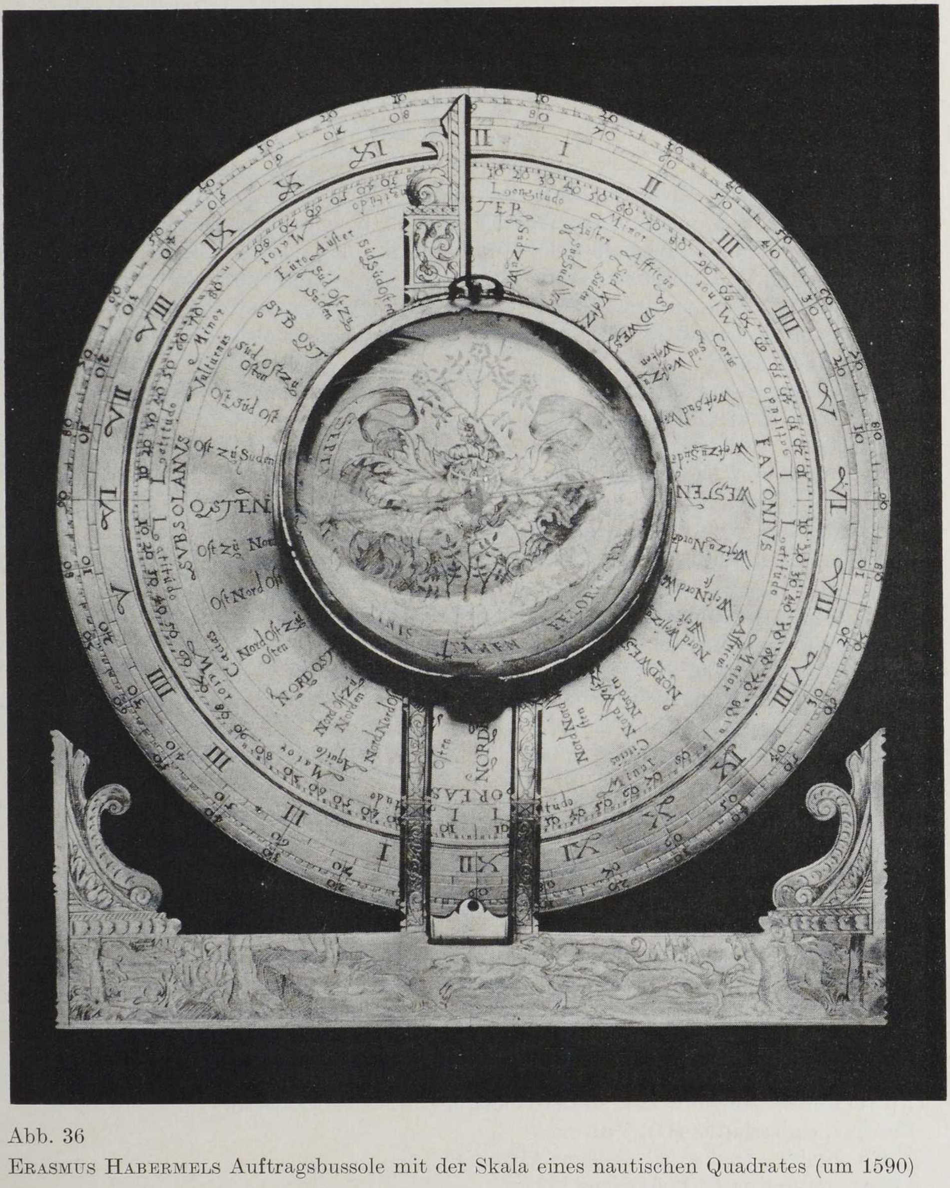


Abb. 36
ERASMUS HABERMELS Auftragsbussole mit der Skala eines nautischen Quadrates (um 1590)

Sachsen nie zur Verwendung. — Franciscus de Padoanis aber wird sie als Angehöriger einer seefahrenden Nation wahrscheinlich auf seinen Seereisen selbst gebraucht haben.

b) Der Aufbau des Meßgerätes und seine Anwendung

Der Aufbau [71].

Die feuervergoldete Messingscheibe hat einen Durchmesser von 206 mm; die in ihrer Mitte drehbar angebrachte *Bussole* ist von beachtlicher Größe ($d = 96$ mm). Ein *Ring*, der um die Bussole gelegt und mit ihr fest verbunden ist, besitzt zwei gegenüberliegende *Lochdiopter*. Am Ring sind der *Zeiger* zur Skalenablesung (in der Abbildung oben) und ein *Steg* mit dem dazu senkrechten *Auftragslineal* (in der Abbildung unten) befestigt. Ring, Steg und Zeiger bilden also die über die Scheibe drehbare Al-idade.

Die Öffnung in der Mitte des Steges (unten) war für die Aufnahme eines *Windfähnchens* zur Bestimmung der Windrichtung vorgesehen; hierzu war die Al-idade so zu drehen, daß Fähnchen- und Al-idaden-Richtung zusammenfielen. — Das Lineal besitzt keine Maßstabteilung; dafür ist es mit einer schönen Gravierarbeit (eine Netzjagd auf Hasen) geschmückt. Die rückwärtige Fläche des gesamten Instrumentes trägt keine Verzierungen und dient auch nicht für mathematische Messungen; sie ist blank poliert wegen des glatten Auflegens während der Meß- und Zeichenarbeit.

Abb. 36 läßt die konzentrisch auf der Scheibe eng ineinander gelegten *Kreisskalen* und *andere Eintragungen* noch erkennen. Zum rascheren Auffinden der Einzelheiten sei bei folgender Aufzählung auf die schematische Zeichnung von Abb. 37 verwiesen (um Überfüllungen zu vermeiden sind hierbei nur Teile der sich wiederholenden Skalen usw. eingetragen in Abb. 37 N der Scheibe oben, in Abb. 36 unten).

Es folgen aufeinander — von außen (bei XII, N) beginnend, in neun Kreisen angeordnet:

1. die *Gradteilung*: 0—90—0—90—0, beziffert auch in der Gegenrichtung: 90—0—90—0—90 (ablesbar $^1/_2{}^\circ$);
2. die *Stundenteilung*: 2 mal XII Stunden (ablesbar $^1/_8$ Std.);
3. eine *Wachsrinne* (im Bild starke Kreislinie);
   Verwendung vgl. S. 93;
4. die in ihrer Richtung sich ändernde *Teilung des nautischen Quadrats* (Erläuterungen hierzu im folgenden Abschnitt c);
5. *Bezeichnungen* zur Verwendung beim Gebrauch des nautischen Quadrats: Longitudo maior — Latitudo maior — Latitudo minor usw. (vgl. Abschnitt c);
6. die *12teilige Windrose* (ohne Teillinien) mit lateinischen Windbezeichnungen (in Klammer zugehörige Himmelsrichtung): Circius, Boreas (N), Aquilo;
   Caecias, Subsolanus (O), Vulturnus;
   Euro Auster, Auster (S), Auster Affricus;
   Corus, Favonius (W), Affricus [72];
7. die *Himmelsrichtungen*: 32teilige Rose (ohne Teillinien) mit deutschen Bezeichnungen (in der Abbildung gut lesbar);
8. der *Al-idaden-Ring* um das Bussolenhaus;
9. das *Bussolenhaus*.

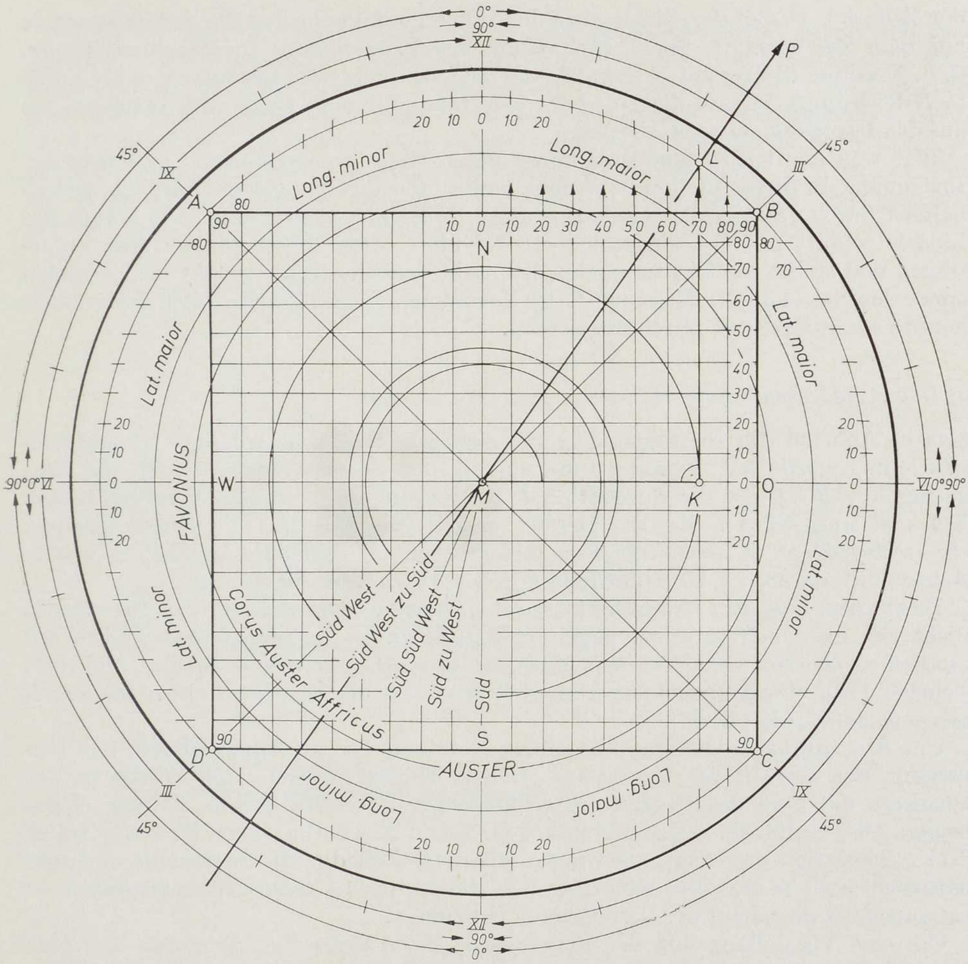


Abb. 37
Die neun Kreise der Meßscheibe von Erasmus Habermels Auftragsbussole mit nautischem Quadrat *ABCD* (schematisch)

Die Anwendung der Auftragsbussole

Sie diente zur Bestimmung der Himmels- und Windrichtungen (hierbei vorherige Nordung des Instrumentes) und zum Messen von Winkeln, insbesondere Richtungswinkeln (in Grad bzw. Stunden); sie ermöglichte deren sofortige graphische Festlegung auf Papier und wurde zur Lösung von nautischen Aufgaben — wie Standortsbestimmungen eines Schiffes — gebraucht. — Eine Marke für die Mißweisung ist am Instrument nicht angebracht.

Die wesentlichste Anwendung war natürlich die *Ausmessung von Richtungswinkeln* (also Gebrauch des Instrumentes in horizontaler Lage wegen Verwendung der Bussole). — Bei der Eintragung der Winkel auf Papier lag die Auftragsbussole auf dem Zeichenblatt. Nach Einstellung des Instrumentes in Meridianrichtung, d. h. Nordung (Zeiger auf N bzw. 0° oder XII, Drehung des Instrumentes bis Nadel in N-Richtung), konnte die NS- bzw. OW-Linie mit dem Lineal des Instrumentes auf das Papier eingetragen werden.

War nun der Richtungswinkel eines fernen Ortes zu bestimmen, so wurde das Instrument in dieser Stellung auf dem Papier und dieses auf der Unterlage festgehalten; durch Drehen der Al-idade wurde die Richtung eingezielt. Die Kante des Lineals schnitt nun die eingezeichnete NS-Linie; diese Kantenlinie wurde aufgetragen und stellte die Richtung zum Zielpunkt dar. Der Schnittpunkt beider Linien ergab den Standort der Messung in der Zeichnung. Die Größe des Richtungswinkels konnte am Instrument abgelesen werden.

c) *Das „Quadratum nauticum“*

Das in Abb. 36 des Instrumentes nicht sichtbare nautische Quadrat (Quadratum nauticum) wurde zur Veranschaulichung in das Schema von Abb. 37 mit eingetragen ($ABCD$, mit der quadratischen Netzaufteilung — nur für den Quadranten NO voll ausgeführt). Es ist hieraus ersichtlich, daß das nautische Quadrat ein *rechtwinkliges Koordinatensystem* mit Zentrum M darstellt, beziffert in beiden Achsen mit 10, 20, ..., 90 (Unterteilung jedes Abschnittes 4fach).

Habermel trug das nautische Quadrat und seine Aufteilung in das Instrument nicht ein, da das Netz selbst nicht benötigt wird. — Auf einem *Astrolabium mit nautischem Quadrat* von 1556 nach Rainer Gemma (Frisius) sind Quadrat und Netz sichtbar [73], ebenso auf einem von A. Rohde abgebildeten *Quadranten mit nautischem Quadrat* [44a; S. 99].

Um das nautische Quadrat mit seinen Netzteilungen zu kennzeichnen, hat Habermel den *Schnitt der Verlängerungen* der beiden Scharen von Netzlinien des Quadrats mit dem das Quadrat umschließenden Kreis auf dessen Umfang eingetragen. Dies ergibt die in den Abbildungen 36 und 37 sichtbare, von M. Engelmann [71] „eigenartig“ genannte, aber nicht erläuterte Teilung. Die Skalenteile wechseln natürlich nach je 90° ihre Richtung (sie stehen hierbei senkrecht zueinander) — entsprechend dem Lauf der betreffenden Netzlinien.

Um eine Vorstellung von der *Verwendung* dieses nautischen Quadrats bzw. der Netz-Skalenteilung zur *Bestimmung des Standortes eines Schiffes* zu geben, sei angenommen (Abb. 37), daß der Seefahrer mit der Al-idade des Instrumentes einen bekannten Ort P (etwa ein Leuchtfeuer) einzielte; der abzulesende Skalenteilpunkt ist L auf der Längen-Netzlinie 70 im Gebiet Longitudo maior.

Eine *Karte des befahrenen Seegebietes* enthielt eine quadratische Netzteilung, wie sie das nautische Quadrat des Instrumentes darstellte. Abb. 38 soll einen verkleinerten Teil dieser Karte wiedergeben; ein bestimmter Ort A mit den Koordinaten der Länge λ_A und Breite φ_A ist Kartenzentrum. Der gesuchte Standort M muß auf der Linie ALP liegen, wobei L wieder Schnitt der Längen-Netzlinie 70 mit dem Quadrantbogen ist. Sind die Breiten des Zielortes P (φ_P nach der Karte bzw. einer Tabelle [74] und des Standortes M (φ_M durch Messung) bekannt, so findet sich der Kartenpunkt M und damit der *Standort des Schiffes*, wie aus Abb. 38 ersichtlich ist. — Auch ohne Kenntnis von φ_P läßt sich M bestimmen, wie links in Abb. 38 gezeigt ist.

Es handelt sich also beim Gebrauch des „Quadratum nauticum" wieder um eine geschickte *Anwendung der Ähnlichkeitslehre* (Instrument- und Kartennetz sind ähnlich; $\triangle$ *KLM* (Abb. 37) $\sim$ $\triangle$ *KLM* bzw. $\triangle$ *RPM* (Abb. 38)). — Die Beifügungen *maior* (größer) und *minor* (kleiner) zu *Longitudo* (Länge) bzw. *Latitudo* (Breite) an der Netzskala des Instrumentes besagen, daß die gefundene Größe λ (bzw. φ) des Standortes zur Größe λ_A (bzw. φ_A) des Kartenmittelpunktes zu *addieren* bzw. von ihr zu *subtrahieren* ist, je nach dem vorliegenden Vermessungsfall (im Beispiel: „Long. maior", d. h. Addition von λ_M, da M östlich von A liegt).

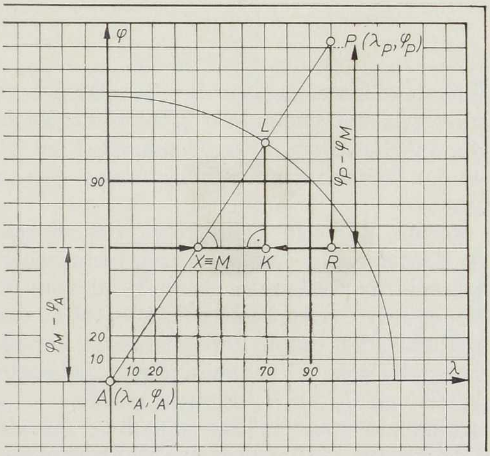


Abb. 38
Anwendung des nautischen Quadrates
(verkleinertes, schematisches Kartenbild)

VI. Winkelfeinmessungen

1. Einführung

Bei den bisher besprochenen Winkelmeßinstrumenten der Renaissance wurde eine Meßgenauigkeit von $^1/_2{}^\circ$, bei JAMNITZERS Meßscheibe von $^1/_5{}^\circ$ erreicht. Es war das Bestreben der Meßtechniker des 16. Jahrhunderts, diese Genauigkeit zu verbessern; man wollte *Winkelfeinmessungen* im Bereich von *Winkelminuten* bzw. noch von *Bruchteilen dieses Maßes* durchführen.

Landgraf WILHELM IV. von Hessen, wie sein Zeitgenosse, der sächsische Kurfürst AUGUST, ein Freund und Förderer der mathematisch-technischen Wissenschaften, insbesondere der Astronomie, berichtete in einem Brief vom Jahre 1585 an den berühmten dänischen Astronomen TYCHO BRAHE (1546—1601), dem Meister der astronomischen Beobachtungskunst, daß durch Verbesserungen der Meßeinrichtungen (Spaltabsehen an Stelle von Lochabsehen, Verwendung von „Schrägteilungen", d. h. Transversalen) eine Genauigkeit von $^1/_2{}'$ bis $^1/_4{}'$ erreicht wurde.

TYCHO BRAHE hatte mit seinen Instrumenten (ein Riesenquadrant mit einem Halbmesser von 6 m und ein Azimutalquadrant [75]) selbst eine Meßgenauigkeit von $^1/_6{}'$ ($= 10''$) gewonnen. Sein Azimutalquadrant zeigte die beiden, damals wichtigen Neuerungen zur Durchführung von Winkelfeinmessungen: die 44 *Hilfskreise* des PEDRO NUNES (auch NUÑEZ, NONIUS; 1542) und die *transversale Winkelteilung.* — Auf die Feinmessung des NONIUS wird in Kapitel VII näher eingegangen; hier sei nur bemerkt, daß die schwierige technische Herstellung der Meßbogen leicht Teilungsfehler zur Folge hatte, aber auch bei ihrer Benutzung oft Ablesefehler auftraten, so daß schon TYCHO BRAHE der Transversalteilung den Vorzug gab.

Die transversale Winkelteilung wird erstmalig von CHRISTOPH PUEHLER (Anlaytung zu dem rechten Verstand der Geometrie. Dillingen 1563) und B. SCULTETUS 1572 (S. 20) angeführt; nach SCULTETUS sollen sie PEUERBACH (S. 65) und REGIOMONTAN (S. 17) auch schon angewendet haben (es liegen hierfür aber keine Beweise in Gestalt von Instrumenten-Skalen vor).

Zur *Erläuterung der transversalen Winkelfeinteilung* von 1° in 60′ diene Abb. 39. Es wurde hierbei — entsprechend der Darstellung der *linearen Transversalteilung* in Abb. 22 — eine starke Vergrößerung der Maßeinheit 1° gewählt, um das Meßprinzip recht deutlich zu veranschaulichen.

Die Radien von 15′, 30′, 45′ sind hier nur als Hilfslinien eingetragen; auf einem Instrument waren sie nicht vorhanden. Das um M drehbare Meßlineal MN liegt in der Abbildung am Radius 0° an, kann über die Gradteilung gedreht werden und besitzt eine 60-Teilung, die *Minutenskala,* im Transversalband AC; diese Skala kennzeichnet die Lage der zur Gradteilung konzentrischen Kreisbogen, von denen drei (für 15′, 30′, 45′) in Abb. 39 eingezeichnet sind.

Die *lineare Transversale BC* wurde im Beispiel in vier gleiche Abschnitte zerlegt (Teilpunkt *1, 2, 3*), um drei Fälle der Minutenteilung herauszuheben. Es ist zu erkennen, daß das Ziellineal in den Stellungen 15′, 30′, 45′ *nicht* durch die Teilpunkte *1, 2, 3* der Transversale *BC*, sondern durch die Punkte 4, 5, 6 läuft, weil die Radien — im Gegensatz zu den entsprechenden Linien der linearen Transversalteilung — nicht parallel sind.

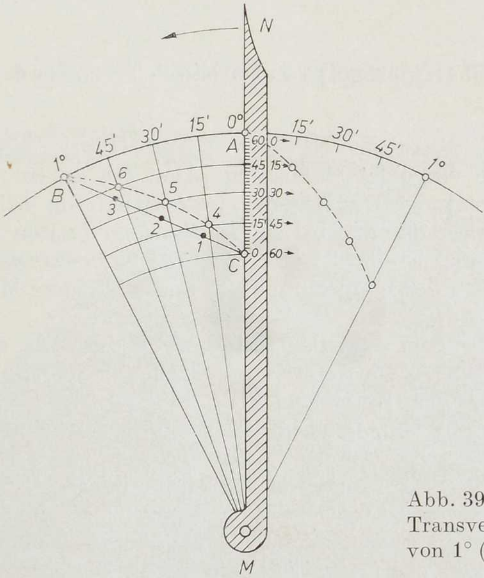


Abb. 39
Transversalteilung des Winkels von 1° (schematisch)

Bei den kleinen Winkelgrößen an einem Instrument war die *Annäherung* der Punkte 1/4, 2/5, 3/6 aber so groß, daß nach dem Urteil von Tycho Brahe diese Ungenauigkeit vernachlässigt werden konnte. Es wurde also mit linearen Transversalen — bisweilen in Form von *Punktreihen* (wie bei Schisslers 1000-Punkt-Teilung in Abb. 22) — gearbeitet; der Schnittpunkt der Linealkante mit der Transversale ergab an der Skala des Lineals oder — wenn vorhanden — der geteilten Transversale die Minutenzahl des zu messenden Winkels.

Im MPhS waren bis 1945 Winkelmeßinstrumente mit Transversalteilung vorhanden, bei denen man die genannte geringe Ungenauigkeit der Feinteilung dadurch beseitigt hatte, daß man an Stelle von linearen nun *gebogene Transversalen* anbrachte.

In Abb. 39 wurde eine solche *Bogen-Transversale* eingetragen durch Verbindung der Punkte *C, 4, 5, 6, B*. Diese gebogenen Linien besaßen auf den Instrumenten eine nur *sehr schwache Krümmung* gegenüber den linearen Transversalen; sie ist aber auch in der Abbildung eines Instrumentes mit solchen Bogen-Transversalen noch erkennbar (z. B. Abb. 40).

Drei wertvolle, leider verlorene Instrumente für Winkelfeinmessungen — um 1620 in der Werkstatt der beiden Trechsler hergestellt — sollen als Beispiel für Geräte mit Bogen-Transversalen im folgenden angeführt werden. Sie sind wieder — wie die bisher besprochenen Instrumente — Vertreter bestimmter Gruppen von Feldmeßgeräten und Zeugen lebendiger Mathematik ihrer Zeit. Hierbei ist das zuletzt zu nennende Instrument besonders bedeutungsvoll; es besaß nicht nur eine Winkelfeinteilung mittels Transversalen, sondern ermöglichte überdies, auf *trigonometrischem Wege Winkelfeinstmessungen* bis zu einer Genauigkeit von 1″ durchführen zu können, eine damalige technische Vollkommenheit, die bisher unbekannt geblieben ist.

2. Höhenwinkel-Meßgerät (Kippregel) von Christoph Trechsler d. J. (1623)

a) Die Gestaltung des Instrumentes

Das Höhenwinkel-Meßgerät aus vergoldetem Messing (Abb. 40) ist ein besonders schönes Beispiel für die Anwendung der Bogen-Transversalteilung bei Winkelfeinmessungen. Das Auge des Betrachters wird sofort von dem breiten Band der auf der *Halbkreisscheibe* (Durchmesser 30 cm) angebrachten *Transversalteilung* gefangengenommen. Es ist dies auch der hauptsächlichste und wichtigste Meßteil des ganzen Instrumentes.

Die Halbkreisscheibe ruht auf einem schmalen Fuß, der auf der nicht sichtbaren Seite als *Linealkante* ausgebildet ist. — Die rückwärtige Fläche der Scheibe zeigt eine Vertikalsonnenuhr mit den Linien der Himmelszeichen und der Länge von Tag und Nacht für 51° Polhöhe (Dresden); in Abb. 43 ist im Halbkreis dieselbe Eintragung zu sehen.

Freie Flächen der Scheibe sind durch Rankenwerk und mit Bildern von Trommeln und Waffen ausgefüllt. Beachtenswert ist eine *besondere Schmuckform*. Es ist dies die im Zentrum der Scheibe sichtbare kleine *Kreisplatte*, die den über die Teilung gleitenden *Arm* mit der an ihm angebrachten *Zielvorrichtung* feststellt. Die beiden Trechsler liebten es, solche Schraubenköpfe in Gestalt einer stilisierten 6- oder 8blättrigen *Blüte* auszuführen. Abb. 43 zeigt im Zentrum dieser Scheibe einen entsprechend gestalteten Schraubenkopf; auch im Zentrum des Meßwerkes des Wegmessers von Trechsler (Abb. 16) ist ein solcher Schmuck zu sehen. Die stark erhaben gebildeten Formen dieser „Blüten“ gaben den Schraubenköpfen eine gute Griffigkeit für die Drehbewegung.

Der Fuß des Instrumentes verrät uns Meister und Herstellungsjahr: *C*T*S*M*F* 1623*; der *junge* Trechsler schuf also ein Jahr vor dem Tod seines Vaters dieses schöne Winkelmeßgerät (vgl. S. 198).

b) Das Transversalband

Das Band ist sehr breit gehalten, um eine recht genaue *60-Teilung* des Grades und damit eine *Ablesegenauigkeit* von 1′ zu erreichen. Der größte und kleinste Halbkreis sind in Grad ausgeteilt, beziffert — ausgehend von der Mitte des Bogens (0°) — nach beiden Seiten mit 10°, 20°, ..., 90° (die Mitten 5°, 15°, ... sind durch Sterne gekennzeichnet).

Das Band ist in *sechs konzentrische Ringe* aufgeteilt (bei der Erläuterung der Transversalteilung — Abb. 31 — wurde zur Vereinfachung eine Vierteilung gewählt). Die 60-Teilung am drehbaren Arm (linke bzw. rechte Bezifferung für Benutzung der Teilung am rechten bzw. linken Quadranten) zeigt, daß jeder der sechs Ringe die

Ablesung von 10′ gestattet. Die für jeden Grad eingetragenen, *sehr schwach gebogenen Transversallinien* entstanden, wie in Abb. 39 erläutert wurde.

Nimmt man an, daß — von Abb. 40 ausgehend — nach einer Rechtsdrehung des Armes dessen Skala z. B. zwischen 35° und 36° (am äußeren Halbkreis abgelesen) steht und der Skalenteil 45 die zu 35° gehörige Transversale (sie endet unten bei 36°!) schneidet, so ergibt dies die Ablesung 35° 45′.

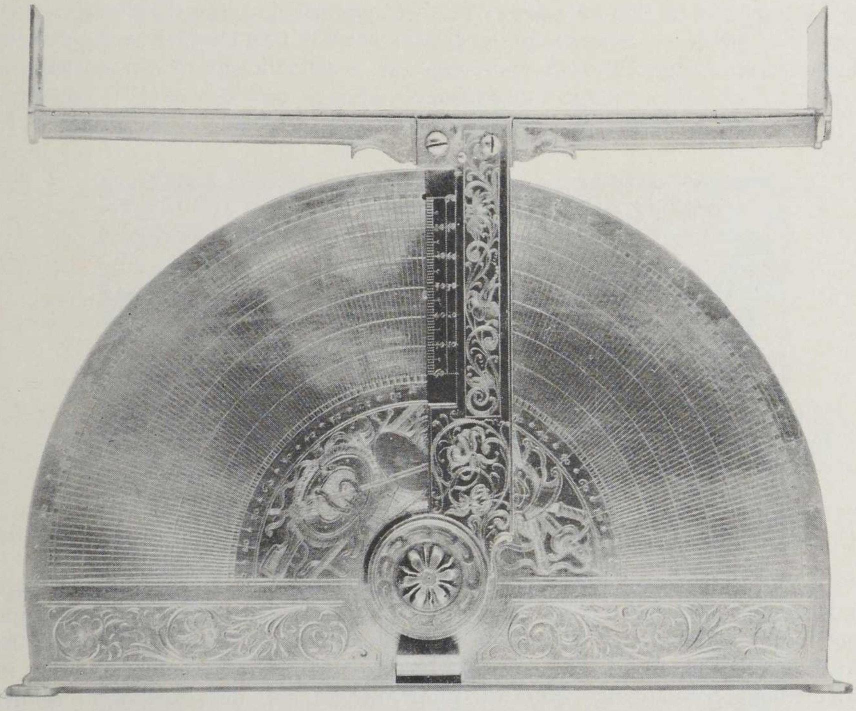


Abb. 40
Höhenwinkel-Meßgerät von Christoph Trechsler d. J. (1623)

Wer sich einmal die Mühe macht und das in der Abbildung noch gut sichtbare Band der Bogen-Transversalen eingehend betrachtet, wird dieser exakten feinmechanischen Leistung des Renaissance-Meisters seine Bewunderung nicht versagen!

c) Winkelmessungen

Das Gerät wurde für *Vertikalwinkelmessungen* (Höhen- bzw. Tiefenwinkel) konstruiert. In Abb. 40 steht der *Meßarm* des Instrumentes auf 0° der Hauptteilung. Die senkrecht an ihm angebrachte *Al-idade* mit *Lochdiopter* (rechts) und *Korn* oder *Zielknopf* (links) verläuft also in dieser Stellung horizontal, so daß hierbei *Nivellierungen, Absteckung von Horizontalen* ausgeführt werden konnten.

Abb. 41 soll zur Veranschaulichung der mit dem Instrument durchzuführenden wichtigsten Meßaufgabe, eine *Höhenwinkel-Messung,* dienen. — Nach dem Einvisieren eines Zieles ergibt sich die gezeichnete Stellung des Meßarmes mit der Alidade. Der zu messende Höhenwinkel α im $\triangle\, MAC$ tritt im $\triangle\, BMC$ nochmals auf und wird *dort* am Instrument mit der *Genauigkeit von 1'* gemessen (Gradteilungsbeginn für beide Quadranten deshalb in der Mitte des Halbkreisbogens).

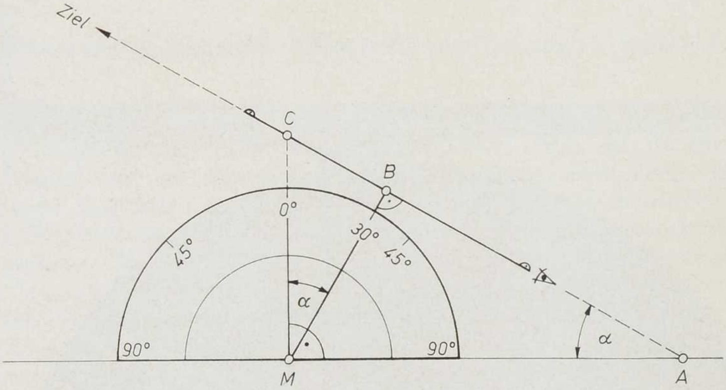


Abb. 41
Messung eines Höhenwinkels α ($= 30°$) mit dem Höhenwinkel-Meßgerät von CHRISTOPH TRECHSLER d. J.

d) Zur Geschichte des Instrumentes

Zur Zeit der Entstehung dieses Trechsler-Instrumentes war LUCAS BRUNN (vgl. S. 20f.) Mathematiker und Leiter der Kunstkammer am Dresdner Hof. Auf seine Anregung hin, wahrscheinlich in seinem Auftrag stellt der junge TRECHSLER 1623 das Höhenwinkel-Meßgerät her. — LUCAS BRUNN war während seiner Studien in Altdorf/Nürnberg Schüler des JOHANN PRAETORIUS [10], der dort 1590 seinen *Meßtisch* (Mensula Praetoriana) entwickelte. Auf diesen mit Zeichenpapier bespannten Meßtisch wurde beim Arbeiten ein *Diopterlineal* gesetzt, um das Eintragen der Ziellinien nach Geländepunkten sofort vornehmen zu können.

BRUNN kannte natürlich den Meßtisch des PRAETORIUS und ließ in Dresden von TRECHSLER für einen Meßtisch ein solches Instrument herstellen, das gleichzeitig Höhenwinkel-Messungen großer Genauigkeit — auch für astronomische Arbeiten — ermöglichte. So entstand das von BRUNN und seinen Mitarbeitern in Dresden verwendete Instrument von 1623.

Das heute auf dem Meßtisch der Geodäten gebrauchte Diopterlineal in Gestalt einer *Fernrohr-Kippregel* besitzt in diesem Instrument einen *leistungsfähigen Vorläufer* bzw. *Prototyp*; bei beiden „Kippregeln“ kann die Zielvorrichtung (Al-idade bzw. Fernrohr) um eine Achse gedreht, gekippt werden [76].

3. Das Dresdner Theodolit-Instrument von Christoph Trechsler d. J. (um 1625)

a) Der Theodolit

Der Theodolit ist heute das wichtigste Winkelmeßinstrument im Vermessungswesen. Mit ihm lassen sich Horizontal- und Vertikalwinkel, im astronomischen Horizontalsystem *Azimute* und *Höhenwinkel* genannt, messen. — Wenn jetzt auch *Präzisionstheodolite* in verschiedenen, den speziellen Anwendungen angepaßten Formen vorliegen [77], so war das einfache Grundschema dieser Geräte doch schon bei den Prototypen aus der Frühzeit dieser Instrumente vorhanden [78].

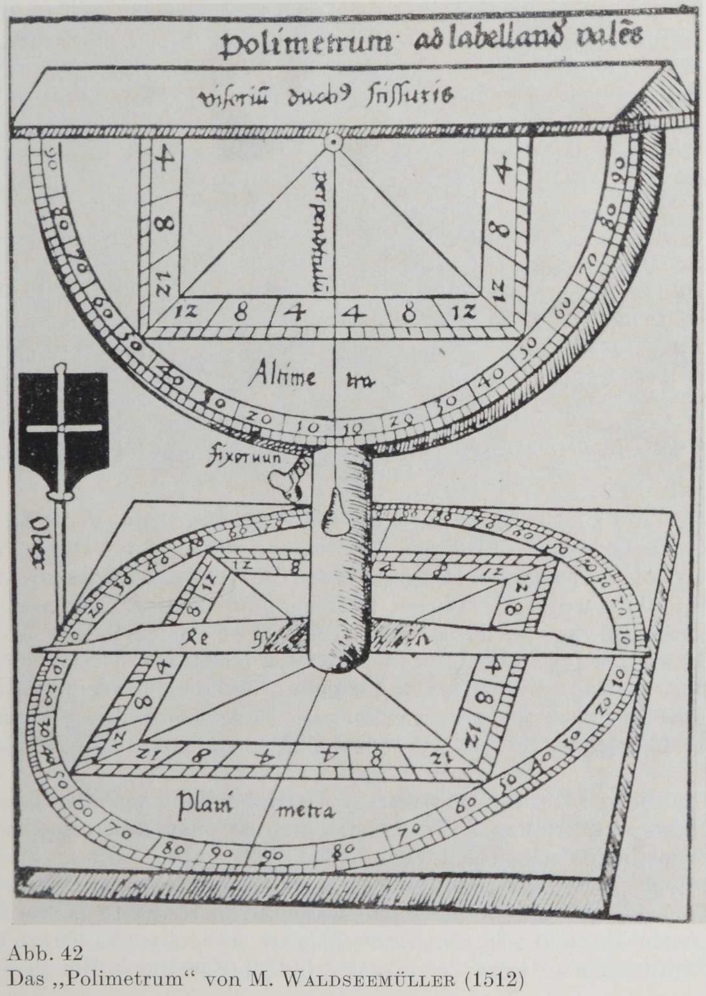


Abb. 42
Das „Polimetrum" von M. WALDSEEMÜLLER (1512)

Als ältestes Theodolit-Instrument ist die „*Dioptra*" des HERON (um 100 v. u. Z.) anzusehen. Von ihr ist während der folgenden $1^1/_2$ Jahrtausende nichts mehr zu hören; im mittelalterlichen *Torquetum* taucht die heronische Konstruktion im Prinzip wieder auf (wahrscheinlich ohne direkte Bezugnahme), hier freilich astronomischen Zwecken dienstbar gemacht. — Das „*Polimetrum*" von M. WALDSEEMÜLLER (Abb. 42) ist dann als das früheste europäische Feldmeßinstrument (1512) vom Typus eines Theodoliten zu bezeichnen.

Das *Grundschema* ist hier besonders deutlich erkennbar: eine Grundplatte mit Meßquadraten, Al-idade und der Gradskala für die *Horizontalwinkel-Messung*; senkrecht dazu, in der Kreismitte aufgesetzt, eine drehbare Halbkreisscheibe mit Meßquadraten, Visierröhre und Gradteilung für die *Vertikalwinkel-Messung* (Ablesung am Pendel).

Von weiteren Theodolit-Instrumenten des 16. Jahrhunderts ist — neben dem schon angeführten Prototyp eines Theodoliten (S. 23) von RIVIUS („Perspectiva" von 1547: „New erfunden instrument") — noch das „*Instrument topographicall*" des L. DIGGES (1571) zu nennen; eine Teilkreisscheibe bezeichnete er als „Theodelitus". Dieser Name ist auf das ganze Instrument übertragen worden und von da auf die Instrumentengattung: Theodolit.

Im 16. Jahrhundert entstand ein vor 1945 in Dresden aufbewahrtes Meßinstrument (eine vertikal gestellte Scheibe mit in horizontaler Ebene drehbarem Fuß), das wohl den Charakter eines Theodolit-Instrumentes aufweist (Gradteilung horizontal und vertikal, ohne Unterteilung), aber vor allem für astronomisch-astrologische Arbeiten Verwendung gefunden hat. Es ist die Arbeit eines *Regensburger* Meisters, JOSUA HABERMEHL. Die Eintragung am Instrument lautet: „Josua Habermehl Me Fecit 1576 in Civitate Ratis Bonae". — A. ROHDE bildet diese schöne Renaissance-Arbeit HABERMEHLS ganzseitig ab [44a; S. 67]; er nimmt an, daß er (ein Bruder des E. HABERMEHL? — S. 116) aus Buchholz bei Annaberg stammt.

b) Der Aufbau des Dresdner Theodolit-Instrumentes und die mit ihm durchzuführenden Messungen

Abb. 43 zeigt das um 1625 entstandene Theodolit-Instrument aus vergoldetem Messing. Es besitzt keine Angabe über den Meister und die Zeit der Herstellung. Ein Vergleich mit dem Höhenwinkel-Meßgerät von CHRISTOPH TRECHSLER d. J. von 1623 (Abb. 40) führt wegen der vielen übereinstimmenden Einzelheiten zur Erkenntnis, daß es auch aus der *Trechsler-Werkstatt* stammen muß. — Es wird eine Weiterentwicklung des Instrumentes von 1623 sein. Als Hersteller kommt nur der *junge* TRECHSLER in Frage, da sein Vater 1624 starb und dieser in seinem Alter wohl nicht mehr in der Lage gewesen sein wird, ein Instrument von dieser Präzision herzustellen; Abb. 43 zeigt noch die unveränderte, klare und exakte Konstruktion der Einzelteile.

Wieder wird LUCAS BRUNN den Auftrag zur Herstellung des Gerätes gegeben haben; es ist sehr wahrscheinlich, daß er es bei seinen astronomischen Beobachtungen und Vermessungsarbeiten selbst benutzt hat (S. 142f.).

Eine *quadratische Grundplatte* (Seitenlänge 30 cm) trägt einen auf ihr drehbaren, *horizontalen Kreisring* mit der 360°-Teilung (beziffert von 10° zu 10°). Das Band der schwach gebogenen *Transversalen der Gradteilung* ist erkennbar; es wurde hier eine *Ablesegenauigkeit der Horizontalwinkel* von $^1/_{10}°$ (= 6′) gewählt. — Ein *quadratisches*

Netz, ein *Koordinatensystem* mit den Achsenteilungen 0, ..., 40, ist auf die innerhalb des Transversalbandes gelegene Halbkreisfläche der Grundplatte eingetragen (wahrscheinlich zur Verwendung für mittelbare Streckenmessungen analog der Quadrantteilung bei Volckmars *Meßkästchen*; vgl. S. 113f.).

Auf der in der Abbildung nicht sichtbaren Hälfte der Grundplatte befindet sich eine *Bussole mit Windrose*. — Eine in der Abbildung nur schwer erkennbare, sich

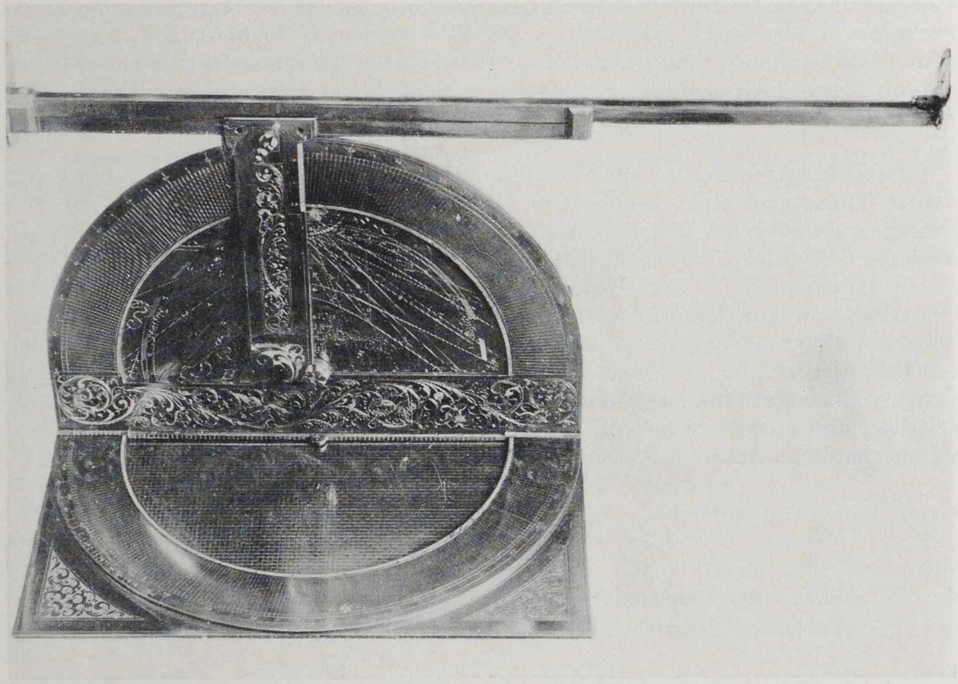


Abb. 43
Theodolit-Instrument von Christoph Trechsler d. J. (um 1625)

verjüngende Teilung (beziffert bis 100) befindet sich auf dem Horizontalring neben der Gradskala (bei 94° bis 150°); es handelt sich wahrscheinlich um eine vom Mittelpunkt auf den Kreisbogen projizierte Meßquadratskala (*Verhältnisskala* — vgl. S. 84). — Die Grundplatte konnte in ein *Kugelgelenk an einem Stativ* eingeschraubt werden.

Wie im Höhenwinkel-Meßgerät wurde auch bei diesem Theodolit-Instrument der *Vertikalhalbkreis* auf seinem Durchmesser *stehend* angebracht — im Gegensatz zur *hängenden Lage* beim Polimetrum Waldseemüllers (Abb. 42). Dies bedingte auch für beide Instrumente gleichen Bau und dieselbe Anbringung des Ziellineals und Ablesung an seinem Skalenarm. Der Vertikalhalbkreis kann über die 360°-Teilung der horizontalen Scheibe gedreht werden (Ablesung der Horizontalwinkel mit den beiden, an den Enden des Halbkreisdurchmessers angebrachten 10teiligen Skalen).

In der Abbildung ist gut zu erkennen, daß der Vertikal- oder Höhenhalbkreis eine *gleiche Transversalteilung* (Transversalband) hat, wie sie der Horizontalkreis besitzt; die Ablesegenauigkeit am Skalenarm für die Vertikal- oder Höhenwinkel beträgt also auch hier $^1/_{10}{}^\circ$.

Die Innenfläche des Vertikalhalbkreises zeigt — wie die Rückfläche des Höhenwinkel-Meßgerätes — die Linien der Himmelszeichen und der Länge von Tag und Nacht („Auf und Niedergang Zeiten") für 51° Polhöhe („Polus Hoe 51 grad"). — Ein einfaches Meßquadrat mit 12-Teilung der Seiten ist auf der Rückfläche der Halbkreisscheibe angebracht; schließlich ist hier noch ein schönes *„Spitzenniveau"* zum Justieren des Instrumentes bemerkenswert. Bei Trechsler-Instrumenten findet sich oft diese Einrichtung, eingeschlossen in einem Kästchen mit Schauöffnung; eine bewegliche Spitze stellt sich in horizontaler Lage genau unter eine feststehende Spitze.

Eine kleinere, sehr ähnliche Nachbildung des Theodolit-Instrumentes von Christoph Trechsler d. J. schuf 1633 ein anderer *Dresdner Werkmeister,* Viktor Stark (Abbildung des Instrumentes bei A. Beck [76; Abb. X]). V. Stark war noch nach der Mitte des 17. Jahrhunderts in Dresden tätig. Im Jahre 1622 ist seine Mitarbeit an einem *Reiß-* und *Meßbesteck* (Abb. 62) nachzuweisen. Weiterhin besitzt der MPhS von ihm einen *Geschützaufsatz* aus dem Jahre 1635 (vgl. S. 186); im Jahre 1659 fertigte er für den Dresdner Hof eine *messingne* Waage; vielleicht hat er auch um 1650 den Dresdner Rechenstab (S. 167) hergestellt. — Es ist besonders beachtlich, daß Dresdner Meister mitten in den Wirren des Dreißigjährigen Krieges, wo Wissenschaften und Musen im allgemeinen schwiegen, in der Lage waren, ausgezeichnete feinmechanische Arbeiten zu schaffen!

4. Das „Universal-Instrument" mit „trigonometrischem Lineal" von Lucas Brunn/Christoph Trechsler d. Ä. und d. J. (1609/19)

a) Der Dresdner Hofmathematiker und Inspektor der Kunstkammer, Magister Lucas Brunn, und die Geschichte seines Instrumentes

Auf eine bisher nicht beachtete *Handschrift* des kurfürstlichen Mathematikers Lucas Brunn (S. 20f. und besonders in den letzten Kapiteln genannt) wurde der Verfasser vor ihrem Verlust 1945 im MPhS aufmerksam. Der vollständige *Titel der Handschrift* lautete:

„Bericht zu den *großen Mathematischen Instrument,* welches der Durchlauchtigste Hochgeborne Fürst und Herr, Herr Johann Georg (I) zu Sr. Churf. Gn. Kunst-Chamer erzeigt. — Darinn abgehandelt wird der Nutzen in der Geometri und Astronomi, die Praxis Vortheil oder Handtarbeiten, in Proportionibus, schöne Handtgriff in der Mechanica, abmeßung und abtheilung der Felder, de sectione spaty, der gebrauch des *zuvor nie gemachten Künstlichen Trigonometrischen Lineals* und andern Vorthel in Mathesi Instrumentaria.
Angeben Anno 1609. Und mit folgenden Bericht ausgesandt worte durch dero Zeit Ihr. Churf. Gn. Mathematicum und Inspectorn der Kunst-Chamer L. Brunnen im Jahr Christi 1620."

In dieser Schrift, Kurfürst Johann Georg I. (Regierungszeit 1611–1656) gewidmet, beschreibt Brunn ein *Universal-Meßinstrument;* es war ein Vollkreisinstrument mit zwei als Proportionalzirkel ausgebildeten Al-idaden und Bussole. Die Handschrift, der alle Zeichnungen, für die im Text schon Platz gelassen war, fehlten, enthielt eine Beschreibung des Instrumentes und eine Aufzählung der mit ihm zu lösenden Aufgaben aus den Gebieten Geometrie, Feldvermessung und Astronomie, wobei die Proportionenrechnung sehr häufig angewendet wurde.

Dieses Instrument befand sich vor 1945 nicht im Salon, aber das im Titel genannte trigonometrische Lineal. Eine Textstelle der Handschrift führte zu weiteren Erkentnissen. Brunn schreibt:

„... Wonach ich vormals ein Regulam oder trigonometrisches Lineal einer elen lang genommen, sie neben einem *Universal-Instrument mit Proportionibus* (d. h. Proportionalzirkel) auch einer elnn langk, so *1609 in Dresden* verfertigen laßen, verwendete ...“

Daraus ist ersichtlich, daß Brunn vor dem „großen Instrument“ von 1620 ein einfacheres, dem geschilderten aber sehr ähnliches Gerät 1609 in Dresden hatte herstellen lassen.

Dieses ähnliche „Universal-Instrument“ war bis 1945 im MPhS vorhanden, ohne daß es bis dahin Beachtung bzw. eine Würdigung erfahren hatte (wie auch die Meßverfahren von Brunn); es ist in Abb. 44 wiedergegeben. Das zum Instrument gehörige, von Brunn als „trigonometrisches Lineal“ bezeichnete *Hilfsgerät* — auch 1945 verloren — zeigt Abb. 45 zu einem Teil, vor allem mit dem wichtigen, sogenannten *Mikrometer-Schlitten.* — Vor weiteren Erörterungen zu diesen Instrumenten ist an dieser Stelle auf Brunns Lebensweg einzugehen.

Lucas Brunn wurde in Annaberg im Erzgebirge um 1575 geboren; in einer Handschrift [79a; N 20, Bl. 9] findet sich seine Bemerkung, daß er „Ao 1572 — beim Erscheinen eines Cometen — noch nicht lebte“. Der in Annaberg wohnende Sohn des Rechenmeisters Adam Ries, Abraham Ries, führte ihn in die Mathematik ein; Brunn hat später seines Lehrers Arbeiten gewürdigt (Handschrift [79a; C 5]).

Das im Besitz von Ries befindliche Trechsler-Instrument von 1589 [76] machte Brunn sicher schon in seiner Jugendzeit auf diesen fähigen Dresdner Werkmeister aufmerksam. — Um 1618 berichtet Brunn in der Handschrift N 20, Bl. 116 vom „Tod durch Infektion des lieben Bruders *Mattheus Brunn,* Hüttenschreiber im Bergwerk Sangerhausen“; weitere Einzelheiten über Brunns Familie sind nicht aufzufinden.

Nach Studien in Leipzig (1598–1601) und Erwerbung der akademischen Würde des Magisters begibt er sich nach Altdorf bei Nürnberg und hört dort Mathematik bei Johann Praetorius [10]. — Während Brunns Studien in Süddeutschland erscheint 1603 in Zürich und 1607 in Basel von dem Schweizer Mechaniker und Mathematiker Leonhard Zubler (1563–1609) ein Buch mit dem Titel: „Novum instrumentum geometricum, das ist kurtzer und grundtlicher Bericht“. Die dort vorhandene Abbildung des „neuen Instrumentes“ (Abb. 46) zeigt beim Vergleich mit Abb. 44, daß Brunn das Werk Zublers in Altdorf kennengelernt haben muß. Beide Instrumente stimmen in vielen Einzelheiten überein (besonders beachtlich die *Visiereinrichtungen* an den Schiebern der Lineale; die verwendeten *Visiernadeln* fehlen in Abb. 44, ihre Einstecköffnungen sind aber zu erkennen).

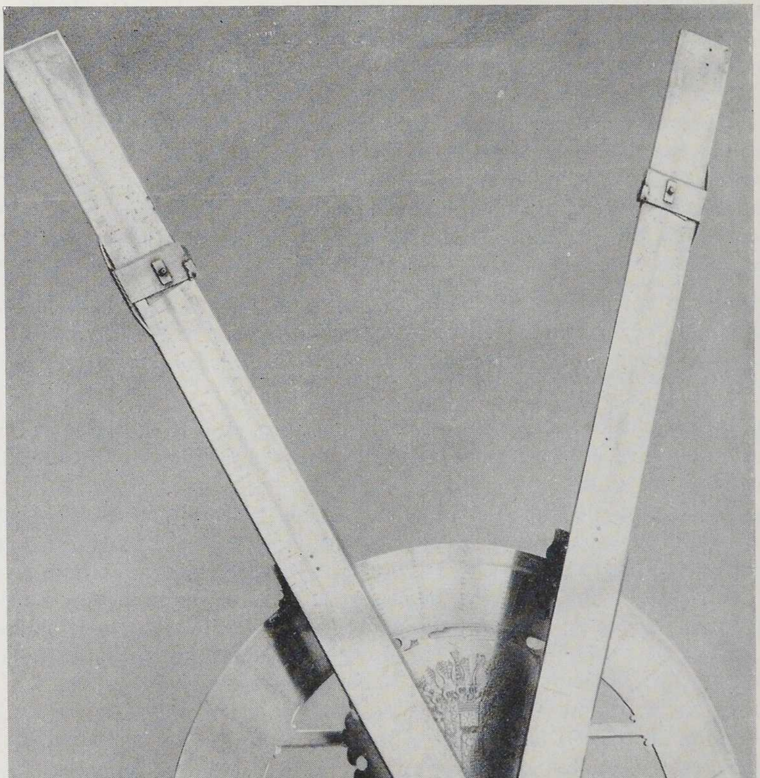
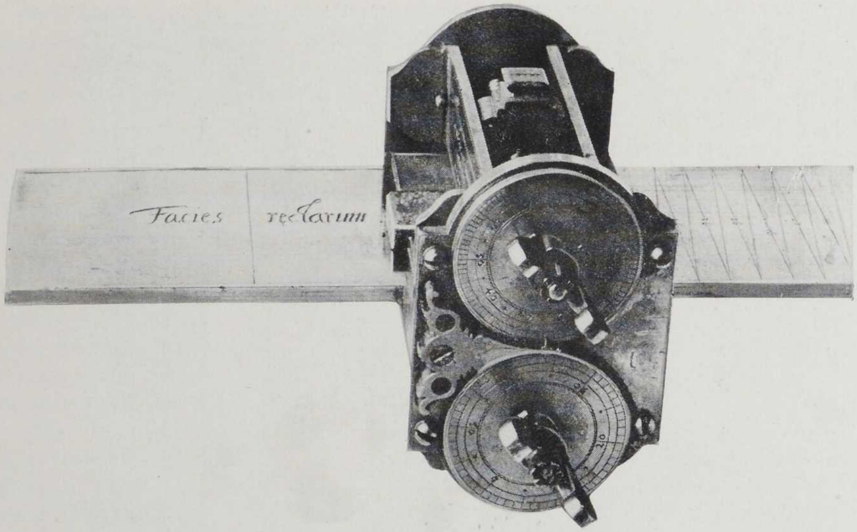
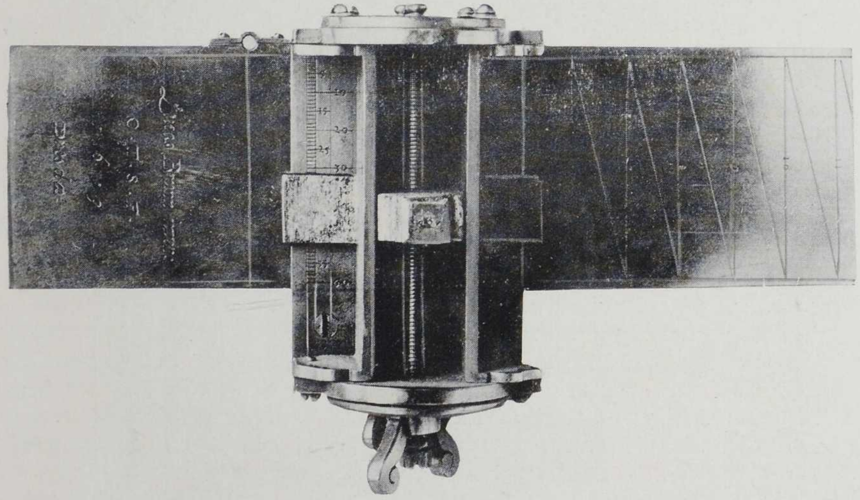


Abb. 44
„Universal-Instrument" von Lucas Brunn/Christoph Trechsler d. Ä. (1609)



a)



b)

Abb. 45
Meßlineal mit Mikrometer-Schlitten von Lucas Brunn und Christoph Trechsler d. Ä. und d. J. (1609/19)

a) Blick auf die Fläche mit der gleichmäßigen Teilung (Facies rectarum)
b) Blick auf die Fläche mit der trigonometrischen Teilung (Facies arcuum)

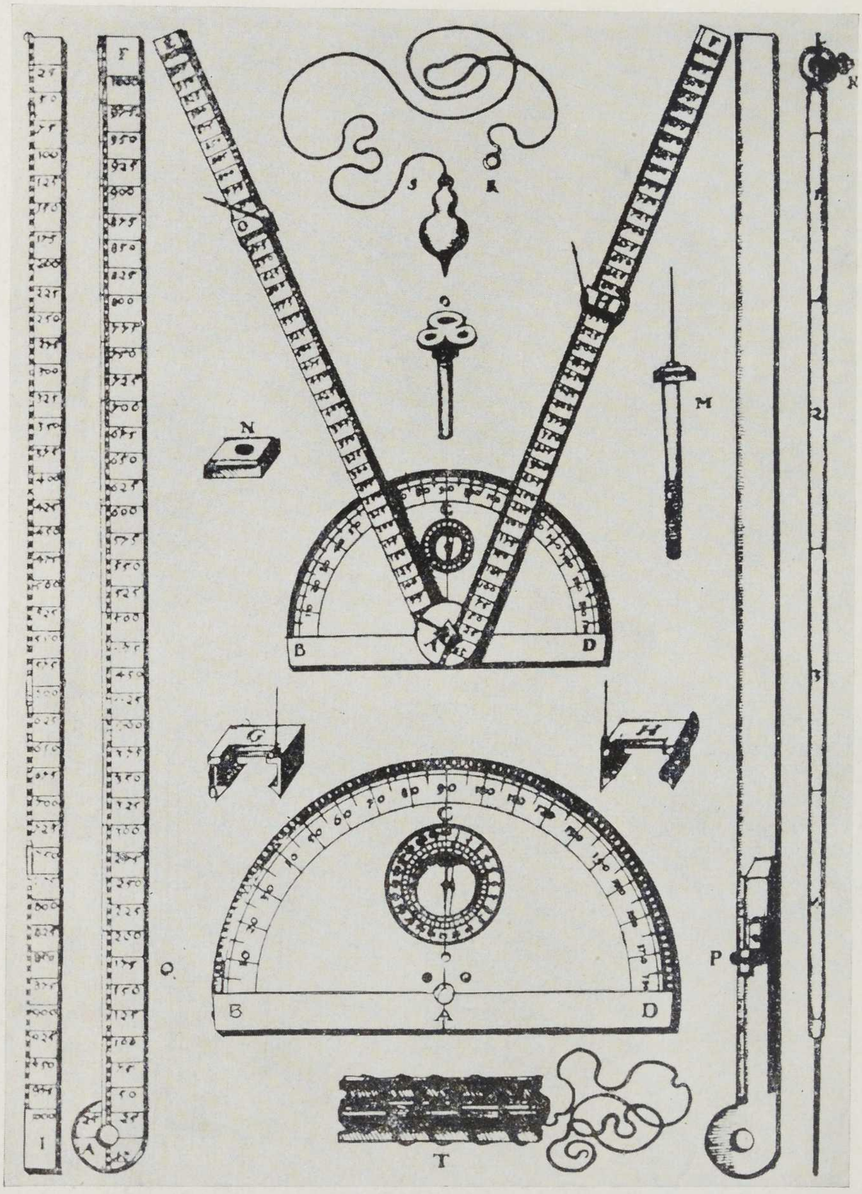


Abb. 46
„Novum Instrumentum Geometricum“ von Leonhard Zubler (1603)

BRUNN hat also im wesentlichen nach ZUBLERS Vorlage sein Universal-Instrument konstruiert und dieses nach seiner Aussage 1609 in Dresden bauen lassen. Es besteht kein Zweifel, daß dies durch den BRUNN bekannten Mechaniker CHRISTOPH TRECHSLER d. Ä. geschah, wenn auch Name und Jahr nicht am Instrument eingetragen sind.

Zum Instrument gehörte, wie BRUNN schrieb, ein „künstliches trigonometrisches Lineal“, das gleichzeitig in Dresden hergestellt und „zuvor nie gemacht wurde“. Die Konstruktion dieses Lineals und die Methode der mit seiner Hilfe in Verbindung mit dem „Universal-Instrument“ durchzuführenden *Winkelfeinstmessungen* sind in der Tat BRUNNS *eigene Schöpfungen*; es ist vorher nichts Ähnliches bekannt.

Der auf Reibung über das Lineal gleitende *Mikrometer-Schlitten* (Abb. 45) enthält folgende Eintragung: ∗M∗LUCAS∗BRUNN∗ANNAEB∗INVENT∗∗C∗T∗M∗F∗D∗ 1609∗∗SOLI∗DEO∗GLORIA∗, d. h. „Magister LUCAS BRUNN aus Annaberg erfand diese Vorrichtung; der Mechaniker CHRISTOPH TRECHSLER d. Ä. führte sie 1609 in Dresden aus; allein Gott die Ehre.“ — Das „Universal-Instrument“ wurde danach sicher auch von CHRISTOPH TRECHSLER d. Ä. hergestellt.

Das *Lineal* fertigte nach dem Herstellerhinweis 1619 in Dresden CHRISTOPH TRECHSLER Sohn: „Lucas Brunn inven. C. T. S. F. 1619 Dresdae“ (Abb. 45b, links); diese Verschiedenheit erklärt sich wohl daraus, daß der jüngere TRECHSLER 1619 ein gleiches, zweites Lineal herstellen mußte, weil das erste Gerät vielleicht unbrauchbar geworden war.

BRUNN wird sein Instrument nach 1609 für geodätische und astronomische Messungen benutzt haben (S. 142f.); *astronomische Arbeiten* BRUNNS sind durch einige erhalten gebliebene Handschriften dieses Mathematikers belegt [79a].

Nachdem BRUNN 1619 das Amt des „Inspektors der Dresdner Kunstkammer“ übernommen hatte, übergab er sein Universal-Instrument nebst Meßlineal dem Kurfürsten zur Aufnahme in die Kunstkammer; die Aufnahme geht aus einem Eingangsvermerk im Inventarverzeichnis der Kunstkammer vom 13. 5. 1620 hervor („einkommen ... Proportional-Instrument — dies ist das Universal-Instrument — mit regula Trigonometria“).

In diese Zeit fällt auch die Abfassung der eingangs erwähnten Handschrift BRUNNS über ein großes, mathematisches Instrument (1620). Vielleicht ist dieses Instrument gar nicht zur Ausführung gekommen, und die Handschrift bezieht sich allein auf das in die Kunstkammer aufgenommene Gerät von 1609; dies scheint die wahrscheinlichste Lösung dieser Unklarheit.

Noch während BRUNNS Aufenthalt in Altdorf erscheint 1611 in Augsburg JOHANN KEPLERS berühmt gewordene Abhandlung „Dioptrice“, in der er die Lichtbrechung erläutert, über optische Instrumente (astronomisches oder „Keplersches“ Fernrohr) und die Theorie des Sehens schreibt. Diese Schrift scheint BRUNN veranlaßt zu haben, sich 1612 nach *Nürnberg* zu begeben, um sich bei JOHANN HAUER (1586 bis 1660) in der praktischen Optik auszubilden, um dort das Linsenschleifen zu üben. — J. HAUER war Maler und Radierer und gebrauchte (nach DOPPELMAYR [4; S. 97]) „zur Beförderung der Zeichen- und Mahler-Kunst“ Linsen für „allerhand Cameras obscuras“, die aufrechte und farbige Bilder zum Nachzeichnen ergaben.

Wie stark KEPLERS „Dioptrice“ BRUNN beeindruckt hat, geht aus seinem *Brief* hervor, den er in dieser Zeit — 1613 — aus Nürnberg an den hochverehrten Wissenschaftler schreibt. Er bittet hierin um nähere Erläuterungen zu Fragen der „Dioptrice“; insbesondere interessierte ihn — und hieran zeigt sich der praktische Physiker BRUNN in seinem Bestreben nach Anwendung der optischen Lehren in der

Beobachtungskunst —, wie „wenigstens eine *10fache Vergrößerung* durch ein optisches Gerät erreicht werden kann“, womit er also Konstruktionsangaben für ein Fernrohr erbat (Wiedergabe des Briefes: [79b]).

Leider ist bisher nicht zu ermitteln gewesen, ob sich Brunn bei seinen Messungen und astronomischen Beobachtungen optischer Mittel bediente und welche es gegebenenfalls waren. Man sollte dies freilich bei seinen Bemühungen um die Optik

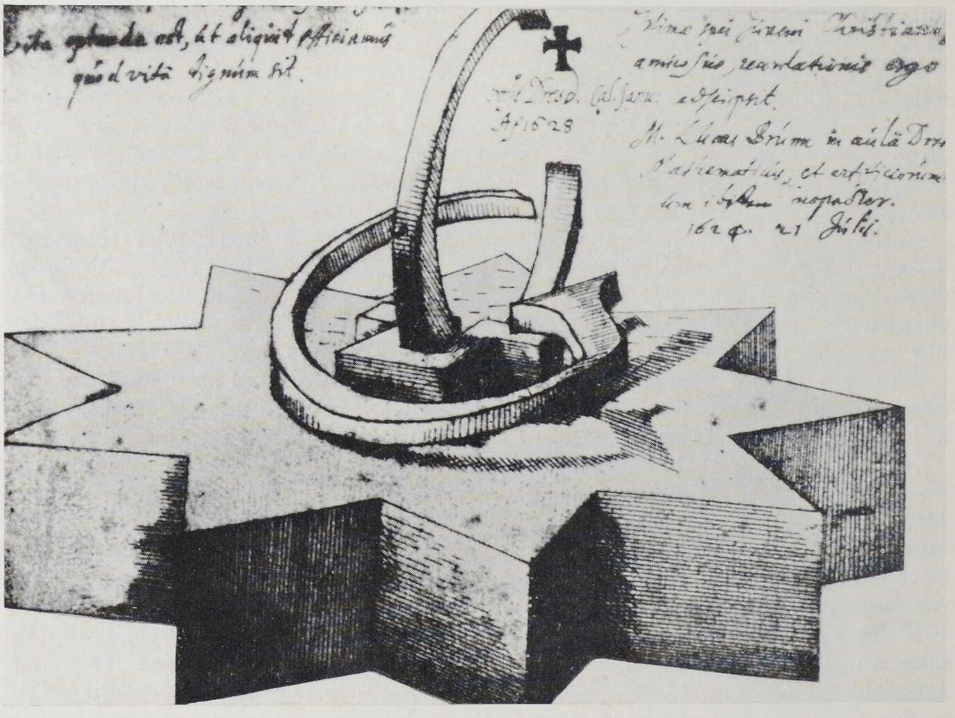


Abb. 47
Zeichnung von Lucas Brunn (1624) mit Namenszug, Titel und Todesjahr (1628)

annehmen, aber auch seine Handschriften geben hierüber keine Auskunft; sein Universal-Instrument war jedenfalls optisch nicht ausgestattet.

Von Nürnberg aus besuchte Brunn den bekannten Ulmer Mechaniker und Mathematiker Johann Faulhaber und den Ansbacher Hofmathematiker Simon Mayr (Marius). — Es nimmt nicht wunder, daß hier in Nürnberg, wo Dürer und Jamnitzer ihre Studien zur Perspektivlehre veröffentlichten, auch Brunn mit ihr sich gründlich beschäftigte; das Ergebnis dieser Arbeiten war eine 1615 in Nürnberg erschienene *Schrift* (in deutscher und lateinischer Sprache): „Praxis Perspectivae“ [80], die Brunn Kurfürst Johann Georg I. widmete. — Brunn erläutert hierin im wesentlichen die perspektivische Darstellung körperlich gestalteter Versalien in verschiedenen Lagen, ähnlich dem Beispiel der Abb. 47, das anschließend angeführt wird.

Brunn muß sich auch später gern mit perspektivischen Darstellungen beschäftigt haben; zum Beweis sei hier eine *Perspektiv-Zeichnung* Brunns aus dem Jahr 1624 (in einem Album seines Dresdner Freundes, Christian Gehe, enthalten), wiedergegeben (Abb. 47): Auf einem in Parallelperspektive (Parallelprojektion) dargestellten Block in Gestalt eines neunspitzigen Sterns stehen bzw. liegen Gehes Initialen C und G so, daß sie bei Bestrahlung das Monogramm von Gehes Namen auf dem Stern ergeben. — Brunns *Namenszug* und sein damaliger *Titel* („Mathematicus et artificiorum inspector“ — Mathematiker und Inspektor der Kunstkammer) sind von ihm auf dem Albumblatt eingetragen.

Doppelmayr [4] hat Brunn unter seine „Nürnberger Mathematicis und Künstler“ mit aufgenommen. Er berichtet, Brunn habe sich „in den folgenden Zeiten (nach dem Erscheinen seiner Perspektivlehre) in seinem Vaterland so recommendabel gemacht, daß ihn — nach Kursachsen zurückgekehrt (seit 1618) — der damalige Kurfürst deswegen sehr gnädig ansahe“.

Die Folge davon war, daß Brunn in Dresden als „Hofmathematiker“ angestellt und 1619 — als Nachfolger von M. Joestel — zum „Inspektor der Kunstkammer“, die Sammlungsgegenstände verschiedenster Art enthielt, ernannt wurde. Er übernahm das Amt in schwerer Zeit (Beginn des Dreißigjährigen Krieges) und führte es gewissenhaft aus; er pflegte, ordnete und erweiterte die schon umfangreichen Sammlungen der Kunstkammer im Dresdner Schloß [81].

Noch einmal machte Lucas Brunn 1625 auf sich aufmerksam. In Nürnberg erscheint von ihm in deutscher und lateinischer Sprache eine *Euclid-Ausgabe* unter dem Titel „Euclidis Elementa practica ...“ [82]. — Im Januar 1628 stirbt dieser — besonders für Kursachsen — so verdienstvolle Mathematiker und Sammlungsleiter in Dresden. Sein Todesjahr ist — wohl von Christian Gehe — auf dem genannten Albumblatt eingetragen worden (Abb. 47).

b) *Der Aufbau von Lucas Brunns Instrumenten*

Das „Universal-Instrument“ (Abb. 44)

Die beiden langen, messingvergoldeten Lineale von der Größe einer Dresdner Elle (Skalenlänge) sind die auffälligsten Teile des Instrumentes. Sie meint Brunn, wenn er im oben angeführten Text seiner Handschrift von „Proportionibus“ spricht. Sie sind in der Tat für sich ein großer *Proportionalzirkel*, eines der bekanntesten *Hilfsmittel für mechanische Berechnungen* in der Renaissance; darauf wird in Kapitel VIII näher eingegangen. Die Lineale besitzen auf Vorder- und Rückfläche einige der bei einem Proportionalzirkel üblichen Linien, strahlenförmig vom Drehzentrum der Lineale ausgehend; in diesem Fall: Linea Arithmetica, Linea Geometrica, Linea Stereometrica, Linea Tetragonica und Linea Metallorum (vgl. S. 165f.). — Zublers Instrument besitzt diese Proportionallinien nicht.

Die gleiche Einteilung beider Lineale an den Außenkanten wird für die Feldmeßarbeiten benötigt. Es sind 10 Hauptteile zu erkennen, beziffert mit 100, 200, ..., 1 000; jeder dieser Abschnitte besitzt 10 Unterteile, die beiden Skalen insgesamt also je eine 100-Teilung.

Die über die Lineale gleitenden *Schieber* (durch seitliche Federn festgeklemmt — sie übertragen die Teilung der Außenkante auf die Visierlinie an der Innenkante) erlauben eine *20-Teilung jedes Unterteiles* mit Hilfe von kleinen *Transversaldreiecken* (verschiebbar mit einem Knöpfchen); dies ist wieder ein schönes Beispiel für die geschickte Anwendung der Proportionenlehre! — So können an den Linealen die Zahlengrößen $^1/_2$, 1, $1^1/_2$, 2, ..., $999^1/_2$, 1000 eingestellt bzw. abgelesen werden.

Die Lineale sind die *Al-idaden* des Instrumentes; es wird an ihrer Innenkante visiert. *Visiernadeln*, im Zentrum und in die Schieber einzustecken, dienen als Diopter; in Abb. 46 ist diese Einrichtung — auch in Einzelheiten — gut erkennbar.

Die Lineale gleiten mit Abstand über den großen, messingvergoldeten *Halbkreis*, der zur *Winkelfeinmessung* dient. Er war durch zwei Gelenke (Drehachsen senkrecht zueinander) verstellbar und ließ sich in ein Stativ einschrauben; so war es möglich, die Lineal- bzw. Halbkreisebene in beliebige Lagen zu bringen.

Die Einteilung des Halbkreisbogens ist außen von 0—45—0 und innen von 90—45—0 beziffert; Brunn wählte den Abstand von 2°, um eine recht übersichtliche *Transversalteilung*, die bei Züblers Instrument nicht vorhanden ist, anbringen zu können. Das breite, *12teilige Transversalband* (mit schwach gebogenen Transversallinien) besitzt eine *Ablesegenauigkeit* von 10′ (2° : 12 = 10′); die Ablesekanten befinden sich an den Gleitfüßen unter den Linealen.

Auf dem Durchmesser des Halbkreises ist folgende *Eintragung* angebracht: „Gradus et minuta inventa duplica et emerget verus observationis angulus“ (Grad und Minuten werden durch Verdopplung (der abgelesenen Zahl) ermittelt und ergeben dann den wahren Beobachtungswinkel). Eine Ablesung von z. B. 41° 55′ ergab also den Beobachtungswinkel 82° 110′, d. h. 83° 50′. — Im Inneren des Halbkreises ist das *große kursächsische Wappen* eingearbeitet; möglicherweise sind Inschrift und Wappen erst nach Eingang des Instrumentes in der Kunstkammer eingetragen worden.

Das Meßlineal (Abb. 45)

Dieses Meßlineal ist der mathematisch und technisch interessanteste Teil der Instrumente von Brunn [83]; es ist überdies — wie schon festgestellt wurde — eine von ihm selbst entwickelte Konstruktion, auf die er stolz war. — Beide Linealflächen werden für *Längenfeinmessungen* verwendet; für jede ist eine besondere *Schraubenmikrometer-Vorrichtung* — in einem *Mikrometer-Schlitten* zusammengefaßt — zur *Feinstmessung* vorgesehen. — M. Engelmann [83] weist erstmalig auf diese frühe Verwendung des Schraubenmikrometers (1609) als Feinmeßmittel durch Brunn hin.

Die Linealfläche mit der Bezeichnung „Facies rectarum“, d. h. Fläche mit gleichmäßiger Teilung (Abb. 45a)

Auf dieser Fläche ist eine gleichmäßig geteilte Skala eingetragen, von der ein kleines Stück (Teil 89, ..., 93) in Abb. 45a sichtbar ist (Teillinien über die Breite des Lineals; ihre Enden sind durch Transversalen verbunden). Diese Skala hat dieselbe Länge (eine Elle) wie die Teilung der beiden Lineale des Hauptinstrumentes. Auch hier sind 100 Teile eingetragen (Bezifferung: 1, ..., 9, 10000, 11, ..., 19, 20000, ..., 100000). Am Schlitten befindet sich (in der Abbildung nicht sichtbar) die 10teilige Skala für die Transversalen, so daß also mit ihr *1000stel der Gesamtskala* abgelesen werden können.

Mit Hilfe der Mikrometer-Einrichtung (Abb. 45a obere Scheibe mit 100-Teilung des Umfanges und Schraubengewinde — dies sichtbar in Abb. 45b) ist es möglich, beim Drehen der Flügelmutter *100stel eines Schraubenumganges* zu bestimmen; die Index-Zunge ergibt in Abb. 45a an der Scheibe die Ablesung 55. Jeder Schraubenumgang ergibt nun eine Verrückung des Schlittens auf dem Lineal um eine Einheit der 1000-Skala.

Damit ist es Brunn gelungen, *100000stel der Hauptskala* abzulesen oder einzustellen, also mit den Zahlen 1, ..., 100000 zu arbeiten (z. B. Einstellung von 91425: vom Teilstrich 91 des Lineals Verschiebung des Schlittens um vier Einheiten transversal, danach noch um 25 Einheiten des Mikrometers). — Diese 100000-Skala des Meßlineals fand vor allem bei *mittelbaren Streckenmessungen* und beim *Gebrauch des Proportionalzirkels* Verwendung.

Die Linealfläche mit der Bezeichnung „Regula Trigonometriae. Facies arcuum“, d. h. Trigonometrisches Lineal. Fläche der Bogen bzw. Winkelwerte (*Abb. 45b*)

Die Skala dieser Fläche besitzt eine sich *verjüngende Teilung*, beziffert 1, ..., 60 (im Bild sichtbar 6, ..., 11); auch hier sind die über die Breite des Lineals laufenden Teillinien durch Transversalen verbunden. Es handelt sich um eine trigonometrische, eine *Sinusskala mit Gradbezifferung*, die nur bis 60° geführt ist, da für größere Werte eine zu starke Verdichtung der Teillinien eintreten würde; bei Werten über 60° wurde beim Arbeiten der Komplementwinkel verwendet.

Am Ende der Skala, die dieselbe Länge (eine Elle) wie die 100000-Skala besitzt, steht der Wert 90°. — Zur *Herstellung der Skalenteilung* waren die *Längen der Sinusstrecken* der Werte 1°, 2°, ..., 60° einer Sinustabelle mit der Einheit $r = 100000$ zu entnehmen (z. B. für 53° : 79864; vgl. Abb. 3c, d); diese Längen, vom Nullpunkt aus mit Hilfe der 100000-Skala abgetragen, ergaben dann die Skalenteile 1°, ..., 60° der trigonometrischen Meßskala.

Die *Gradfeinteilung* geschieht nun in entsprechender Weise wie bei der Transversalteilung der 100000-Skala. Abb. 45b läßt die Transversalskala 0, ..., 60 für die *Minutenteilung der Grade* gut erkennen (der Skalenschieber steht in der Abbildung auf etwa 31; es wäre also abzulesen: 5° 31′).

Brunn begnügt sich nicht mit der Minutenteilung. Die Scheibe der Mikrometerschraube (Abb. 45a unten) hat in diesem Fall eine 60-Teilung ihres Umfanges; also können hier *60stel eines Schraubenumganges* bestimmt werden (in der Abbildung ist 36 abzulesen). Da bei einem Schraubenumgang der Schlitten um 1′ vorrückt, ist mit dieser Vorrichtung die *Ablesung von 60steln der Minute*, d. h. eine *Feinstteilung und Ablesung bis auf Winkelsekunden* möglich; in Abb. 45b: 5° 31′ 36″ [84]. — Der Gebrauch dieses trigonometrischen Lineals wird in Abschnitt e), Winkelfeinstmessung (S. 141), besprochen [85].

c) *Mittelbare Streckenmessungen mit dem „Universal-Instrument“*

L. Brunn bezeichnet zu Recht sein nach der Vorlage von L. Zubler gebautes, aber verbessertes Meßgerät als „Universal-Instrument“; Strecken- und Winkelmessungen, dazu mechanische Berechnungen mit dem Proportionalzirkel, waren durchführbar.

Bei Besprechung des *mechanisch-graphischen Verfahrens von* Schissler zur mittelbaren Streckenmessung wurde bemerkt (S. 78), daß es sich hierbei um die für sein Meßquadrat eingerichtete, bei *Triangulationsinstrumenten* (S. 23) angewendete Methode handelt. Im Universal-Instrument von L. Brunn lernen wir nun ein eigentliches Instrument dieser Gattung kennen; durch Brunn wurde also zur Renaissancezeit in Kursachsen auch das Triangulationsinstrument eingeführt.

Das Triangulationsinstrument gestattete die Konstruktion eines Dreiecks, das dem in der Natur auszumessenden Dreieck ähnlich war; drei Lineale wurden hierzu benötigt, von denen die gesuchte Größe von Dreieckseiten abgelesen werden konnte. Bei dem Universal-Instrument bilden die beiden Al-idaden zwei und das Meßlineal

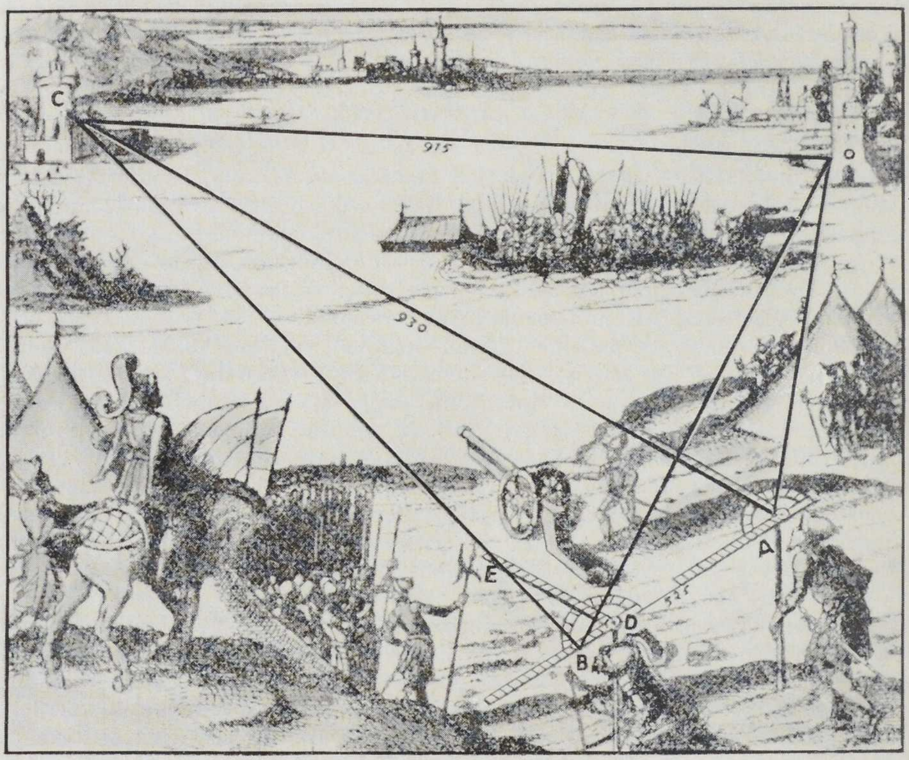


Abb. 48
Vermessungen mit Leonhard Zublers bzw. Lucas Brunns Instrument
(Bild aus Zublers Werk)

(Facies rectarum) das dritte Lineal. — Zur Erläuterung eines *Vermessungsbeispiels* wird eine Abbildung aus Zublers Werk benutzt (Abb. 48).

Es kommt Zubler bei der Illustration darauf an, die mathematische Grundlage der Aufgabe recht klar zu veranschaulichen, und das ist ihm auch gut gelungen. Zu beachten ist freilich, daß die beiden gezeichneten Meßstationen A und B in der Abbildung viel zu nahe aneinander liegen.

Es ist von B aus die *Entfernung zum Turm C* (zwecks Beschießung!) zu messen, wenn die Strecken AB (= 525 Fuß) und AC (= 930 Fuß) bekannt sind. — Die Ebene des Instrumentes mit den Linealen liegt horizontal; in A wurde das eine Lineal in Richtung des Durchmessers der Halbkreisscheibe gedreht und dann das

Instrument mit diesem Lineal nach Station B eingerichtet, wie in Abb. 48 zu sehen ist. Station A zeigt, wie nun vom Feldmesser mit dem anderen Lineal Punkt C eingezielt wird.

Damit ist die eigentliche Vermessungsarbeit beendet; die gezeichnete Meßstation in B mit dem Instrument ist an sich nicht nötig. ZUBLER zeigt aber noch sehr klar damit, daß $\triangle ABC$ *ähnlich* $\triangle DBE$ ist, wenn nun auf den in ihrer Lage festgehaltenen Linealen die Punkte 930 (E) bzw. 525 (B) aufgesucht werden; das dritte Lineal — in B und E angelegt — ergibt mit BE die *gesuchte Entfernung* BC. — Das Meßlineal besitzt im Skalenanfang eine *Öse* (vgl. Abb. 45b, oben links); diese Öse kann in die in B befindliche Visiernadel der Al-idade eingesetzt werden, so daß dadurch eine genaue Festlegung des Skalenanfanges des Meßlineals auf Punkt B möglich ist.

Angewendet wurde bei dieser Vermessung der *Ähnlichkeitssatz*: Dreiecke sind ähnlich, wenn sie im Verhältnis zweier Seiten und im eingeschlossenen Winkel übereinstimmen.

Die in Abb. 48 noch eingezeichneten Linien beziehen sich auf weitere Ausmessungen (Einzeichnung der Punktbezeichnung $A, \ldots, E$ vom Verf.).

d) *Winkelfeinmessungen*

Das soeben besprochene Vermessungsbeispiel enthielt nicht die Aufgabe der Größenbestimmung eines Winkels; es hätte aber dort nach der Einzielung von C nur noch einer Ablesung am Transversalband bedurft, um die Größe des Winkels BAC (auf $10'$ genau) zu erhalten.

Das allgemeine *Verfahren zur Winkelfeinmessung* mit dem Universal-Instrument wurde damit also schon genannt und in der Abbildung dargestellt, so daß weitere Erörterungen nicht nötig sind: Festlegung des einen Lineals in Durchmesserrichtung und Einstellung des Instrumentes mit Hilfe dieses Lineals in die erste Zielrichtung, danach visieren mit dem zweiten Lineal zum zweiten Zielpunkt, Ablesung der Winkelgröße am Transversalband (bei Messung von Höhenwinkeln ist die erste Zielrichtung die *Horizontale*).

e) *Winkelfeinstmessungen*

L. BRUNN ließ sich bei der Ausarbeitung seines Verfahrens der Winkelfeinstmessung von dem Gedanken leiten, die Winkel durch Strecken, *Sinusstrecken*, zu messen. BRUNN hat diesen Gedanken nicht als erster gehabt; dieses Verfahren war ja sehr alt. Die *Sehnenrechnung* des HIPPARCH (um 150 v. u. Z.) und des PTOLEMAIOS (um 150 u. Z.) (vgl. WUSSING [14, 1.; S. 157, 166ff.]), die zur Entwicklung des Begriffs der Sinusstrecken führte, schloß diesen Gedanken mit ein (S. 26). — BRUNN kam es bei seinem Verfahren darauf an, mit *größter Genauigkeit* zu arbeiten; dafür hatte er sein trigonometrisches Sinuslineal konstruiert! Eine *Streckenteilung*, die er bei seinem Verfahren der Winkelfeinstmessung anwendet, ist auch leichter vorzunehmen als eine Bogenteilung, wie die Winkeltransversalteilung zeigte.

BRUNNS Verfahren, das bisher unbekannt geblieben ist, soll an einem *Meßbeispiel*, einer *Höhenwinkelmessung*, erläutert werden (Abb. 49). — Die Ebene des Instrumentes mit den Linealen steht senkrecht (wie in Abb. 44); das erste Lineal wird in den Durchmesser gedreht und horizontal eingestellt. Mit dem zweiten Lineal wird der Punkt, dessen Höhenwinkel α zu messen ist, eingezielt.

Nach Feststellung dieses Lineals wird in seinem Skalenende C in die dort befindliche Visiernadel das trigonometrische Lineal mit seiner Öse (Skalenanfang) eingehängt und in genau senkrechte Lage zum horizontalen Lineal gebracht. Der Mikrometer-Schlitten des trigonometrischen Lineals wird auf den Schnittpunkt B der beiden Lineale eingestellt; die Ablesung ergibt den gesuchten Winkel α (z. B.: $\alpha = 30° \; 20' \; 12'' \; (15''')$). — BC ist die Sinusstrecke für den Winkel α im $\triangle ABC$, dessen Hypotenuse mit der Länge und damit der Einheit 100000 der Sinusskala ($AC = CD$) übereinstimmt [86].

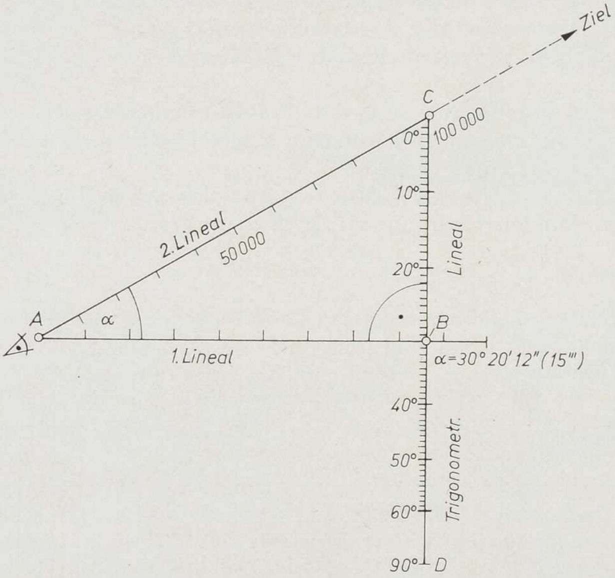


Abb. 49
Höhenwinkelmessung (α) mit dem trigonometrischen Meßlineal von Lucas Brunn

Da ein Teil (1″) der 60-Teilung der Mikrometerscheibe noch verhältnismäßig groß ist (1,5 mm), kann bei der Ablesung eine *Abschätzung von Teilen der Sekunde*, etwa 15 *Tertien* (15‴), d. h. $^1/_4$ Skalenteil, noch angenommen werden (deshalb die obige Klammerbeifügung bei der Winkelangabe von α). — L. Brunn sagt selbst in seiner Handschrift an der auf S. 131 angeführten Stelle über die Ablesegenauigkeit: „... Wonach ich ein Regulam ... genommen, sie neben einem Universal-Instrument ... verwendete, do denn durch beider application die *distantiae altitudinis stellarum Inn graden, Minuten, Secunden und zehen Tertien* auch aufgezeichnet und andere viel nützliche Dinge dadurch verrichtet werden mögen ...“

Brunn war es also mit seiner Methode gelungen, Winkel mit *so* großer Genauigkeit zu messen, eine Tatsache, auf die bisher nicht hingewiesen wurde. Mag er auch in seiner Freude und Begeisterung, diese schöne Methode der Winkelfeinstmessung gefunden zu haben, bei seiner Genauigkeitsabschätzung etwas zu weit gegangen sein („zehen Tertien“ = $^1/_6$ Sekunde, d. h. $^1/_6$ einer Teileinheit der Mikrometerscheibe, waren kaum ablesbar), so erfahren wir doch nebenbei aus seinen Worten, daß er mit seinem Verfahren besonders der *astronomischen Winkelmessung*

(Messung von „Sternhöhen" — Distantiae altitudinis stellarum) dienen wollte. — So wird er selbst mit seinem „zuvor nie gemachten Künstlichen Trigonometrischen Lineal" (S. 130) *Sternhöhen, aber auch andere Winkel bis auf Sekundengenauigkeit* gemessen haben; in seinen Handschriften [79a; insbesondere C 7: „De dimensione triangulorum ..."] finden sich mehrfach in Beispielen Angaben von Dreieckwinkeln bis zur Genauigkeit von Sekunden.

f) Zusammenfassende Würdigung

Die Genauigkeit der technischen Ausführung der beiden Brunnschen Instrumente wurde noch vor ihrem Verlust untersucht; es konnte hierbei festgestellt werden, daß es sich um sehr exakte feinmechanische Arbeiten handelte, wohl die besten, die in der Werkstatt der beiden Trechsler entstanden. Besonders hervorzuheben sind die Feinheit der zahlreichen Linien bzw. Teilungen und die vortreffliche Ausführung der frühen Schraubenmikrometer-Vorrichtung zur Längenfeinstteilung und ihrer Ablesung [87], hier wieder vor allem die Sauberkeit der Gewindeschnitte der beiden langen Schrauben — wichtigste Teile zur Gewinnung präziser Meßergebnisse! Diese waren also in jeder Hinsicht bei exakten Einstellungen der Instrumente möglich.

Noch befriedigende Ergebnisse konnten bei der Funktionsprüfung der Instrumente (Strecken- und Winkelfeinmessung) erreicht werden; der damalige Zustand des Mikrometers ließ freilich eine solche Prüfung dieser Meßvorrichtung nicht mehr zu.

Zur Zeit der Geburtsstunde der optischen Beobachtungsgeräte [63], die für das Gebiet des Vermessungswesens revolutionierend werden sollten und an deren Entwicklung und Verwendung L. Brunn selbst so interessiert war — wie gezeigt werden konnte —, ist sein Universal-Instrument mit trigonometrischem Meßlineal das erreichte, sehr gute Ergebnis der Erforschung der Möglichkeit, noch ohne Optik, allein mit Hilfe trigonometrischer Mittel und technischer Präzision Feinstmessungen bis an die Grenze des damals Möglichen durchführen zu können. — Die Herstellung einfacher zu bedienender, leistungsfähiger Instrumente mit optischer Ausstattung hatte zur Folge, daß Brunns Meßverfahren keine weitere Verbreitung fand, was sonst sicher der Fall gewesen wäre. Wahrscheinlich erkannte dies Brunn selbst, und er verzichtete deshalb auf den geplanten Bau eines größeren Universal-Instrumentes (S. 135).

So nimmt Brunns Instrumentarium unter den Geräten zur Winkelmessung in der Renaissancezeit eine entsprechende Stellung ein wie Schisslers „Quadratum" unter den Meßquadraten (S. 79): Es ist ein Höhepunkt und gleichzeitig Abschluß einer Entwicklungsreihe; bemerkenswert ist, daß beide Instrumente in derselben Sammlung ihre Aufbewahrung fanden.

Die gemeinsamen Arbeiten des Wissenschaftlers Lucas Brunn und der beiden Werkmeister Christoph Trechsler d. Ä. und d. J. bleiben trotz ihres so bedauerlichen Verlustes weiterhin ein schönes Zeugnis lebendiger Mathematik der Renaissance.

Vielleicht wird es möglich, eine Nachbildung der Instrumente von Brunn in Originalgröße zur Aufstellung im MPhS Dresden — wenigstens in fotografischer Ausführung — anzufertigen (dasselbe gilt für andere verlorengegangene wichtige Instrumente), um den Besuchern einen anschaulichen Eindruck von diesen Zeugnissen von Wissenschaft und Technik früherer Zeiten zu vermitteln!

VII. Handschriftliche Tafelwerke zur Verwendung bei Feldmeßarbeiten (aus der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts)

1. Einführung

Es wurde bisher schon mehrfach darauf hingewiesen, daß die Feldmesser der Renaissance bemüht waren, notwendige Rechnungen zu vereinfachen bzw. ganz zu vermeiden durch Aufstellung von Tafelwerken (für bestimmte Aufgabengruppen), denen die gesuchten Ergebnisse entnommen werden konnten. Christoph Schisslers eherne *Quotiententafeln* auf seinem Meßquadrat von 1569 (S. 75) waren hierfür ein besonders schönes Beispiel; das gilt auch für die auf S. 35f. angeführten *Tafeln von Flächeninhalten.*

Die Einbeziehung bzw. Verwendung der *trigonometrischen Tafeln* (Sinus- und Schatten- bzw. Tangenstafeln) in das Berechnungswesen der Feldmesser war ein weiterer Schritt, eine höhere Stufe auf diesem Weg der Vereinfachung; gleichzeitig war damit eine methodische Neuerung der Meßpraxis verbunden. Ausführlich wurden diese Fortschritte anhand von Erasmus Reinholds „Bericht vom Feldmessen und Marscheiden" (1574) dargestellt (S. 26ff.).

Handschriftliche Tafelwerke, die einst der Bibliothek der Dresdner Kunstkammer angehörten und danach bis 1945 im MPhS aufbewahrt wurden, liefern den Beweis, daß *kursächsische Mathematiker* bei diesen Verbesserungen noch weiter gingen, indem sie nämlich den Feldmessern für ihre Arbeiten praktische Hilfen in Gestalt von Tafeln an die Hand gaben, aus denen sie teils ohne jede Rechnung, teils mit Anwendung einfacher Additionen das gesuchte Ergebnis finden konnten.

Diesen Tafelwerken liegen *trigonometrische Tabellen* zugrunde, die für spezielle, aber häufig vorkommende Vermessungsaufgaben bearbeitet worden sind. Es handelt sich hierbei um *fünf Tafeln* verschiedener Verwendungsart.

Vier von diesen Tafeln sind in einem Schweinslederband zusammengefaßt; er trägt die Aufschrift „Ausgerechnete Taffeln zum Compass". Die fünfte Tafel ist ein besonderer Band mit dem Titel „Winkeltafel mit Meßanweisung". Während den vier Tafeln des Sammelbandes die *Größen von auszumessenden Strecken* entnommen werden können, diente die fünfte Tafel, die keine trigonometrischen Grundlagen besitzt, der *Winkelfeinstmessung* nach dem Verfahren der 44 *Hilfskreise* des Pedro Nunes.

Aus der Einleitung zu den vier Tafeln des Sammelbandes („... deren nutz und derselben brauch in tota Mathesi nicht auszusprechen, denn wunderbarliche ding sind nach der Observation daraus zu findenn ...") geht hervor, daß jede von ihnen zu einem *Bussolen-Instrument* („Compass") bestimmter Teilungseinheit gehörte. — Die erste Tafel bezieht sich auf eine $2 \times 180°$-Teilung (in beiden Richtungen beziffert — wie auch bei den anderen Teilscheiben), die zweite auf eine bergmännische Bussole mit einer 2×120-Teilung, die dritte auf eine Bussolenteilung von $4 \times 90°$

und die vierte auf eine solche in 4×60 Teile. — Die fünfte Tafel fand für ein Bussolen-Instrument Verwendung, das die von Nunes eingeführten 44 *Hilfskreise* mit ihren Teilungen besaß. — Besonders erkennbare, zu den fünf Tafeln gehörige Bussolen-Instrumente waren auch vor 1945 nicht im MPhS vorhanden.

Verfasser und *Zeit der Entstehung* der handschriftlichen Tafelwerke sind in ihnen nicht angegeben. Bei Beachtung der Schriftform — es handelt sich nicht um einen Schreiber für alle fünf Tafeln — und bei Beurteilung der wissenschaftlichen Grundlagen der Tafelwerke ist anzunehmen, daß sie gegen *Ende des 16. Jahrhunderts* (um 1590) entstanden sind.

Von *kursächsischen Gelehrten* sind sie verfaßt worden, wie aus in ihnen angeführten Maßen (wie „Dreßdnische elen oder Ruten") zu schließen ist. Als Verfasser könnten an erster Stelle der kursächsische Mathematiker und spätere Dresdner Kunstkämmerer Melchior Joestel (seit 1591 in Dresden, 1619 dort gestorben; S. 20) und andere Mathematiker seines Kreises (Scultetus; S. 20) in Frage kommen.

2. Die erste Tafel: Subtensa- oder Sehnentafel für 1°, ..., 180°

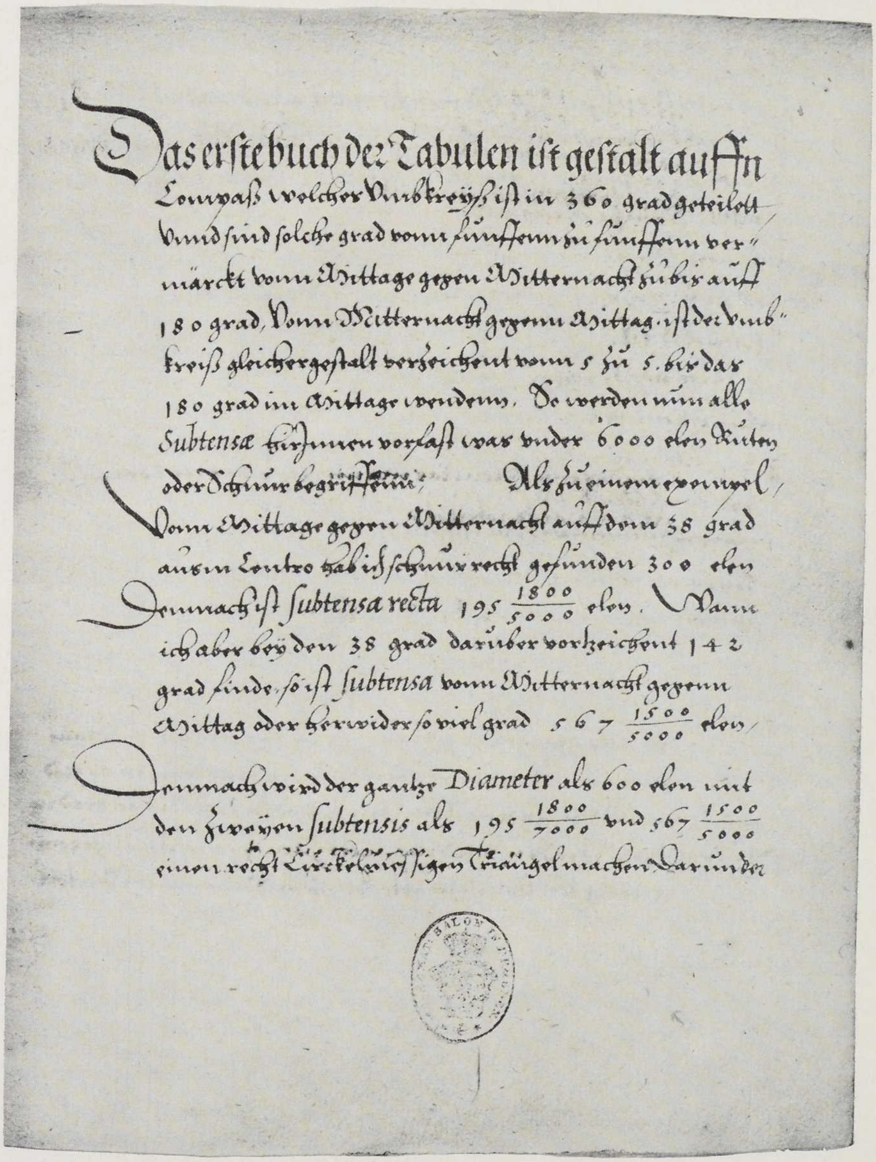
Der Inhalt dieser Tafel wird vom Verfasser am Ende des ersten Abschnittes der Einleitung (Abb. 50) wie folgt gekennzeichnet: „... So werden nun alle Subtensa hir Innen vorfast was under 6000 elen, Ruten oder Schnur begriffenn". — Zum genauen Verständnis dieser Aussage und zur Erläuterung eines vom Verfasser der Tafel anschließend genannten *Beispieles* (Abb. 50) einer Vermessung mit Verwendung seiner Tafel diene Abb. 51.

Am Standort M der Messung wird mit dem Bussolen-Instrument (Meßscheibe SWNO mit Gradteilung und Al-idade) der Winkel AMB (38°) nach zwei von M gleich weit entfernten Orten A und B gemessen (bekannt: $AM = BM = 300$ Ellen). Die gesuchte *Entfernung AB der beiden Orte* kann nun in Ellen sofort der Tafel entnommen werden.

Die Strecke AB ist *Sehne*, in der Tafel *Subtensa* bzw. *Subtensa recta* [88] genannt, für den Mittelpunktswinkel AMB (38°); ihre Größe wird im Beispiel vom Verfasser zu $195\frac{1800}{5000}$ Ellen (Schreibfehler in Abb. 50, vorletzte Zeile: Nenner 7000 anstatt 5000) angegeben (entnommen der Tafel für 38°, 300 Ellen). — Der Verfasser nennt gleichzeitig noch die Subtensa-Größe für den Supplementwinkel BMC von 38°, also 142°: $567\frac{1500}{5000}$ Ellen (in Abb. 51 ist dies die Sehne BC). Beide Strecken sind die Katheten des rechtwinkligen Dreiecks ABC (Hypotenuse $AC = 600$ Ellen).

Das Beispiel läß erkennen, daß es sich bei der *ersten Tafel* um eine *Subtensa- oder Sehnentafel* handelt, aufgestellt für die Mittelpunktswinkel 1°, ..., 180° (ohne Unterteile). Ihr konnte also die *Länge der Basis von gleichschenkligen Dreiecken* für variable Schenkel- und Winkelgrößen entnommen werden.

Der Aufbau der Subtensa-Tafel. Die Tafel enhält nach der Einleitung 90 Seiten; auf jeder Seite stehen die Sehnenwerte für je zwei Grad. Tafelanfang und -ende der ersten



Das erste buch der Tabulen ist gestalt auffn
Compaß welcher Umbkreyß ist in 360 grad geteilet
Unnd sind solche grad vom fünfften zu fünfften ver-
märckt vom Mittage gegen Mitternacht zu bis auff
180 grad. Vom Mitternacht gegen Mittag ist der Umb-
kreiß gleichergestalt verzeichent vom 5 zu 5. bis das
180 grad im Mittage wendem. So werden nun alle
Subtensæ kurtzumen vorfast was under 6000 elen Ruten
oder Schnur begriffen. Als zu einem exempel
Vom Mittage gegen Mitternacht auff dem 38 grad
auß m Contro hab ich schnur recht gefunden 300 elen
Demnach ist subtensa recta 195 $\frac{1800}{5000}$ elen. Wann
ich aber bey den 38 grad darüber verzeichent 142
grad finde, so ist subtensa vom Mitternacht gegen
Mittag oder herwider so viel grad 567 $\frac{1500}{5000}$ elen.
Demnach wird der gantze Diameter als 600 elen mit
den zweyen subtensis als 195 $\frac{1800}{7000}$ und 567 $\frac{1500}{5000}$
einen recht Circkelwinckligen Triangel machen. Darunder

Abb. 50
„Ausgerechnete Taffel zum Compass“ (Handschrift des MPhS; um 1590)
Textseite 1 der ersten Tafel

Seite sei wiedergegeben:

Grad	Linea aus dem Centro	Subtensa		Linea aus dem Centro	Subtensa		Grad
1	Elen	Elen	5000	Elen	Elen	5000	2
	1	—	87	1	—	$174^1/_2$	
	2	—	174	2	—	349	
	⋮			⋮	⋮	⋮	
	100	1	3700				
	⋮	⋮	⋮				
	6000	104	2000	6000	209	2000	

Die in Ellen angegebenen Werte der Eingangsspalte („Linea aus dem Centro") sind die variablen Schenkellängen (MA bzw. MB in Abb. 51); die vollständige Wertefolge bis 6000 ist aus der entsprechend aufgebauten Spalte „Hypothenusa" der Tafel 3 (Abb. 52) zu ersehen. — Die aufeinanderfolgenden Werte der Subtensa-Spalte sind die entsprechenden *Vielfachen* der *Subtensa-Einheit* (bei 1° ist dies der Wert für 1 Elle: $\frac{87}{5000}$); die Längen der Dreiecksbasen (Subtensa bzw. Sehnen) vergrößern sich ja — bei gleichbleibendem Winkel an der Spitze — proportional mit dem Anwachsen der Schenkellängen. — Der Verfasser ersparte also dem Feldmesser mit seiner Tafel viel Rechenarbeit (Multiplikationen).

Bei Aufstellung der Tafel war für jeden Grad die *Subtensa-Einheit* festzulegen. Diese Werte wurden mit Hilfe einer *Sinustafel* ($r = 10000$) gewonnen. Da nach Abb. 51 Subtensa $AB = 2 \cdot AD = 2 \cdot \sin 19°$ ist, ist ersichtlich, daß man die Subtensa-

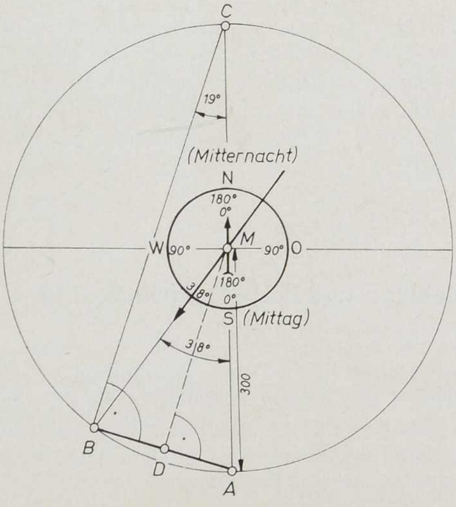


Abb. 51
Ausmessung der Sehne (Subtensa) AB
mit einem Bussolen-Instrument
bei Verwendung einer Subtensa-Tafel

Einheiten von 1°, ..., 180° durch *Verdopplung* der Sinuswerte von $^1/_2$°, ..., 90° (Anstieg $^1/_2$°) erhielt.

Der Sinuswert für $^1/_2$° ($r = 10000$) ist (z. B. nach einer Tafel des RHAETICUS oder REINHOLD) 87, d. h., für $r = 10000$ Einheiten ist der Sinuswert 87 Einheiten, also ergibt sich für eine Einheit die Größe $\frac{87}{10000}$ [89]. So errechnete sich die *Subtensa-Einheit* (in Ellen) für 1° zu $\frac{87}{10000} \cdot 2 = \frac{87}{5000}$ (Ellen).

Die Zahlen der rechten Subtensa-Spalten (unter der Zahl 5000) sind also die Zähler von Brüchen mit dem Nenner 5000, so daß hier Bruchteile von Ellen, daneben die ganzzahligen Ellenwerte abgelesen werden.

Ein *Beispiel* beschließe die Besprechung dieser interessanten Subtensa- oder Sehnentafel [90]:

Die Größe der Basis AB eines gleichschenkligen Dreiecks ABC mit den Schenkellängen 6102 (Ellen) und dem Spitzenwinkel 1° ist zu bestimmen. Die Tafel ergibt die drei Werte für 6000, 100 und 2 (vgl. S. 147):

$$AB = 104\frac{2000}{5000} + 1\frac{3700}{5000} + \frac{174}{5000} = 106\frac{874}{5000} \text{ (Ellen)}$$

$$[= 106,1748 \approx 106{,}2].$$

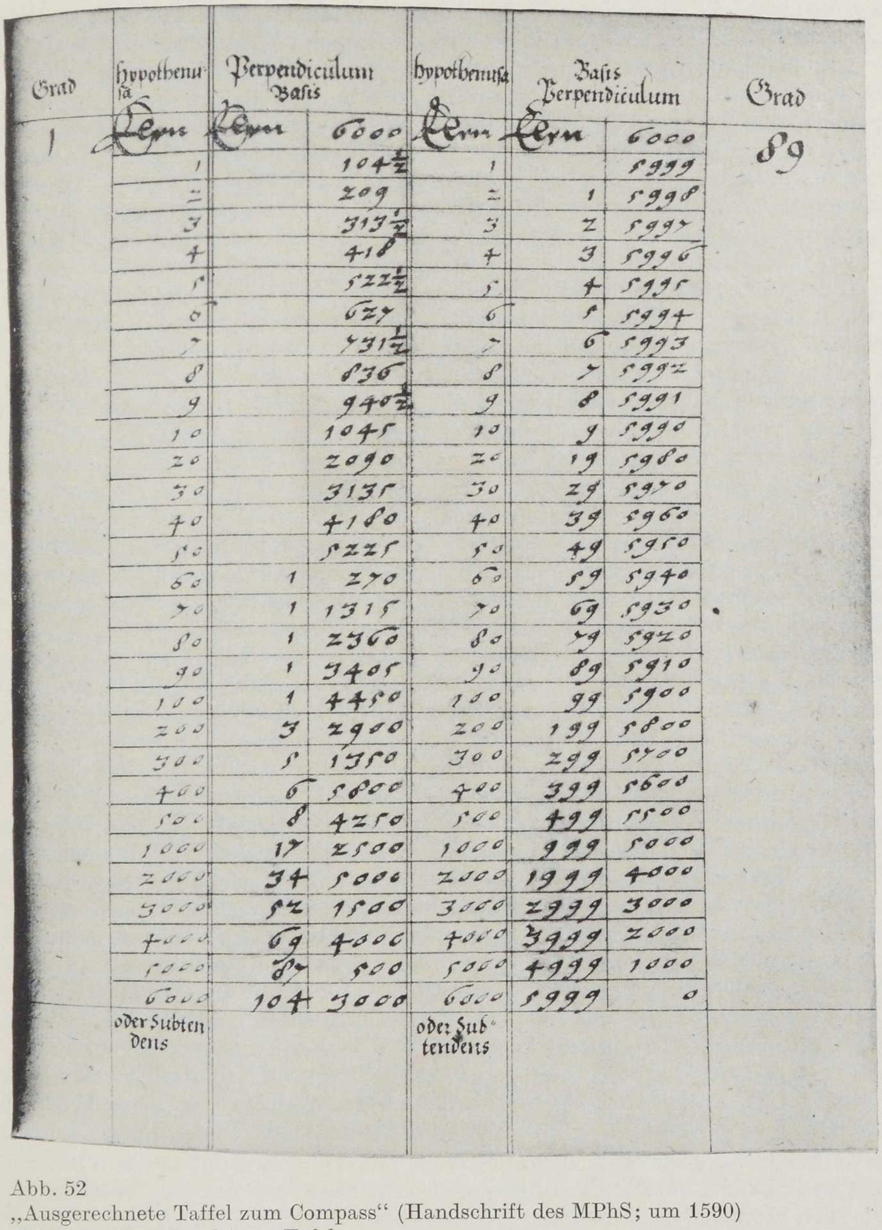
Die Berechnung mit dem heutigen 6stelligen Tafelwert $\sin {}^1/_2° = 0{,}008727$ führt zu $AB = 106{,}504$; es ergab sich also bei dem mit der Tafel errechneten Wert ein Fehler von nur 3‰.

3. Die zweite Tafel: Subtensa- oder Sehnentafel für 1, ..., 120 Teile des Halbkreises

Diese Tafel (60 Seiten) ist ebenfalls zum Gebrauch für Sehnenausmessungen bestimmt, hier bei Benutzung eines Bussolen-Instrumentes mit der bergmännischen 2×120-Teilung. Sie ist entsprechend Tafel 1 aufgebaut und läuft von der Teileinheit 1 bis 120 Teile. Die 120 Subtensa-Einheiten waren in diesem Fall mit Hilfe der Werte einer Sinustafel, die im Abstand von $^3/_4$° aufeinanderfolgen, zu gewinnen (1 Teileinheit $\triangleq$ 180°:120 = $1^1/_2$°).

4. Die dritte Tafel: Perpendiculum- und Basistafel (sin, cos) für 1°, ..., 89°

Diese Tafel ist eine echte Sinus/Kosinus-Tabelle für 1°, ..., 89° (ohne Unterteilung), aber wieder für Feldmeßarbeiten aufbereitet (bis zu 6000 Maßeinheiten) wie bei den Tafeln 1 und 2 (Wiedergabe der Seite 1 der dritten Tafel in Abb. 52). Sie umfaßt 45 Seiten; jede Seite enthält zwei Tabellen mit Gradbezeichnung links und rechts oben (wobei der rechte Wert das Komplement des linken ist. Die Anordnung ist also ab 45° *rückläufig* (wie schon im Tabellenwerk des RHAETICUS).



Grad	hypothenusa	Perpendiculum Basis		hypothenusa	Basis Perpendiculum		Grad
1	Elln	Elln	6000	Elln	Elln	6000	89
	1		104½	1		5999	
	2		209	2	1	5998	
	3		313½	3	2	5997	
	4		418	4	3	5996	
	5		522½	5	4	5995	
	6		627	6	5	5994	
	7		731½	7	6	5993	
	8		836	8	7	5992	
	9		940½	9	8	5991	
	10		1045	10	9	5990	
	20		2090	20	19	5980	
	30		3135	30	29	5970	
	40		4180	40	39	5960	
	50		5225	50	49	5950	
	60	1	270	60	59	5940	
	70	1	1315	70	69	5930	
	80	1	2360	80	79	5920	
	90	1	3405	90	89	5910	
	100	1	4450	100	99	5900	
	200	3	2900	200	199	5800	
	300	5	1350	300	299	5700	
	400	6	5800	400	399	5600	
	500	8	4250	500	499	5500	
	1000	17	2500	1000	999	5000	
	2000	34	5000	2000	1999	4000	
	3000	52	1500	3000	2999	3000	
	4000	69	4000	4000	3999	2000	
	5000	87	500	5000	4999	1000	
	6000	104	3000	6000	5999	0	
	oder Subtendens			oder Subtendens			

Abb. 52
„Ausgerechnete Taffel zum Compass" (Handschrift des MPhS; um 1590)
Tabellenseite 1 der dritten Tafel

Die *Eingangsspalte* wird dieses Mal nicht mit „Linea aus dem Centro", sondern mit „Hypothenusa" bzw. „Subtendens" bezeichnet; die *Sinus- bzw. Kosinusspalte* ist — wie bei Rhaeticus — „Perpendiculum" bzw. „Basis" genannt; hierbei stehen beide Bezeichnungen am Spaltenanfang untereinander, während bei einer heutigen Tabelle der Name der Kofunktion am Spaltenende angeschrieben ist.

Die Namen „Perpendiculum" und „Basis" sind Bezeichnungen für die Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks; sie erklären sich aus der zur Zeit der Tabellenherstellung üblichen Lage, in der bei Erläuterungen ein rechtwinkliges Dreieck gezeichnet wurde (vgl. $\triangle ABC$ in Abb. 3a). AB ist die „Hypothenusa". Das Dreieck „ruht" auf der Kathete AC, deshalb für AC der Name „Basis"; da die Kathete AC die Kosinusstrecke für Winkel α ist, entspricht also „Basis" der Tafel dem *Kosinuswert*. Die Kathete oder Sinusstrecke BC für α steht senkrecht auf AC; dies führte zum Namen „Perpendiculum" für die Sinusstrecke bzw. den *Sinuswert*.

Die dritte Tafel gibt also die Vielfachen $(1, \ldots, 6000)$ der Sinus- bzw. Kosinus-Einheitswerte von 1° bis 89° und damit die Kathetenlängen für variable Hypotenusengrößen (von 1 bis 6000) rechtwinkliger Dreiecke an. — Beachtlich ist die Tatsache, daß die Tafel *nicht* auf die Einheit $r = 10000$ — wie bei den Subtensa-Tabellen — bezogen ist, sondern auf $r = 6000$; die angegebenen Tabellenwerte sind also alles 6000stel einer Elle. — Wahrscheinlich wollte der Autor wegen der zu seiner Zeit noch häufigen Benutzung der *sexagesimalen Einheit* [91] eine darauf gegründete Tafel neben seine Subtensa-Tabellen mit $r = 10000$ stellen. — Die zur Herstellung der Tafel notwendigen Sinus- bzw. Kosinus-Einheitswerte wurden einer vorhandenen Tabelle dieser Werte für mindestens $r = 6000$ entnommen.

Die Tabelle war vielseitig verwendbar; bei Kenntnis der Größe der Hypotenuse und eines anliegenden Winkels konnten für ein auszumessendes rechtwinkliges Dreieck die Kathetenlängen mit Hilfe der Tafel ohne Rechnung entnommen werden, oder man hatte aus der Tafel gewonnene Teilwerte nur noch zu addieren, um das Ergebnis zu erhalten.

Bei der Besprechung der Anwendung von Reinholds *Sinustafel* bei Feldmeßarbeiten wurde eine *Aufgabe* durchgerechnet (S. 27 und Abb. 3a, b); sie soll jetzt mit Hilfe von Tafel 3 ohne wesentliche Rechnung gelöst werden. — Es handelt sich um die Berechnung der Kathete $B'C'$ von Dreieck $A'B'C'$, wenn die Hypotenuse $A'B' = 2500$ (Schuh) und $\alpha = 53^\circ$ ausgemessen wurden. Die gesuchte Kathete x war bei Reinhold durch Ausrechnung einer aufzustellenden Proportion zu gewinnen; es ergab sich $x = 1996\,^1/_2$ (Schuh).

Tafel 3 können bei 53° unter „Hypothenusa" 2000 und 500 die beiden Perpendiculum-Werte 1597|2000 und 399|2000 entnommen werden. Die Kathetenlänge x ist danach:

$$x = 1597\,\frac{2000}{6000} + 399\,\frac{2000}{6000} = 1996\,\frac{2}{3}\ \text{(Schuh)}.$$

Die Berechnung von x mit dem heutigen Wert $\sin 53^\circ = 0{,}798636$ ergibt 1996,59; der Wert nach Tafel 3 kommt diesem Ergebnis sehr nahe und wurde so mühelos gewonnen. Dies charakterisiert die *Vortrefflichkeit dieser Tafel*, die ein schönes Beispiel der praxisverbundenen Arbeit kursächsischer Mathematiker und damit auch ein beachtenswertes Zeugnis lebendiger Mathematik der Renaissance ist.

5. Die vierte Tafel: Perpendiculum- und Basistafel (sin, cos) für 1, ..., 59 Teile des Kreisquadranten

Diese Tafel bedarf keiner weiteren Erläuterungen, da sie entsprechend Tafel 3 aufgebaut ist und wie diese verwendet wird. Sie wurde für den Gebrauch einer 240-Teilung der Winkelmeßscheibe eingerichtet und enthält die Werte für die Teile 1, ..., 59 eines Quadranten. Bei Herstellung der Tafel mußten also die Perpendiculum- bzw. Basis-Einheitswerte im Abstand von $1^1/_2°$ ($90°:60 = 1^1/_2°$) verwendet werden.

6. Die fünfte Tafel: Tafel für Winkelfeinstmessungen (Methode der 44 Hilfsquadranten)

a) Das Meßinstrument nach Pedro Nunes und die zugehörige Dresdner Winkeltafel

Der Portugiese Pedro Nunes (auch Nuñez, Nonius; 1492—1577) beschreibt in seiner Schrift „De Crepusculis" (Lissabon 1542) ein Instrument zur Winkelmessung, mit dem er eine neue Methode anwendet, um zu recht genauen Meßergebnissen zu gelangen. Gegen Ende des 16. Jahrhunderts muß in Dresden bzw. Kursachsen ein solches Instrument benutzt worden sein, obwohl es nach den Inventarverzeichnissen in der Dresdner Kunstkammer und damit auch im MPhS nicht vorhanden war. Dafür gab es aber in der Bibliothek der Kunstkammer eine *handschriftliche „Winkeltafel"* — es ist unsere fünfte Tafel, die zur Erleichterung des Arbeitens mit einem Instrument nach Nunes in sicher mühsamer Rechenarbeit hergestellt worden war.

Zum Verständnis dieser Tafel ist die Kenntnis des *Baues des Nunes-Instrumentes* notwendig; Abb. 53 dient zur Erläuterung, wobei der eine ausgezeichnete Quadrant genügt. Das Bild stellt schematisch — gezeichnet nach Hinweisen in der fünften Tafel — den Anblick des in Dresden benutzten Bussolen-Instrumentes dar (unter Auslassung der Auszeichnung der übrigen Quadranten).

Die Nunes-Teilung wurde meist auf Quadranten angebracht, die der *astronomischen Winkelmessung* dienten (z. B. Tycho Brahes Instrumente). In Dresden hat man — vielleicht erst- und einmalig — die Nunes-Methode für *Zwecke der Feldvermessung* benutzt und dazu einen *Vollkreis* eingeteilt.

Nunes ging von der Tatsache aus, daß die Al-idade bei einer Messung nur selten genau einen Teilstrich des Gradbogens trifft. Sind aber mehrere Bogen vorhanden, konzentrisch zum äußeren Quadranten und mit anderer Teilung versehen, dann ist dies bei einem dieser vielen Hilfsquadranten weit eher möglich. So entstanden die 44 *Hilfsquadranten des Nunes-Meßverfahrens;* diese Quadranten wurden von 46 bis 89 numeriert, und ihre Bogen teilte man gleichmäßig in soviel „Punkte", wie die betreffende Nummer angab. — Die Al-idade schneidet z. B. in Abb. 53 den 66. „Punkt" des 76. Quadranten.

Für den ersten Punkt z. B. des 46. Quadranten erhielt man den folgenden Winkelwert in Grad, weil 46 Teile 90° ergeben: $90°:46 = 1°\,57'23'' \ldots$; die Gradzahlen des zweiten und der folgenden Punkte (bis 46) sind die *Vielfachen* dieses Wertes (allgemein für q = Nummer des Quadrantbogens, m = Punktzahl, x = zugehörige Gradzahl: $x = \frac{90 \cdot m}{q}$).

Dieses schöne Verfahren der Winkelfeinstmessung fand natürlich sofort bei den Astronomen besonderen Anklang, um damit genauere Ergebnisse als bisher (z. B. bei Sternhöhenmessungen) zu gewinnen. So verwendet diese Methode auch TYCHO BRAHE, der von NUNES anerkennend spricht, wenn er ihn in seiner „Astronomiae nstauratae mechanica", 1598, „hispanus mathematicus clarissimus" (hochberühmter panischer (!) Mathematiker) nennt.

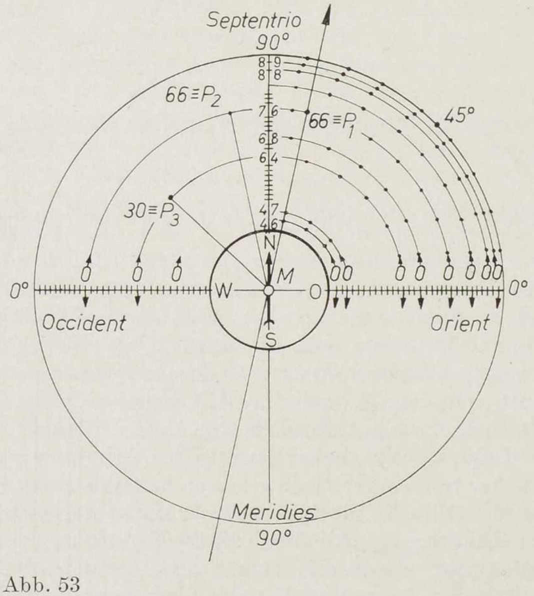


Abb. 53
Bussolen-Instrument mit 44 Hilfsquadraten nach PEDRO NUNES (schematisch)

Aber BRAHE erkannte auch bald die Schwächen des Verfahrens (wie aus einem Brief an seinen Freund ROTHMANN von 1587 [14 d; S. 369] hervorgeht; ROTHMANN war astronomischer Mitarbeiter des Landgrafen WILHELM IV. von Hessen in Kassel). Die technische Herstellung der Feinteilung — es waren für die 45 Quadranten 3015 Teilpunkte einzutragen — mußte mit *größter Genauigkeit* geschehen, die wohl nicht immer erreicht wurde; dazu kamen *Ableseschwierigkeiten*, wenn nämlich der richtige „Punkt" einer bestimmten Al-idade-Stellung auszuwählen war [92].

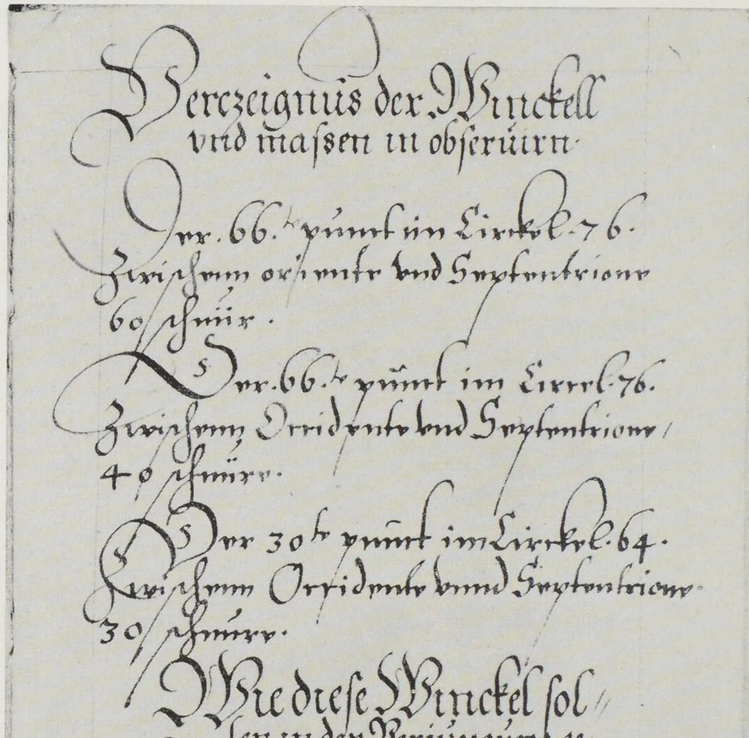
Jedenfalls wurde auch in Dresden in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts das Verfahren der 44 Hilfsquadranten angewendet, wie die „Winkeltafel" des MPhS beweist. Diese „Winkeltafel mit Meßanweisung" war ein Schweinslederband von 150 Seiten mit Eingangstext und 44 Tabellen (jede von zwei oder mehr Seiten Umfang, numeriert von 46 bis 89).

Abb. 54 zeigt die erste Hälfte der Tabelle für Quadrant 46. Neben den 23 „Punkten" der ersten Spalte dieses Quadranten stehen die Winkelwerte in Grad. Wir finden

46 0+

Puncta		Grad	Scr:	Sec:	Tert:	Quar:	Quin:	Sext:	Sept:	Octa:	Non:	Deci:
1		1	57	23	28	41	44	20	52	10	26	5
2		3	54	46	57	23	28	41	44	20	52	10
3		5	52	10	26	5	13	2	36	31	18	15
4		7	49	33	54	46	57	23	28	41	44	20
5		9	46	57	23	28	41	44	20	52	10	26
6		11	44	20	52	10	26	5	13	2	36	31
7		13	41	44	20	52	10	26	5	13	2	36
8		15	39	7	49	33	54	46	57	23	28	41
9		17	36	31	18	15	39	7	49	33	54	46
10		19	33	54	46	57	23	28	41	44	20	52
11		21	31	18	15	39	7	49	33	54	46	57
12		23	28	41	44	20	52	10	26	5	13	2
13		25	26	5	13	2	36	31	18	15	39	7
14		27	23	28	41	44	20	52	10	26	5	13
15		29	20	52	10	26	5	13	2	36	31	18
16		31	18	15	39	7	49	33	54	46	57	23
17		33	15	39	7	49	33	54	46	57	23	28
18		35	13	2	36	31	18	15	39	7	49	33
19		37	10	26	5	13	2	36	31	18	15	39
20		39	7	49	33	54	46	57	23	28	41	44
21		41	5	13	2	36	31	18	15	39	7	49
22		43	2	36	31	18	15	39	7	49	33	54
23		45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abb. 54
„Winkeltafel mit Meßanweisung“ (Handschrift des MPhS; um 1590)
Tabellenseite 1 der fünften Tafel; für Quadrant 46 der Nunes-Teilung, erste Hälfte


Verzeignus der Winckell
vnd massen zu obseruirn·

Der .66.te punct im Circkel·76·
zwischen oriente vnd Septentrione
60 schnür·

Der.66.te punct im Circkl·76·
zwischen Occidente vnd Septentrione
40 schnür·

Der 30te punct im Circkel·64·
zwischen Occidente vnd Septentrione·
30 schnür·

Wie diese Winckel sol-
len in der Verjüngung ge-
rissen werden·

Erstlich thue man den obern teil
im instrument weck, vnd setze das
scheiblein mit dreyen stift. ins loch des
instruments. Hernach so neme man
durchsichtig papier vnd lege solches
darauf, das das papier mit dem stift

Abb. 55
„Winkeltafel mit Meßanweisung“ (Handschrift des MPhS; um 1590)
Textseite 1 der fünften Tafel

bei „Puncta 1“ den schon oben genannten Winkel 1° 57′ 23″; wir erkennen aber auch mit Erstaunen, daß der Rechner diesen und alle anderen Gradwerte nicht nur bis zur Sekunde, sondern bis zur *zehnten Teileinheit* des Winkelgrades (Dekade) angegeben hat.

Es liegt damit in dieser Tafel 5 das Ergebnis einer sehr umfangreichen Rechenarbeit vor; dem Verfasser scheint es aber große Freude bereitet zu haben, diese theoretisch-rechnerisch natürlich richtige Genauigkeit der Gradwerte angeben zu können. Die oben schon genannten möglichen Ungenauigkeiten der Teilungen und der Ablesungen machten diese so genauen Angaben freilich illusorisch.

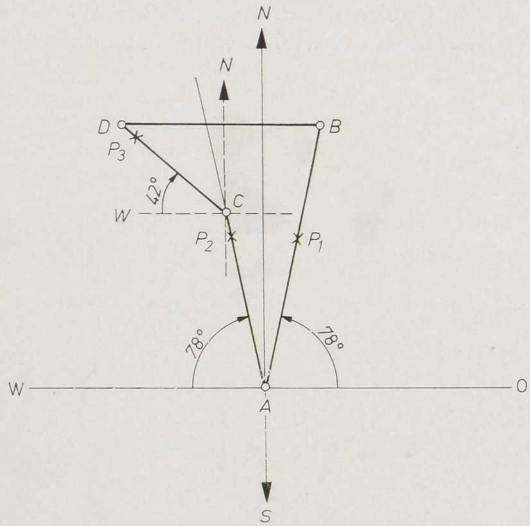


Abb. 56
Riß des Feldes *ABCD* nach der „Meßanweisung“ der „Winkeltafel“

b) Die „Meßanweisung“ der fünften Tafel und der danach auszuführende Riß

Der Verfasser gibt in der Einleitung zur Tafel eine *Erläuterung* („Meßanweisung“ genannt), wie die gemessenen „Winckel in der Veriungung gerissen werden sollen“ (Abb. 55), und zwar mit *Verwendung des Instrumentes.* Es ist dies eine von der üblichen Planzeichnung abweichende Methode (sie sei „Durchstech-Verfahren“ genannt), mit der die *Übertragung der Winkel vom Instrument auf das Zeichenpapier* ohne Kenntnis ihrer Gradwerte „auf genaueste Weise“ vorgenommen werden konnte. — Ein in der „Meßanweisung“ angegebenes *Beispiel* (Ausmessung und Rißzeichnung eines Feldes *ABCD*) soll mit Hilfe von Abb. 56 [93] das Durchstech-Verfahren erläutern („schnür“ vgl. Tabelle S. 33: Schnur):

Nach dem „Verzeignus der Winckell und maßen in observirn“ (Abb. 55) wurden die *Strecken* („maße“) $AB = 60$ Maßeinheiten (z. B. „schnür“), $AC = 40$ ME, $CD = 30$ ME und die *Winkel OAB* (Quadrant NO: 76/66), *WAC* (Quadrant NW: 76/66), *WCD* (Quadrant NW: 64/30) gemessen und diese Zahlen notiert.

Nach Entfernung der Al-idade vom Instrument wird ein „durchsichtig Papier“ („ölgetrencktes Papier“) auf die ebene Meßscheibe gelegt (die Bussole liegt vertieft). Nun werden der Mittelpunkt M, die Achsenrichtungen (Abb. 53) und die drei Meßpunkte P_1(76/66), P_2(76/66), P_3(64, 30) in das Papier mit einer Nadel „durchgestochen“.

Das vorbereitete Zeichenpapier mit Achsenkreuz und Rißbeginn A (Abb. 56) legt man unter das durchsichtige Papier (M auf A, Achsenkreuz auf Achsenkreuz), überträgt die Punkte P_1 und P_2 mittels Durchstechen auf die Zeichnung und zeichnet AB und AC im richtigen Maßstab. Zuletzt ist M des durchsichtigen Papiers auf C des Zeichenpapiers zu legen, P_3 in die Zeichnung einzutragen, CD zu zeichnen und der Riß durch BD zu schließen. — Die Größen der drei gemessenen Winkel waren bei Bedarf und zur Kontrolle der Zeichnung der „Winkeltafel“ zu entnehmen (im Beispiel: 78°..., 78°..., 42°...).

VIII. Zeichen- und Rechenhilfsmittel der Renaissance

1. Einführung

Es war ein verständliches Bemühen der Geometer der Renaissance, vorkommende Rechenarbeiten zu vereinfachen oder ganz zu vermeiden; verschiedene Beispiele konnten bisher für diese Bestrebungen angeführt werden, im letzten Abschnitt die Verwendung des Tafelrechnens.

Es wurde weiter gezeigt, daß vielen Aufgaben aus der Feldmeßkunst der Renaissance *Verhältnisse* bzw. *Proportionen* zugrunde lagen. Auch auf anderen mathematisch-technischen Gebieten spielt hierbei das Verhältnis funktionaler, d. h. voneinander abhängiger Größen (Strecken, Flächen, Rauminhalt, Gewichte und anderes) eine wichtige Rolle; es war oft nötig, eine Größe aus einer oder mehreren anderen, bekannten Größen zu berechnen. Mathematiker, Feldmesser, Kartographen, Kunsthandwerker, geometrische Werkmeister, Architekten und Künstler waren deshalb daran interessiert, *Zeichen- bzw. Rechenhilfsmittel* zu besitzen, bei deren Anwendung Rechnungen sich erübrigten und bestimmte Verhältnisse oder die Lösung einer Proportion (vierte Proportionale) mechanisch gewonnen werden konnten.

Die beim Arbeiten mit Verhältnissen und Proportionen oft notwendigen *Strahlensätze* [17], die die Gleichheit bestimmter Verhältnisse definieren, werden an *zwei Grundfiguren* abgeleitet (zwei von einem Punkt ausgehende Strahlen werden von zwei oder mehreren Parallelen geschnitten; Abb. 58: Die Parallelen AB und CD sind durch den Schnittpunkt S der Strahlen getrennt, Abb. 60: Die Parallelen BC und B_1C_1 sind auf derselben Seite vom Schnittpunkt A der Strahlen gelegen). Mit Hilfe der auf diese geometrischen Bilder angewendeten Strahlensätze läßt sich durch *Zeichnung* die Lösung von Verhältnisaufgaben bzw. Proportionen gewinnen.

Es lag nun der Gedanke nahe (er ist für das praktische Denken der Renaissance-Geometer wieder charakteristisch), die für jeden Einzelfall notwendige Zeichnung zu vermeiden, den geometrischen Bildern die *Starrheit* zu nehmen und dafür ihnen entsprechende, *bewegliche Konstruktionen*, d. h. Instrumente, zu verwenden. Diese Instrumente sollten dann nach vorhergehenden Einstellungen mechanisch die gesuchten Lösungen ergeben.

So entstanden zwei Typen von Instrumenten, der *Reduktionszirkel* (Abb. 57), entsprechend der geometrischen Abb. 58, und der *Proportionalzirkel* (Abb. 59), entsprechend der geometrischen Abb. 60. — Beide sind im wesentlichen in der Renaissance entwickelt worden. Der Reduktionszirkel soll (nach M. Feldhaus [94]) in starrer Form (ohne Verstellbarkeit der Schenkel) schon von den Römern gebraucht worden sein; von Leonardo da Vinci [94] sind Skizzen eines verstellbaren Reduktionszirkels vorhanden (um 1500). — Der Reduktionszirkel ermöglichte die *Durchführung von Zeichenaufgaben mit bestimmten Verhältniswerten.*

Der Proportionalzirkel ist eine Konstruktion aus der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Er wurde für die *mechanische Lösung von Proportionen* hergestellt. — Bekannt ist ein Instrument von JOST BÜRGI aus dem Jahre 1592 [95]. Berühmt wurde der Proportionalzirkel von GALILEO GALILEI, den er 1606 in seiner Schrift „Le Operazioni del Compasso Geometrico e Militare“ beschreibt; bekannt wurde dieser Zirkel auch durch den Prioritätsstreit mit GALILEIS ehemaligem Schüler B. CAPRA. — Zu nennen ist weiter der große Proportionalzirkel des „Universal-Instrumentes“ von L. BRUNN (Abb. 44) aus dem Jahre 1609 (vgl. S. 137). — Im 17. Jahrhundert erscheinen dann verschiedene Berichte über den Proportionalzirkel, von denen der von M. SCHEFFELT (1697) besonders hervorgehoben sei [96].

Der MPhS besaß bis 1945 in den Instrumenten von CHR. SCHISSLER d. Ä. und CHR. TRECHSLER d. Ä. schöne Beispiele für einen Reduktionszirkel (1566) und einen Proportionalzirkel (1624); an ihnen werden im folgenden diese mathematischen Zeichen- und Rechenhilfsmittel erläutert.

Das bedeutendste Rechenhilfsmittel sollte in der Zukunft der zu Anfang des 17. Jahrhunderts entwickelte *logarithmische Rechenstab* werden; auch hiervon befand sich ein sehr frühes Beispiel (um 1650) bis 1945 im MPhS.

Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß in der Renaissance für spezielle Zwecke auch noch andere geometrische Hilfsgeräte gebaut worden sind; folgende sollen hiervon genannt sein: Zirkelinstrumente in Verbindung mit anderen Meßeinrichtungen (als Beispiel sei der im MPhS erhaltene, von KÖRBER [55; S. 137 und 150] abgebildete und beschriebene *Zirkel* von CHRISTOPH SCHISSLER aus dem Jahre 1566 mit Horizontalsonnenuhr, Kompaß und Maßstäben angeführt — Beschreibung dieses Instrumentes auch bei BOBINGER [48; S. 41ff.]), Maßstäbe verschiedenster Verwendung (Kalibermaßstäbe, Eichstäbe, Maßstäbe mit unterschiedlichen Längeneinheiten), Ellipsen-, Parabel- und Spiralzirkel, Stangenzirkel u. a.

2. Der Reduktionszirkel von Christoph Schißler d. Ä. (1566)

a) Bau des Zirkels

Der Reduktionszirkel ist ein Zirkel besonderer Art, da er nicht wie der gewöhnliche Stechzirkel ein, sondern zwei Paar Spitzen besitzt, entstanden durch Verlängerung der Zirkelschenkel über den Drehpunkt hinaus; er ist also eine Art *Doppelzirkel*. — Das Beiwort „Reduktion“ (Zurückführung) erklärt sich aus der Verwendung des Instrumentes; mit ihm ist es möglich, Strecken (z. B. eines Polygons) im selben Verhältnis auf entsprechende Strecken anderer Größe — vergrößert oder verkleinert — zurückzuführen, so daß diese Strecken rasch gezeichnet werden können.

Die Maße beider Zirkelschenkel (Abb. 57) sind $199 \times 10{,}5 \times 3$ (mm). Als Material wurde vergoldetes Messing verwendet; die Zirkelspitzen sind aus poliertem Stahl gefertigt. — Das Instrument zeigt ein gefälliges Äußere im Stil der Renaissance; einige Ornamente sind an den zwei Feststellscheiben, den langen Füßen und auf einer Seite der Querleiste angebracht.

Die Schmalseiten der Schenkel tragen folgende *Inschriften* in Versalien:

(1) Christopherus Schissler faciebat Augustae Vendelicorum A. D. 1566 (Von CHRISTOPH SCHISSLER in Augsburg 1566 gefertigt).

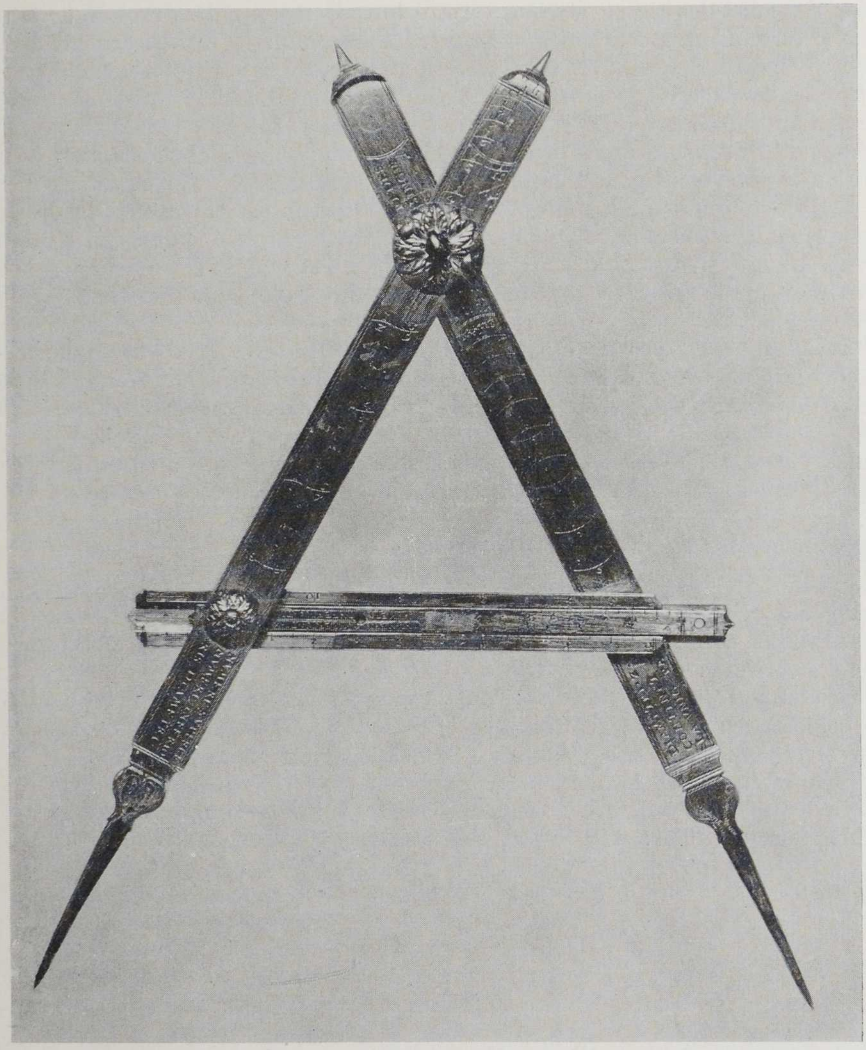


Abb. 57
Reduktionszirkel von CHRISTOPH SCHISSLER d. Ä. (1566)

(2) Ecce dabit geminumque petem variasque figuras et digitos spacio circinus iste brevi. — Die freie Übersetzung dieses Distichons, das den Zirkel und seine Verwendung kennzeichnet, lautet: Siehe, es vermittelt dieser Zirkel mit doppelten Füßen auf kleinem Raum verschiedene Figuren (d. h. regelmäßige Vielecke) und den Maßstab der Einheit „Finger" (1 digitus, d. h. 1 Finger = $^1/_{16}$ Fuß; vgl. S. 33 und 109).

Die beiden Schenkel des Zirkels stecken verschiebbar in Hülsen, die durch eine Niete miteinander verbunden und gegeneinander verdrehbar sind. — Auf beiden Flächen besitzen die Schenkel *Skalen,* d. h. Marken (mit Bezifferungen) in Gestalt von *Kreisbogen*; für eine gewünschte Einstellung auf eine Marke ist die kleine, ornamentierte Kreisscheibe am Hülsenteil an den betreffenden Bogen anzulegen. Der Mittelpunkt der Scheibe und Drehpunkt des Zirkels (Abb. 58: Punkt S) liegt dann genau auf dem der Bezifferung entsprechenden Teilpunkt der Schenkellänge. Die Entfernungen der Spitzen zum Drehpunkt müssen nun bei beiden Schenkeln dieselben sein; in dieser Stellung werden die Schenkel mit Schräubchen in den Kreisscheiben an den Hülsen festgedreht. Damit ist der Zirkel auf ein *bestimmtes Teilverhältnis seiner Schenkellängen* eingestellt; die Schenkel sind nun mit Hilfe der Hülsen um den festgelegten Teilpunkt drehbar.

Zur Festhaltung der Schenkel in einer bestimmten Drehstellung dient eine *Querleiste,* in deren Nute ein Stäbchen verschoben und dann festgestellt werden kann (Querleiste und Stäbchen sind an einem Ende mit je einem Schenkel durch eine Schraube verbunden).

In Abb. 57 sind *drei Skalen* zu erkennen (zwei am linken und eine am rechten Schenkel; die Rückflächen der Schenkel besitzen ebenfalls Skalen).

b) Die mathematische Grundlage des Instrumentes

Sie besteht in der *Aussage des zweiten Strahlensatzes* der Ähnlichkeitslehre [17], angewendet auf die dem geometrischen Bild dieses Satzes entsprechenden Bauteile des Instrumentes. Abb. 58, die schematische Darstellung des Reduktionszirkels, diene zur Erläuterung.

Die Schenkel AD und BC sind in der Zeichnung so eingestellt, daß der Schnittpunkt S beide Schenkel im Verhältnis $1:4$ teilt; in Abb. 57 ist das Verhältnis etwa $1:4$. Die Verbindungsstrecken AB und CD der Zirkelspitzen laufen parallel.

Nach dem zweiten Strahlensatz verhalten sich diese Parallelstrecken wie die zugehörigen Abschnitte auf den Strahlen (hier Schenkeln), vom Schnittpunkt S der Strahlen aus gerechnet:

$$AB : CD = AS : DS = BS : CS = 1 : 4.$$

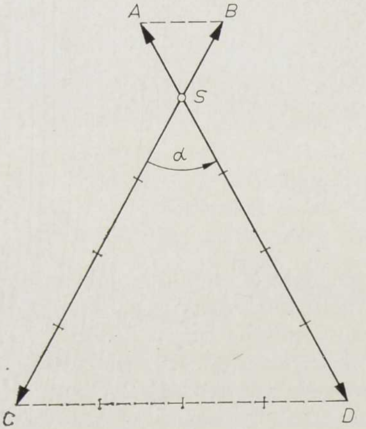


Abb. 58
Der Reduktionszirkel (schematisch)

Dasselbe gilt für jeden beliebigen Scheitelwinkel α der Schenkel; mit anderen Worten: Faßt der Zirkel bei Einstellung auf das Verhältnis 1 : 4 mit den Spitzen A und B eine beliebige Strecke, so ist die andere Spitzenstrecke CD dann $4 \cdot AB$; wird dagegen von CD ausgegangen, so ist $AB = {}^1/_4 CD$.

Für jedes andere Teilverhältnis $m : n$ der Schenkellängen gelten die entsprechenden Beziehungen. Die Skalenbogen auf den Schenkeln bestimmen jeweils *ein Teilverhältnis* $m : n$, das für die Lösung einer Zeichenaufgabe benötigt wird.

c) *Die Anwendung des Reduktionszirkels*

Teilverhältnisse spielten in der Architektur, in der Kunst und im Kunsthandwerk der Renaissance eine große Rolle. Besonders bekannt ist das Verhältnis der Harmonie, „Goldener Schnitt" (Sectio aurea oder divina proportio) genannt (vgl. S. 99 und [62]). — Bei der Herstellung von Gebäuden, bei der Darstellung des Menschen in Gemälden und Plastiken mußten bestimmte Größenverhältnisse nach einem „Kanon" (Verhältnistabelle) eingehalten werden, wenn sie als schön gelten sollten; als Beispiel sei das Verhältnis „Kopf zu Gesamtkörperlänge 1 : 8" genannt. A. Dürer widmete diesen Fragen seine besondere Aufmerksamkeit in der „Proportionslehre" [59].

Im Maßstab der Risse und Karten der Feldmesser, ebenso bei den zur Zeichnung von ornamentalem Schmuck in Gestalt der beliebten regelmäßigen Vielecke benötigten Teilungen der Kreisumfänge liegen Verhältniswerte vor; der Reduktionszirkel war auch für diese Zeichnungen ein begehrtes Hilfsmittel.

Schisslers Reduktionszirkel ermöglichte die Durchführung folgender *Zeichenaufgaben* (Text-Hinweise hierzu in Abb. 57 nur teilweise sichtbar):

(1) Verwendung des *Maßstabes* (an der Querleiste und an einem Schenkel) mit der „Finger"-Teilung (1 Finger $\approx$ 1,8 cm; in Viertel geteilt).

(2) Einzelne Strecken oder die Strecken einer Karte, die Seiten eines Polygons sind *in gleichem Verhältnis zu vergrößern oder zu verkleinern;* hier zeigt sich besonders, wie vorteilhaft die Benutzung des Reduktionszirkel ist, da nach *einer* Einstellung des Verhältnisses sehr rasch ohne Rechnungen alle neuen Streckengrößen gewonnen werden können. — Zur Lösung der Aufgabe sind die Verhältniswerte der linken Seite des linken Schenkels einzustellen; es sind folgende Verhältnisse eingetragen: 1 : 1; 1 : 2; ...; 1 : 12 (vgl. dazu das Beispiel 1 : 4 in Abschnitt b)).

(3) Eine Strecke s ist *gleichmäßig in n Teile* zu teilen; die Aufgabe ist bei Verwendung der eben genannten Skala für $n = 2, \ldots, 12$ durchführbar ($s \triangleq$ großer Spitzenabstand, Teilstrecke $\triangleq$ kleiner Spitzenabstand, da beide im Verhältnis $n : 1$ stehen). — Die Teilung einer Strecke s im Verhältnis $m : n$ verläuft entsprechend (es ist hier das Verhältnis $(m + n) : 1$ einzustellen).

(4) In einen Kreis (Radius r) ist ein *regelmäßiges n-Eck* (Seite s_n) zu zeichnen (andere Formulierung dieser Aufgabe: Ein Kreis ist in n gleiche Teile zu teilen).
Radius r und s_n sind proportional, d. h., sie besitzen ein konstantes Verhältnis k_n ($s_n : r = k_n$ oder $s_n = k_n \cdot r$; z. B. $s_8 = r\sqrt{2 - \sqrt{2}}$, d. h. $s_8 \approx 0{,}76 \cdot r$); die *Proportionalitätsfaktoren* k_n sind die *Teilverhältnisse* für die Schenkel. — Auf dem rechten Schenkel sind sie eingetragen für $n = 3, \ldots, 12$, auf der Rückseite des anderen Schenkels für $n = 5, \ldots, 24$. — Bei der Einstellung ist zu beachten, daß bei $n = 7, \ldots, 24$ der große Spitzenabstand die Größe r, der kleine die Größe s_n ist; für $n = 3, \ldots, 5$ ist es umgekehrt und $s_6 = r$.

(5) Von besonderem Interesse ist die dritte und letzte Skala des Zirkels (rechte Seite des linken Schenkels und Rückfläche des rechten Schenkels); es ist folgende gesetzmäßige Verhältnisreihe eingetragen: 6/6 — 5/7 — 4/8 — 3/9 — 2/10 — 1/11.
Zu vermuten war, daß es sich hier um Werte handelt, mit denen die Seite s_n eines *regelmäßigen n-Ecks*, das einem Kreis *umschrieben* ist, zu finden ist. Die Nachprüfung ergab die Richtigkeit dieser Annahme; bei Einstellung des *Durchmessers d* (großer Spitzenabstand) ergeben sich die Vieleckseiten s_n für $n = 4, 5, 7, 10, 16, 33$ (kleiner Spitzenabstand).
Wahrscheinlich hat die harmonische Gesetzmäßigkeit dieser Verhältnisreihe — von Schissler vielleicht selbst gefunden — diesen veranlaßt, die aus ihnen entstehenden Vielecke zu bevorzugen; vielleicht auch waren diese regelmäßigen Vielecke bei künstlerischen Gestaltungen besonders beliebt. Es läßt sich nichts Näheres dazu sagen.

d) *Wenzel Jamnitzer und der Reduktionszirkel*

A. Dürers Bemühungen um die Konstruktion regelmäßiger Vielecke „mechanice" (d. h. angenähert) oder „demonstrative" (exakt) sind in seiner „Underweysung" [59] aufgezeichnet; ob er einen Reduktionszirkel verwendet hat, ist nicht bekannt.

Wenzel Jamnitzer, wie Dürer mit diesen Problemen beschäftigt, hat ihn besessen, wenn auch kein Exemplar erhalten ist. Es ist sehr wahrscheinlich, daß er für Kurfürst August einen Reduktionszirkel gefertigt hat; ein Eingang in die Kunstkammer ist freilich nicht nachzuweisen, aber die kurfürstliche Bibliothek besaß eine wundervolle *Pergamenthandschrift* von Jamnitzer, in der er mit Beifügung von vielen farbigen Zeichnungen die vielseitige, vor allem kunstgewerbliche Verwendungsmöglichkeit seines Reduktionszirkels schildert. — Der vollständige *Titel* dieser Handschrift (1945 in Dresden verlorengegangen) lautet:

„Grundtlicher und Aigentlicher unterricht und Erklärung dieses Kunstreichen runden Maß oder Eichstabs auff die sieben Metall [Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Messing, Bronze, Eisen] sampt dem gar nützlichen *vierfüßigen Zirkel* und zweien kleinen Maßstäblein auch einem Visiermaslein und seinem Maßstab, daran die Goldischen muntz gegen der margk verglichen wirt. Alles durch Wentzeln Jamnitzern Bürger unnd Goldschmidt zu Nürnberg von newen erfunden 1585."

Ein *Beispiel* aus diesem Werk sei angeführt; es zeigt uns den Goldschmied, Geometer und Physiker Jamnitzer. Unter Anwendung seines Instrumentes lehrt er hier die Herstellung ähnlicher Statuen, Kelche und anderer Gefäße, die aus verschiedenen Metallen bestehen, aber gleiches Gewicht haben sollen. Mit in den betreffenden Metallfarben schön angelegten Figuren weiß er seine Darstellung künstlerisch zu schmücken. — Sein Reduktionszirkel besaß für diese Anwendung eine Skala, die der „Linea Metallorum" des Proportionalzirkels von Chr. Trechsler d. Ä. entsprach (vgl. S. 166).

3. Der Proportionalzirkel von Christoph Trechsler d. Ä. (1624)

a) Bau des Zirkels

Wie Abb. 59 zeigt, besitzt der Proportionalzirkel nicht mehr die wichtigsten Kennzeichen eines gewöhnlichen Stechzirkels; seine beiden, innen hohlen Schenkel (Länge 427 mm) enden nicht in Spitzen, sondern verlaufen gleichmäßig breit. Aber sie sind gegeneinander drehbar, und diese Eigenschaft, dazu die Verwendung des Instrumentes zur mechanischen Lösung von Proportionen, führte zum Namen *Proportionalzirkel.*

Die Schenkel aus vergoldetem Messing sind im Mittelpunkt einer kleinen, mit Gradteilung versehenen Kreisplatte drehbar befestigt. Diese Platte trägt die Zeichen: $* C * T * D * E * M *$ 1624 * (CHRISTOPH TRECHSLER d. Ä., Mechanikus, 1624); es liegt uns also in diesem Instrument die letzte Arbeit des Dresdner Meisters, der 1624 starb, vor. Er hat wohl sein Werk nicht ganz vollenden können, denn die freien Flächen der Schenkel sind völlig schmucklos geblieben (im Gegensatz zu einem im MPhS erhalten gebliebenen Proportionalzirkel; vgl. auch Abb. 62, links).

Genau vom Drehpunkt aus sind auf den Flächen der beiden Schenkel *strahlenförmig Linien* mit Teilungen in Form *feinster Löcher* (Vertiefungen) eingetragen. Abb. 59 läßt erkennen, daß es sich um vier verschieden benannte Skalen handelt; sie sind auf beiden Schenkeln völlig gleichartig und verlaufen von den Innenkanten in derselben Reihenfolge nach außen. — Die Rückflächen der Zirkelschenkel tragen noch fünf weitere, wieder paarweis gleiche Skalen. Mit Ausnahme der innersten „Linea Arithmetica“ besitzen alle „Linien“ ungleiche Teilungen.

b) Die mathematische Grundlage des Instrumentes und seine Handhabung bei Rechnungen mit Proportionen

Wie beim Reduktionszirkel sind es auch hier die Aussagen des zweiten Strahlensatzes, die das Arbeiten mit dem Proportionalzirkel begründen. — In Abb. 60 wurde das Strahlenpaar der „Linea Arithmetica“ (gleiche Skalenteile, beziffert bis 500) — ausgehend vom Scheitel A — zur Erläuterung gezeichnet. Es ist dies die *Hauptrechenlinie* des Zirkels; sie kann aber auch im Zusammenhang mit anderen Linien als Maßstab verwendet werden.

Die hier beliebig gewählten Punkte B und C bzw. B_1 und C_1 auf den beiden Strahlen (auf dem Instrument entsprechen sie zwei Zahlen der Skala) haben gleichen Abstand von A; BC und B_1C_1 laufen damit parallel ($\beta = \beta_1$). Nach dem zweiten Strahlensatz besteht also folgende Proportion:

$$AB : BC = AB_1 : B_1C_1 .$$

Mit dieser Grundproportion oder ihrer durch Gliedervertauschung entstehenden Varianten wird beim Gebrauch des Proportionalzirkels gearbeitet.

Sind drei der vier Glieder der Proportion bekannt (z. B. $AB = AC = 75, BC = 115$, $AB_1 = AC_1 = 225$) und soll die *vierte Proportionale* $B_1C_1 = x$ mechanisch mit Hilfe des Proportionalzirkels gefunden werden, so ist seine *Handhabung* folgende:

(1) Die Spitzenweite eines einfachen Stechzirkels wird mit Hilfe der Skala der „Linea Arithmetica“ auf 115 eingestellt.

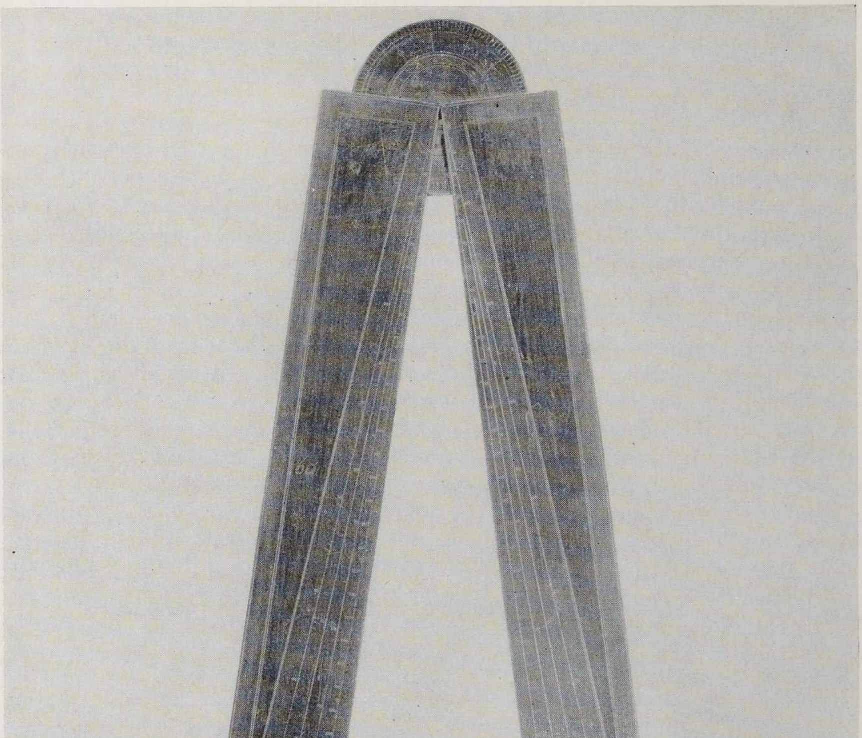


Abb. 59
Proportionalzirkel von CHRISTOPH TRECHSLER d. Ä. (1624)

(2) Eine Spitze dieses Zirkels wird in den Skalenpunkt $B = 75$ des linken Schenkels des Proportionalzirkels eingesetzt (deshalb die Skalenteilungen in Form von feinsten Vertiefungen!).

(3) Der Proportionalzirkel wird soweit auseinandergedreht, daß die zweite Spitze des Stechzirkels im Punkt $C = 75$ des rechten Schenkels sitzt; in dieser Stellung wird der Proportionalzirkel belassen.

(4) Die Spitzen des Stechzirkels werden nun in Punkt $B_1 = 225$ des linken Schenkels und $C_1 = 225$ des rechten Schenkels eingesetzt.

(5) Die gefundene Spitzenweite des Zirkels wird an der „Linea Arithmetica" abgelesen. *Ergebnis:* $B_1C_1 = x = 345$. — Die vollständige Proportion lautet also: $75 : 115 = 225 : 345$.

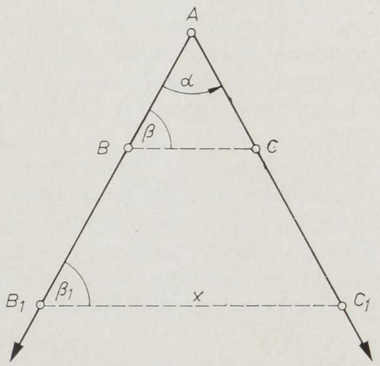


Abb. 60
Der Proportionalzirkel (schematisch)

Das Abgreifen der Parallelstrecken BC bzw. B_1C_1 zwischen den Schenkeln mit dem Stechzirkel wurde mit dem Begriff „transvers abnehmen" bezeichnet.

Das Arbeiten mit den anderen Linienpaaren des Proportionalzirkels geschah in entsprechender Weise; die Skalen sind so festgelegt, daß auch hier von vier in proportionalem Zusammenhang stehenden Größen bei Kenntnis von drei die *vierte Proportionale* zu bestimmen war. — Im folgenden werden alle neun Linien des Proportionalzirkels genannt, ohne hierbei auf Einzelheiten einzugehen.

c) *Die „Linien" des Proportionalzirkels und ihre Verwendung*

Fläche der Abb. 59:

(1) *Linea Arithmetica:* vgl. Abschnitt b).

(2) *Linea Geometrica:* ungleiche Teile; Bezifferung bis 100 ($= 10^2$). — Die Teilstrecken besitzen die Größe der Quadratwurzeln der angegebenen Zahlen; Bestimmung von $\sqrt{n}$ für $n = 2, \ldots, 100$, proportionale Änderung des Flächeninhaltes von Figuren (Kreis, regelmäßige Vielecke).

(3) *Linea Stereometrica* (oder *Cubica*): ungleiche Teile; Bezifferung bis 216 ($= 6^3$). — Die Teilstrecken besitzen die Größe der Kubikwurzeln der angegebenen Zahlen; Bestimmung von $\sqrt[3]{n}$ für $n = 2, \ldots, 216$, proportionale Änderung des Rauminhaltes von Körpern (Kugel, reguläre Körper).

(4) *Linea Astronomica* (bzw. *Chordarum*): ungleiche Teile; Bezifferung bis 180°. — Bestimmung der Sehnenlängen eines Kreises (Radius r) für die Mittelpunktswinkel 1°, ..., 180°.

Linien der anderen Schenkelflächen:

(5) *Linea Poligraphica*: ungleiche Teile; Bezifferung 3, ..., 20. — Bestimmung der Radien der Kreise, für die eine gegebene Strecke a Seite eines eingeschriebenen n-Ecks ist ($n = 3, \ldots, 20$).

(6) *Linea Tetragonica:* ungleiche Teile; Bezifferung 3, ..., 20. — Bestimmung der Seitenlänge eines regelmäßigen Vielecks ($n = 3, \ldots, 20$), das die gleiche Fläche wie ein anderes Vieleck hat.

(7) *Linea Circularis:* ungleiche Teile; Bezifferung 6, ..., 100. — Teilung des Umfanges eines Kreises (Radius r) in 6, ..., 100 gleiche Teile.

(8) *Linea Recta* (*Reductio planorum et corporum*): ungleiche Teile mit den Bildern von Dreieck, Quadrat, Kreis, der fünf regulären Körper und Kugel. — Flächenverwandlung (gleichseitiges Dreieck, Quadrat, Kreis), Raumverwandlung (reguläre Körper, Kugel); Bestimmung der Seite bzw. des Durchmessers bei gleichbleibender Flächen- bzw. Raumgröße.

(9) *Linea Metallorum:* ungleiche Teile mit den damaligen chemischen Symbolen von sechs Metallen, d. h. den astronomisch-astrologischen Zeichen der zugeordneten Himmelskörper: Gold ≙ Sonne (☉), Blei ≙ Saturn (♄), Silber ≙ Mond (☾), Kupfer ≙ Venus (♀), Erz (Bronze) ≙ Erde (♁), Eisen ≙ Mars (♂), auf der Skala in dieser Folge nach ihrer Dichte angeordnet. — Bestimmung der zur Volumenfestlegung notwendigen Größen von gleichartigen und gleichschweren Körpern aus den verschiedenen Metallen.

Es ist ersichtlich, daß der Proportionalzirkel zur Lösung vieler Aufgaben verwendet werden konnte; er war für seine Zeit eine Art *mechanisches Tabellenwerk.*

Neben den von Trechsler auf seinem Instrument eingetragenen „Linien" besitzen andere Zirkel noch weitere Skalen; genannt seien die „Linea Tangens" (Tangenswerte für die Winkelgrade) und die beliebte „Linea Fortificatoria" (Festlegung der in bestimmten Verhältnissen zueinander stehenden Strecken eines Festungsgrundrisses). — Die exakte und vielseitige Auswertung der Arbeitsmöglichkeiten, die Reduktions- und Proportionalzirkel boten, hatte zur Voraussetzung, daß der Benutzer grundlegende geometrische Kenntnisse besaß und insbesondere die Lehre von den Verhältnissen und Proportionen beherrschte [97].

4. Der Dresdner logarithmische Rechenstab und die zugehörige Handschrift (um 1650)

a) *Das Instrument*

Die Entwicklung des logarithmischen Rechenstabes, der noch heute ein so beliebtes und verbreitetes Rechenhilfsmittel ist, liegt am Ende des Zeitraumes, der in dieser Arbeit behandelt wird. Die logarithmischen Grundlagen für den Rechenstab wurden zu Beginn des 17. Jahrhunderts geschaffen; die Arbeiten des Schotten JOHN NAPIER bzw. NEPER (1550—1617), des Schweizers JOST BÜRGI (1552—1632) und des Engländers HENRY BRIGGS (1556—1630) sind hier zu nennen [98].

Rasch folgte danach das mechanische Arbeiten mit den Logarithmen durch Herstellung *logarithmischer Skalen* (E. GUNTER, 1624); anfänglich mußte zur Abtragung der logarithmischen Strecken mit einem Zirkel gearbeitet werden. Der Engländer WILLIAM OUGHTRED (1574—1660) führte zwei aneinandergleitende, also verschiebbare Skalen ein (1632/33); damit war das eigentliche logarithmisch-trigonometrische Recheninstrument, der *Rechenstab*, geschaffen.

Dresden besaß bis 1945 von den Prototypen dieses Instrumentes auch ein sehr frühes und schönes Beispiel, einen Rechenstab aus Messing (Abb. 61), um 1650 entstanden. Am Instrument und in der zugehörigen Handschrift sind weder der Name des Herstellers noch die Zeit der Entstehung angegeben; aus dem Schriftbild und Textstellen der Handschrift ist freilich zu schließen, daß der Rechenstab um 1650 in Dresden gefertigt sein muß. Der wissenschaftliche Bearbeiter könnte der Kunstkämmerer und Mathematiker THEODOSIUS HÄSEL (S. 21), der Werkmeister vielleicht der Dresdner VIKTOR STARK (S. 130) gewesen sein.

Das Instrument, fast ganz schmucklos gehalten, besitzt nach den Angaben der Handschrift die Länge von „genau $\frac{1}{2}$ Dreßdnischer Elle oder 1 Dreßdner Werkschuh“ (28,3 cm). Es ist schon die im *Stabkörper* verschiebbare *Zunge* vorhanden; ein *Läufer* ist noch nicht vorgesehen. — Die in der Abbildung sichtbaren Skalen am Stabkörper (C, D, E, F; auf der Rückseite: A, B, G, H) und die beiden Skalen auf der Zunge besitzen die gleiche Länge von 10 Zoll (24 cm); ihr Beginn liegt in der Abbildung am linken Ende des Stabes (Länge der Skalen des heutigen Normalstabes: 25 cm).

Die Skalen des Rechenstabes

Skalen der Zunge:

Obere Zungenskala: 10 Zoll sind als „Maßstab“ aufgetragen (Unterteilung in 20stel) — Verwendung in Verbindung mit den Skalen A, B, C.

Untere Zungenskala: Die *erste Logarithmenskala* (dekadische oder Briggssche Logarithmen), beziffert 1, ..., 100; sie entspricht der heutigen logarithmischen Doppelskala. (Die logarithmische Skala doppelter Länge fehlt noch an diesem Rechenstab.)

Skala A: Skala der Quadratzahlen n^2 für die Zahlen n der danebenliegenden Skala des Maßstabes auf der Zunge.

Skala B: Skala der Inhalte von Kreisflächen für die Durchmesser d (Zahlen des Maßstabes).

Skala C: Skala der Kubikzahlen n^3 für die Zahlen n des Maßstabes.

Skala D: Die *zweite Logarithmenskala* (entspricht der danebenliegenden logarithmischen Zungenskala).

Skala E: Skala für lg sin α ($\alpha = 0°, \ldots, 90°$).

Skala F: Skala für lg tan α ($\alpha = 0°, \ldots, 45°$) bzw. lg cot α ($\alpha = 90°, \ldots, 45°$).

Skala G und H: Verwendung für Kreisteilungen bzw. zur Zeichnung von dem Kreis einbeschriebenen regelmäßigen n-Ecken ($n = 3, \ldots, 20$).

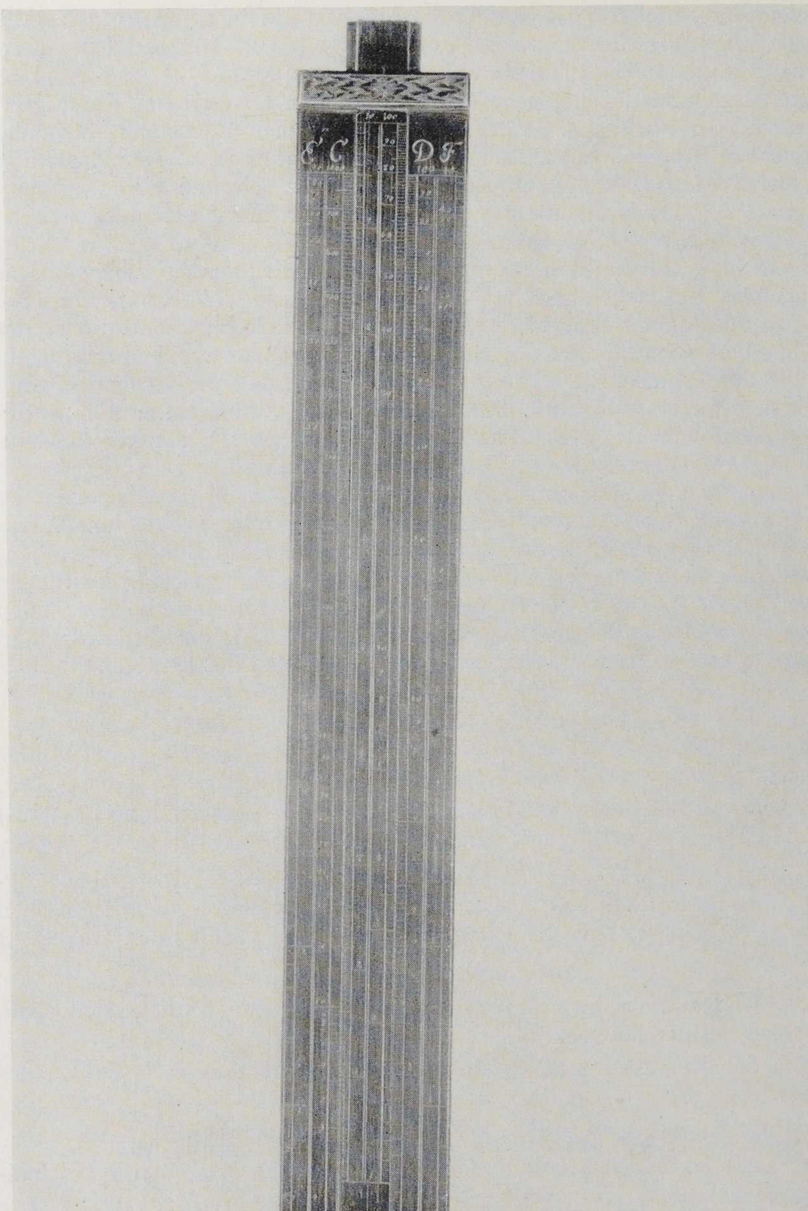


Abb. 61
Der Dresdner Rechenstab: Skala C, D, E, F (um 1650)

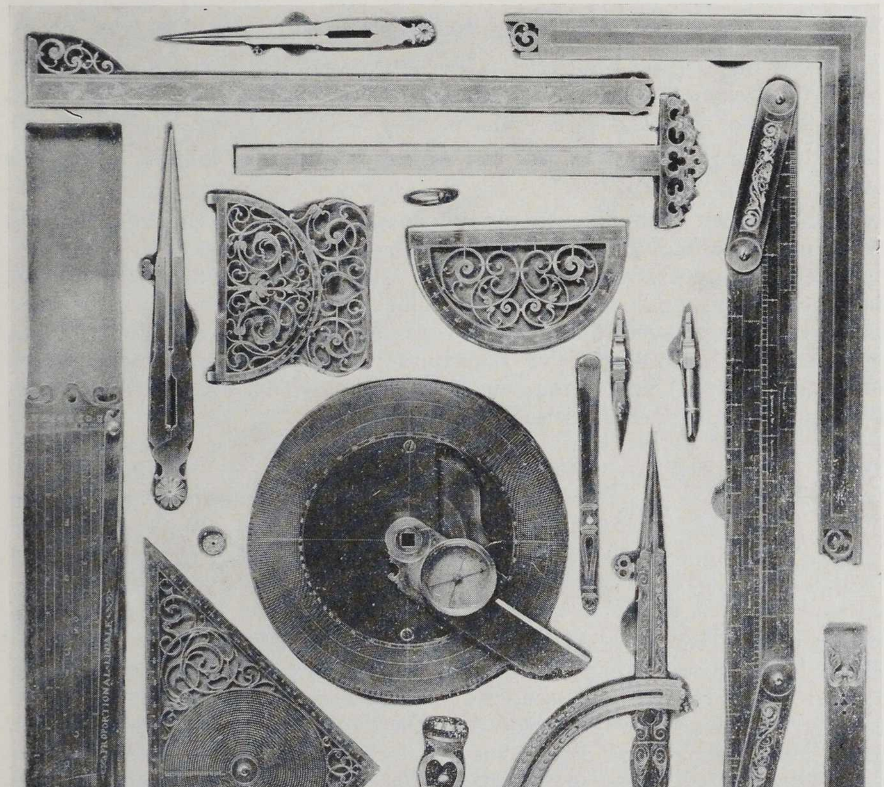


Abb. 62
Reiß- und Meßbesteck von Christoph Trechsler d. Ä. und Viktor Stark (1622)

b) Die Handschrift

Der *Titel* der verlorenen Handschrift zum Rechenstab lautete:

„Kurtze Beschreibung der Geometria, Arithmetica und des Maasstabes, nebenst etlichen Geometrischen Aufgaben, welche auf solchen mit leichter Mühe ohne Rechnung, theils bloß vor sich, theils aber mit einem Hand-Circkel zu resolvieren seyn".

Auf 53 Seiten der Handschrift werden 74 Aufgaben gelöst; sie können in folgende Gruppen eingeordnet werden:

(1) Rechenoperationen (Grundrechenoperationen mit Einschluß der Proportionen), Berechnung von Quadrat- und Kubikwurzeln, einige Textaufgaben;

(2) geometrische Berechnungen, insbesondere für Feldmesser: Flächeninhalte, Flächenadditionen und -subtraktionen, Flächenteilungen, Volumen, Körperverkleinerungen und -vergrößerungen, Textaufgaben („für Baumeister");

(3) „Aufgaben zur Trigonometria": Berechnung des „rechtwinklichten, scharfwinklichten (spitzen) und stumpfwinklichten Trianguls" (Dreiecks) mit Hilfe der logarithmisch-trigonometrischen Skalen.

5. Ein Reiß- und Meßbesteck von Christoph Trechsler d. Ä. und Viktor Stark (1622)

Die Ansicht eines reich ausgestatteten und hervorragend gestalteten *Reiß- und Meßbestecks* der Renaissance bilde den Abschluß der in diesem Kapitel besprochenen Zeichen- und Rechenhilfsmittel dieser Periode. Das Besteck (Abb. 62) ist 1945 verlorengegangen (Teile anderer Bestecke sind erhalten geblieben); es ist das 1622 geschaffene, gemeinsame Werk der beiden Dresdner Meister Christoph Trechsler d. Ä. und Viktor Stark, wie aus Signaturen hervorgeht. Trechslers charakteristischer Schraubenkopf in Gestalt einer Blüte (S. 124) ist an vier Instrumenten zu erkennen. Das Besteck wurde am kurfürstlichen Hof verwendet.

Folgende *Meß- und Zeichengeräte* sind in ihm enthalten: Zirkel, Reißfedern, verschiedene Maßstäbe, Parallellineale in Form eines Gelenkparallelogramms mit Skalen verschiedener Längenmaße, rechter Winkel, Winkelmesser (Voll- und Halbkreis), Höhendiopter, bergmännischer Neigungsmesser, Vollkreis-Winkelmesser (mit Bussole), an dem mittels Transversalteilung bis auf 4′ abgelesen werden konnte, ein gleichschenklig-rechtwinkliges Dreieck (im Inneren konzentrische Kreise mit den Umfangteilungen von 6 bis 32), Proportionallineal mit neun Skalen (ursprünglich hier ein längeres Gerät) und ein Proportionalzirkel mit zehn Skalen [99].

IX. Mathematik in der kursächsischen Artillerietechnik (Ballistik in der Renaissance)

1. Das Dresdner Zeughaus

Das Militärwesen des 16. und 17. Jahrhunderts ist besonders durch Fortschritte auf dem Gebiet der Artillerie gekennzeichnet; gegenüber den beliebten großen, aber noch sehr schwerfälligen artilleristischen Feuerwaffen des Mittelalters baut man jetzt auch kleinere, leichtbewegliche Geschütze („Schlangen", „Canonen", leichte Mörser) und wendet sie bevorzugt an. FRIEDRICH ENGELS, der Klassiker des Marxismus auf militärischem Gebiet, gibt in seinen Artikeln über die Entwicklung der Armeen, insbesondere über die zunehmende Bedeutung des Artilleriewesens (1858), eine ausgezeichnete Darstellung auch für den Zeitabschnitt des 16. und 17. Jahrhunderts [100].

Die Feudalherren dieser Zeit und die Führungen der sich entwickelnden städtischen Machtzentren waren bemüht, in ihren *Arsenalen* oder *Zeughäusern* ein starkes artilleristisches Potential zur Verfügung zu haben. So nimmt es nicht wunder, daß bei diesen Bestrebungen auch die sächsischen Kurfürsten mit in vorderster Reihe standen [101].

Zur Zeit der Gründung der Dresdner Kunstkammer (1560) wird an dem Gebäude für die kurfürstliche Waffensammlung gearbeitet; von 1559 bis 1563 erbaut der Oberzeugmeister CASPAR VOIGT unter Mitwirkung von PAULUS PUCHNER (S. 80ff.) das Dresdner Zeughaus, von dem heute noch Grundmauern und Kellergewölbe erhalten sind in dem „Albertinum" genannten Museumsgebäude am Ende der heutigen Brühlschen Terrasse, wo auch jetzt ein Teil der Dresdner Kunstsammlungen untergebracht ist und Kunstausstellungen stattfinden.

Dieses Zeughaus zählte bald zu den Berühmtheiten Dresdens. Der weitgereiste, in Dresden zu hohem Ansehen und Würden gelangte Zeugmeister P. PUCHNER schreibt in seiner auf S. 82 genannten artilleristischen Handschrift von 1572: „... ich hab bey keinem Potentaten in Deutzsch- und Welschlandt dergleichen Zeugkhaus oder Artelery gesehen ...".

Um dieselbe Zeit erscheint in S. MÜNSTERS „Cosmographey" [25] — Basel 1574, S. 1164 — ein Holzschnitt mit der *Ansicht Dresdens* (Abb. 1, S. 7; vgl. [40] und S. 47). Es wurde hier schon der für spätere Bilder Dresdens so charakteristische Anblick der Stadt gewählt („Alten Dresen" und die neue Residenzstadt auf der linken Elbseite — verbunden durch die Brücke am Schloß, von Osten gesehen). Zu den wenigen, durch Hinweise hervorgehobenen Blickpunkten des Bildes gehört auch das „Zeughauß" (hinter der wehrhaften östlichen Bastei der Dresdner Festungswerke, Pirnaische oder Hasenberg-Bastei genannt). Und im Text unter der Ansicht wird berichtet: „... Die Churfürsten von Sachsen haben bey unsern zeiten in dieser Statt in einem zierlichen unnd schönen Schloß ihr wohnung unnd Hofhaltung, da sie auch ein solch wolgerüstet Zeughauß, mit Geschütz, allerley Sturmzeug, Munition, Wehr und Waaffen haben, daß demselben kümmerlich ein anders in Teutscher Nation zu vergleichen ..." [102].

Auch später steht das Zeughaus mit seinen 1500 Geschützen und Waffen für mehr als 100000 Mann in hohem Ansehen. Es galt nach dem von Venedig für eines der größten Zeughäuser Europas; man rechnet es im 18. Jahrhundert neben dem Zwinger und der Kunstkammer zu den sieben Dresdner Wunderwerken [103]. — Dem Hauptzeughaus in Dresden waren im Kurfürstentum Landzeughäuser in folgenden Orten angegliedert: Königstein, Leipzig, Pirna (Sonnenstein), Senftenberg, Torgau, Wittenberg.

Paulus Puchner hat am Aufbau und der Ausstattung der kursächsischen Zeughäuser großen Anteil. Er selbst bemühte sich um die technische Verbesserung artilleristischer Meßgeräte unter Einbeziehung mathematischer Gedanken. Bei Besprechung der Entfernungsmesser mit Verhältnisskalen (Kap. IV) wurde schon ein von ihm zum artilleristischen Gebrauch (Bestimmung der Schußweite) konstruiertes Gerät dieser Art, ein Pendelquadrant, erläutert.

Mit demselben Gerät — bei Verwendung der anderen Instrumentenfläche — unternahm Puchner den Versuch, das wichtige *Richtproblem der Artillerietechnik*, d. h. die Einstellung der Neigung des Geschützrohres zur Horizontalen bzw. Vertikalen auf eine bestimmte Schußweite (die ja von dieser Neigung abhängt), auf mathematische Weise — „geometrisch" wie er sagte — zu lösen. — Der Würdigung von Puchners artilleristischer Arbeit sei ein kurzer *Lebensabriß* dieser bedeutenden kursächsischen Persönlichkeit des 16. Jahrhunderts vorangestellt.

2. Oberstland- und Hauszeugmeister Paulus Puchner

Paulus Puchner (auch Buchner; eigenhändige Unterschrift: „Puchner") wurde 1531 in Nürnberg geboren (Abb. 63 und [104]); er lernte dort bei seinem Vetter Leonhard Danner das Tischler- und Schraubenmacherhandwerk [105]. Nach seinem Aufenthalt im Ausland (in den Niederlanden und in England), wo er durch die Herstellung von Brechschrauben [105] bekannt wurde, trat er 1559 in den Dienst von Kurfürst August. Er war am Zeughausbau in Dresden beteiligt und erwarb sich durch seine Geschicklichkeit, Umsicht und sein Wissen bald die besondere Gunst des Kurfürsten; für ihn führte er geschäftliche Verhandlungen (z. B. Ankauf von Instrumenten und Werkzeugen in Nürnberg) und fertigte auch einige Werkzeuge, die der Kurfürst in seiner Werkstatt im Schloß benutzte (S. 37).

Im Jahre 1572 widmete Puchner seinen artilleristischen Pendelquadranten (Abb. 24 und 70) und die zugehörige Handschrift („Gründtlicher Bericht ...", vgl. S. 82) dem Kurfürsten; in dieser Handschrift nennt er sich schon „Hauszeugmeister". — Puchner erreichte den Höhepunkt seiner Laufbahn vom Handwerker zum Leiter eines hohen Staatsamtes, als er 1576 als Nachfolger des aus Florenz stammenden Grafen Rochus zu Lynar (S. 187) kursächsischer „Oberstland- und Hauszeugmeister" wurde [106]. Damit unterstand ihm auch das *Bau- und Befestigungswesen Dresdens*.

Als 1586 der baufreudige Christian I. seinem Vater als Kurfürst folgte, wurde Puchner mit verschiedenen Bauausführungen (dabei auch Gartenanlagen) beauftragt; von seiner Bautätigkeit [107] seien folgende Arbeiten genannt: (1) 1586 bis 1589 Errichtung des *Stallgebäudes* (mit dem *Stallhof*, dem berühmten kurfürstlichen Turnierplatz, s. S. 187). Im Stallgebäude war auch die „*Rüstkammer*" (S. 187), die kurfürstliche Harnisch- und Waffensammlung, untergebracht; diese Rüstkammer wurde 1833 zu einem Bestandteil des „*Historischen Museums*", das sich von 1876 bis 1945 ebenfalls im umgebauten Stallgebäude (nun „*Museum Johanneum*" ge-

Abb. 63

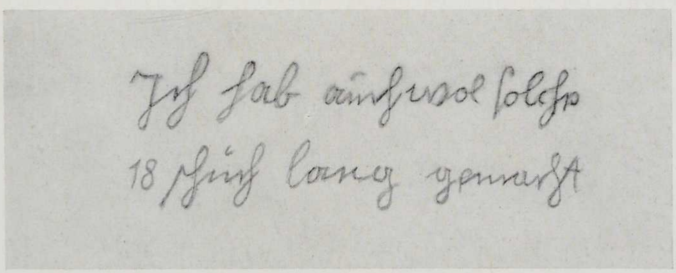
nannt) befand (heute in der Sempergalerie des Zwingers; im „Johanneum" ist dafür zur Zeit das *Verkehrsmuseum Dresden* untergebracht) — (2) Schloßausbau — (3) Abschluß der Dresdner Befestigungsanlagen (einschließlich Bau des sogenannten „Lusthauses"), damit Schaffung der Fundamente der späteren „*Brühlschen Terrasse*".

PAULUS PUCHNER stirbt 1607 in Dresden. Von seinen *mathematisch-technischen Arbeiten* waren bis 1945 im MPhS folgende noch vorhanden:

(1) zwei Pendelquadranten (1572/76) — Instrument von 1572 erhalten geblieben;

(2) zwei artilleristische Handschriften zu diesen Geräten (1572/78);

(3) Zeichnung einer „Brechschraube" in Originalgröße (18 Schuh, d. h. $\approx$ 5 m lang) mit PUCHNERS eigenhändiger Eintragung:



Jch hab auchwol solche
18 schuh lang gemacht

Kopie der Eintragung von PAULUS PUCHNER in seine Zeichnung einer Brechschraube

(4) Darstellung der Verwendung dieser Riesenschrauben zum Durchbohren und Brechen von Mauern, zum Heben untergegangener Schiffe und beim Stapellauf,

wobei das physikalische Gesetz der Kraftersparnis beim Gebrauch von Schrauben ausgenutzt wurde;

(5) die hier in Abb. 68 und 72 wiedergegebenen Darstellungen von 1577 (erhalten geblieben, nicht von PUCHNERS eigener Hand).

3. Artilleristische Richtverfahren und Richtgeräte des 16. und 17. Jahrhunderts

Zahlreiche artilleristische Richtgeräte entstanden im 16./17. Jahrhundert. Die bedeutendsten Werkmeister der Zeit haben sich auch dem Bau dieser Instrumente gewidmet: CHRISTOPH SCHISSLER d. Ä., ULRICH KLIEBER (Augsburg), die beiden TRECHSLER, VIKTOR STARK u. a.; als Material wurde Holz, Eisen, vor allem Messing verwendet. Der MPhS besaß ursprünglich sehr viele solcher Richtgeräte (Verluste 1945) aus den Jahren von 1525 bis 1680 (auch teilweise mit einem *Kalibermaßstab* versehen zur Bestimmung der Gewichte der Kugelgeschosse aus Stein, Blei oder Eisen nach Messung ihrer Durchmesser).

Nach dem angewendeten *Richtverfahren* kann man zwei *Typen von Richtgeräten* unterscheiden:

(a) Geschützaufsätze mit *Loch- bzw. Rohrvisieren* (zum Aufsetzen auf das Geschützrohr, vgl. Abb. 64);

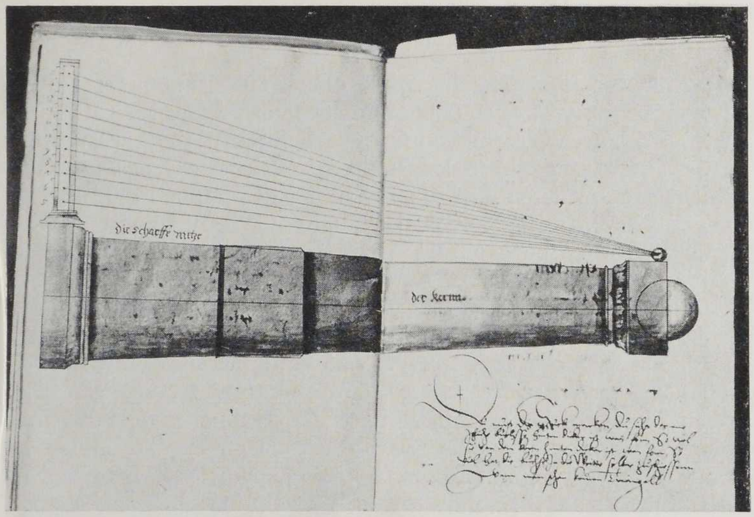
(b) *Pendelrichtquadranten* (zum Einstecken in die Geschützmündung oder zum Aufsetzen auf das Rohr, vgl. Abb. 67 und 69.

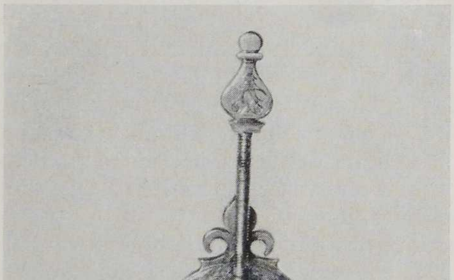
Die Abb. 64, 65, 66 (Fall a)) und 67, 68, 69 (Fall b)) zeigen sechs charakteristische Beispiele der beiden Typen von Richtgeräten; es genügen hierzu folgende kurze Erläuterungen.

Abb. 64 ist einer artilleristischen Handschrift entnommen („Von der Arttlarey", um 1550; Landesbibliothek Dresden; vgl. auch S. 187). — Am Aufsatz, der auf dem Rohr eines Geschützes — „scharffe Metze" genannt — steht, sind übereinander eine Reihe von *Visierlöchern* angebracht (bezeichnet 5, ..., 15; Beginn mit 5, weil der Aufsatz infolge des größeren Rohrdurchmessers an seinem Standort schon höher liegt als die Mündung); als Korn dient eine an der Geschützmündung aufgeklebte „Handt Buchsen Kugel".

Einer *Schießtabelle* konnte die einer bestimmten Schußweite entsprechende Zahl eines Loches, durch das dann visiert wurde, entnommen werden. Die Tabelle wurde empirisch gewonnen unter Berücksichtigung bestimmter Voraussetzungen für einen Schuß (Menge und Art des verwendeten Pulvers, Geschoßmaterial: Stein, Eisen, Blei). — Das Geschützrohr war beim Richten so hoch zu heben, daß z. B. die in die Abbildung eingezeichnete, von Loch 10 ausgehende Visierlinie über das Korn zum Ziel verlief. Die Einstellung war gültig für Ziele, die mit dem Standort des Geschützes in gleicher Höhe lagen; beim „Berg- bzw. Talschießen" waren Entfernungskorrekturen (+ bzw. —) vorzunehmen.

Abb. 65 zeigt einen Geschützaufsatz aus Messing von CHR. SCHISSLER d. Ä. im MPhS, signiert „C.S.F.A. — 1567". SCHISSLER verwendet hier ein in einem Rahmen *verschiebbares Lochvisier* an Stelle mehrerer Ziellöcher. Auffällig ist die lange *Schrau-*





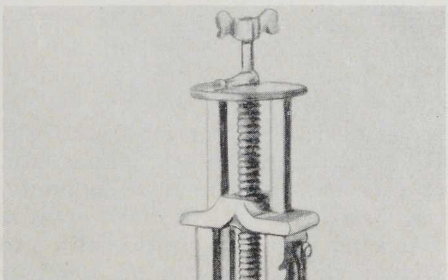


Abb. 64, 65, 66
Geschützrichtaufsätze mit Loch- bzw. Rohrvisier

benspindel mit einem sehr feinen, flachgängigen Spitzgewinde zum Heben bzw. Senken des Visiers; sie stellt eine bemerkenswerte frühe feinmechanische Leistung dar.

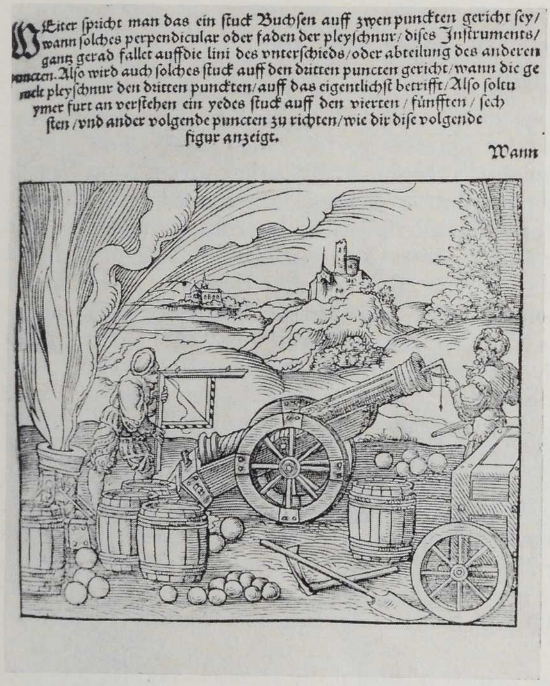
Der Rahmen besitzt die zur Visiereinstellung nötige Skalenteilung (0, ..., 11); Pendellote dienen zur exakten Aufstellung des Gerätes, wobei eines über einen Quadrantbogen mit Gradteilung spielt, so daß die Erhebung des Rohres ablesbar ist. SCHISSLERS Geschützaufsatz kann deshalb auch als „Quadrant“ bezeichnet werden. — Der Richtvorgang entspricht dem bei Abb. 64 geschilderten Verfahren, wieder mit Verwendung einer Schießtabelle.

Bei dem in Abb. 66 dargestellten Instrument handelt es sich um einen Geschützaufsatz aus dem MPhS, der dem Instrument von SCHISSLER sehr ähnelt, eine Arbeit aus dem Beginn des 16. Jahrhunderts (um 1525) aus Eisen, ohne Meisterangabe. Die Feinspindel ist hier noch bemerkenswerter, da sie ein sehr frühes *Schraubenmikrometer* zur genauen Ablesung der Skalenteilungen der Säule darstellt; am Kopf der Spindel bewegt sich ein Zeiger über eine geteilte Kreisplatte, so daß Unterteile der Schraubenganghöhe abgelesen werden können. — Die Zielvorrichtung ist hier als *Rohrvisier* (in Gestalt eines kleinen Geschützrohres) ausgebildet; es kann aus der Horizontallage gedreht werden.

Abb. 67 ist der Schrift „Geometrische Büxenmeisterey“ (1547) von W. RIVIUS (S. 21 und [108]) entnommen. — Der rechte Artillerist hält einen einfachen *Pendelrichtquadranten*, „Richtscheit“ genannt, mit dem langen Schenkel in das Rohr und stellt dessen Erhebung so ein, daß das Pendellot auf einen bestimmten „Punkt“ des in 12 (!) gleiche Teile (Punkte) geteilten Quadrantbogens einspielt. — Vorher wurde einer Schießtabelle der einer gewünschten Schußweite entsprechende „Punkt“ zur Einstellung der Rohrerhebung entnommen. — Der linke Artillerist hat mit dem Meßquadrat die Zielentfernung (Schußweite) bestimmt und visiert nun mit den Dioptern desselben Gerätes das Geschütz in die Zielrichtung ein.

Abb. 68 zeigt eine meisterhafte Verbesserung des einfachen Richtgerätes nach RIVIUS: einen von PAULUS PUCHNER 1577 entworfenen *Pendelrichtquadranten* (Zeichnung im MPhS) in Gestalt eines „Triangels“ (Pendelsetzwaage; Quadrantbogenteilung hier in 90°). Durch Verschraubung in der Geschützmündung ergab sich für das Gerät ein fester Sitz (verwendet bei einem Geschütz für „24-Pfundt-Eisenkugeln“).

Es sei noch der in Abb. 69 vorgestellte interessante, als Geschützaufsatz gearbeitete *Pendelrichtquadrant* (Werkmeister PAULUS REIMANN) aus dem ehemaligen Berliner Zeughaus (heute Museum für Deutsche Geschichte) angeführt. REIMANN hat ihn nach einem Holzschnitt aus einem Werk von L. HULSIUS („Gründlicher unterricht des newen Büchsen Quadrants“, Frankfurt 1603) hergestellt. — Die Gradskalen und eine Wachsrinne sind auf dem breiten Quadrantbogen angebracht; am originellen „Schaukelpendel“ befindet sich ein Kompaß (am Boden eine Spitze zur Ablesung an der Skala); im Fuß sind Visierlöcher vorhanden zur Festlegung der Zielrichtung, und eine Sonnenuhr krönt das Gerät. Beim Gebrauch dieses Richtquadranten — ebenso bei PUCHNERS Instrument — war eine Schießtabelle notwendig.



Weiter ſpricht man das ein ſtuck Buchſen auff zwen punckten gericht ſey/ wann ſolches perpendicular oder faden der pleyſchnur/ diſes Inſtruments/ gantz gerad fallet auff die lini des vnterſchieds/oder abteilung des anderen puncten. Alſo wird auch ſolches ſtuck auff den dritten puncten gericht/wann die ge melt pleyſchnur den dritten punckten/auff das eigentlichſt betrifft/Alſo ſoltu ymer furt an verſtehen ein yedes ſtuck auff den vierten / fünfften / ſech ſten /vnd ander volgende puncten zu richten/wie dir diſe volgende figur anzeigt.

Wann

Abb. 67

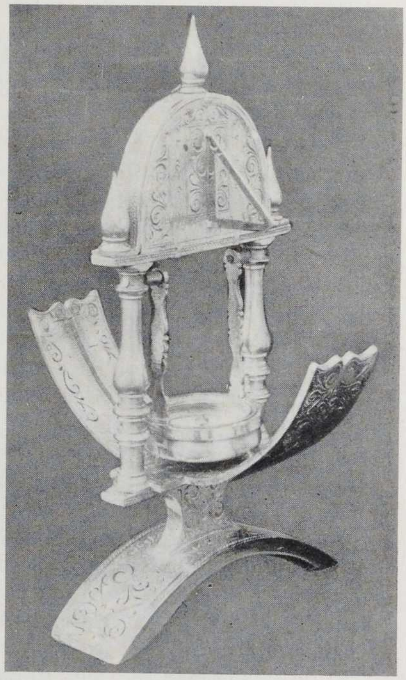


Abb. 69

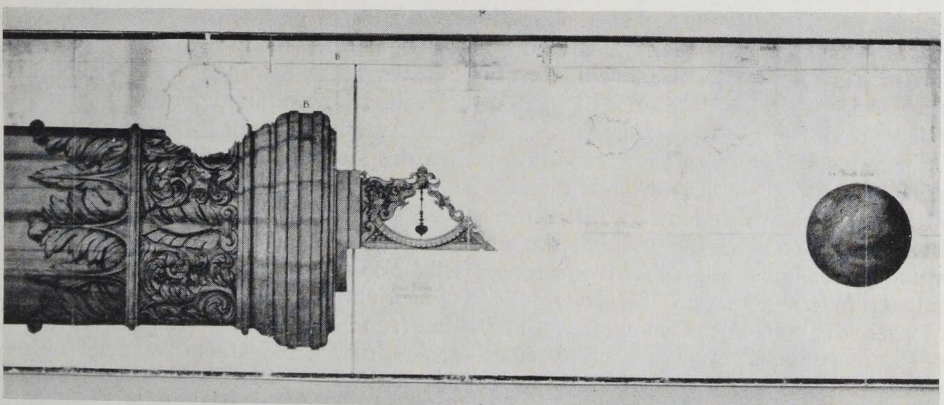


Abb. 68

Abb. 67, 68, 69
Pendelrichtquadranten

4. Paulus Puchners artilleristische Handschrift und sein Pendelrichtquadrant (1572/76)

a) Die Handschrift

Zeugmeister Paulus Puchner überreicht 1572 — nach 13jährigem Dienst am Dresdner Hof — seinem kurfürstlichen Herrn August eine von ihm verfaßte Handschrift zusammen mit einem darin beschriebenen artilleristischen Instrument, das er — wie S. 82 erläutert — von dem Dresdner Werkmeister Christoph Trechsler d. Ä. hatte anfertigen lassen. Der Titel dieser Handschrift „Gründtlicher Bericht ..." wurde bei der ersten Besprechung des Puchnerschen Instrumentes (S. 82) vollständig angeführt; es wurden dort auch über das Äußere dieser schönen, mit vielen Zeichnungen versehenen Schrift Angaben gemacht. — Dieses artilleristische Werk Puchners ist sehr beachtlich; es zeigt den denkenden Praktiker, der klar darzustellen versteht. Seine Arbeit ist im 16. Jahrhundert ein Beitrag zur Entwicklung der *physikalischen Dynamik,* d. h. der Lehre von der Bewegung der Körper unter dem Einfluß von Kräften. — Puchner beschreibt in dem Abschnitt „Was Stein und Feuerkugeln [104] aus den Mörsern zu werffen belanget" sein Instrument mit folgenden Worten: „Auf der einen seiten ist dieses Instrument zum geometrischen Abmessen zugerichtet" (Abb. 24; Pendelquadrant zur Messung der Schußweiten), „auff der anderen seiten ist zugericht, ein Mörser auf geometrische Weise zu richten, ein Stein oder Feuerkugel auff 100, 200, 300 bis 1500 Fuß, Schritt oder Elenn zu werffenn" (Abb. 70; Richtquadrant).

Puchner beschränkt sich in seiner Schrift nicht auf die Darstellung dieses Richtverfahrens mit seinem Instrument; er behandelt auch die üblichen Richtverfahren (z. B. mit seinem in Abb. 68 wiedergegebenen Pendelquadranten), spricht über artilleristische Waffen und die Artillerietechnik im allgemeinen bis zu Fragen des Baues von Befestigungsanlagen. Überall ist zu spüren, daß seinen Beschreibungen die Erfahrungen seiner langjährigen Praxis zugrunde liegen.

Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden; erwähnt werden muß aber noch seine angewendete Arbeitstechnik bei seinen Bemühungen zur Lösung des Richtproblems. Das *Experimentieren,* dieses in Anfängen im 15., dann aber im 16. Jahrhundert besonders einsetzende Bestreben des Menschen, durch *Versuche* hinter die Geheimnisse in Natur und Technik zu kommen, war auch für Puchner *das* Mittel, um seine Probleme zu lösen, wie seine Handschrift ausweist. So werden z. B. in mehreren *Tabellen,* zu deren Aufstellung Rechnungen und zahlreiche Schießversuche nötig waren, für *Zielverfehlungen* Hinweise zum Nachrichten der Geschütze mit Hilfe eines in der Höhe verstellbar eingerichteten *Korn-Aufsatzes* gegeben; hierbei wird mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{20}$ Zoll (rund 1 mm) gearbeitet.

Paulus Puchner überreicht 1578 — er ist inzwischen Oberstzeugmeister geworden — eine ziemlich getreue Abschrift seiner Arbeit von 1572 dem damals 18jährigen „Christiano", dem Sohn und Nachfolger von Kurfürst August (beide Handschriften 1945 in Dresden verlorengegangen).

b) Das Instrument (Abb. 70)

Puchners Instrument gehört, wie sein Äußeres sofort erkennen läßt, nach seiner Bauart zum Typ des *Pendelrichtquadranten,* der auf die Öffnung eines Mörsers

— wie in Abb. 71 dargestellt — gesetzt wurde. Neu gegenüber anderen Pendelrichtquadranten ist die *Quadrantbogenskala*.

Das *Äußere des Instrumentes* wurde schon bei Besprechung der anderen Fläche („Seite zum geometrischen Abmessen"; S. 82ff.) gewürdigt. Betont sei aber hier noch einmal, wie geschickt es PUCHNER durch die gewählte Konstruktion verstanden hat, mit demselben Gerät zwei verschiedene Aufgaben zu lösen (Entfernungsmessung, Richten). — Drei Randleisten tragen auch auf dieser Fläche *Gravierarbeiten*. Es sind hier Ornamente und artilleristische Szenen dargestellt (Zeltlager mit Mörsern — darunter ein Mörser mit dem zur Einzielung in die Öffnung gesetzten Instrument von PUCHNER — und Kanonen zur Belagerung einer Stadt mit Schloß; Abb. 70a: Teil

Abb. 70
Pendelquadrant von PAULUS PUCHNER/CHRISTOPH TRECHSLER d. Ä. (1576)
Fläche zum „geometrischen Richten eines Mörsers"

der oberen Leiste). — Die linke Leiste enthält den Text: * Diese * Seitten* Wirt * Gebraucht * Ein * Morser * Geometrischer * Weise * Zu * Richten *.

Die Quadrantbogen-Richtskala. Die Skala besteht aus zwei gleichen Abschnitten, die in der Mitte zusammentreffen; die untere Skalenhälfte dient zur Mörserrichtung für *Steilschüsse* bzw. Steilfeuer (dargestellt in Abb. 71: Neigung α des Mörsers zur Senkrechten kleiner als 45°; Anwendung von Steilschüssen vor allem bei schweren Mörsern wegen der großen Auftreffwucht bzw. kinetischen Energie des aus beachtlicher Höhe herabfallenden Geschosses); die obere Hälfte der Skala wird für *Flachschüsse* (Flachfeuer) gebraucht.

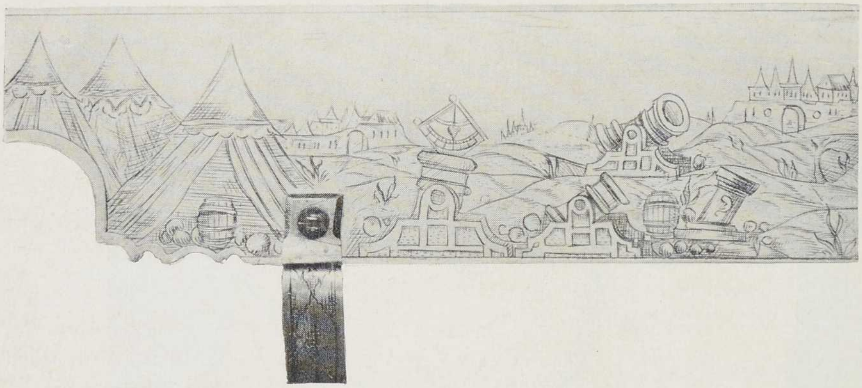


Abb. 70a

Die Teilabschnitte der Skalen werden nach der Mitte zu enger; sie sind von 1 bis 15 beziffert und besitzen einen Zwischenwert. Puchner sagt dazu, daß die Skala die *Schußweiten* angibt, und zwar das 100fache der Bezifferung, also 50, 100, 150, 200, ..., 1500 Einheiten nach „Dresdenisch Maß" (Fuß, Ellen, Schritt — je nach Art und Menge des verwendeten Pulvers). Das ergibt also eine vorgesehene größte Schußweite von etwa 800 bis 1200 m.

Die in Abb. 25 dargestellte Entstehung der Verhältnisskalen des Instrumentes zur Entfernungsmessung durch Projektion einer bestimmten Teilung von zwei Quadratseiten von A aus auf den Bogen ließ vermuten (Puchner gibt hierzu keine Erklärung), daß auch die Richtskalen entsprechend konstruiert wurden. Die Nachprüfung bestätigte dies; in Abb. 70 sind drei Projektionslinien für die Teilpunkte 5, 10, 15 der unteren Quadratseite CD (damit Gewinnung der entsprechenden Skalenpunkte des Bogens) zur Erläuterung eingetragen worden.

Abb. 71 zeigt die Anwendung, das Aufsetzen des Richtquadranten auf einen Mörser (auch hier sind die Projektionslinien für Teil 5, 10, 15 eingetragen). Der Mörser ist nach dieser Abbildung auf Schußweite 500 mit dem Neigungswinkel α gerichtet.

Puchner hat also zur Lösung des Richtproblems *mathematische Mittel* eingesetzt; *er richtet mit Hilfe des Quadrats ABCD* — um seinen Ausdruck zu gebrauchen — „auf geometrische Weise". Damit erscheint *zum vierten Mal* in unserer Darstellung bei den Renaissance-Mathematikern und -Technikern die *Figur des Quadrats* mit eingeteilten Seiten in einer technischen Anwendung: Meßquadrat, Quadrat mit Verhältnisskalen, nautisches Quadrat und nun das Richtquadrat. Die geometrische Grundfigur „Quadrat" wurde also zur Renaissancezeit recht vielseitig technisch ausgewertet!

Lassen wir PUCHNER nun selbst noch zu der wichtigen Frage der zu erreichenden Schußweite Stellung nehmen. Er erkannte selbstverständlich, daß die Schußweite an erster Stelle von der dem Geschoß erteilten *Anfangsgeschwindigkeit*, d. h. von dem verwendeten *Pulver*, abhängt. PUCHNER schreibt dazu: „Es wird sich auch keiner rhümen können, den ersten Schuß, wohin er schießen oder werffen will, zu treffen, da er die *Kraft des Pulvers* (!) zuvor nicht erkannt hat". Er gibt dann an, daß z. B. bei

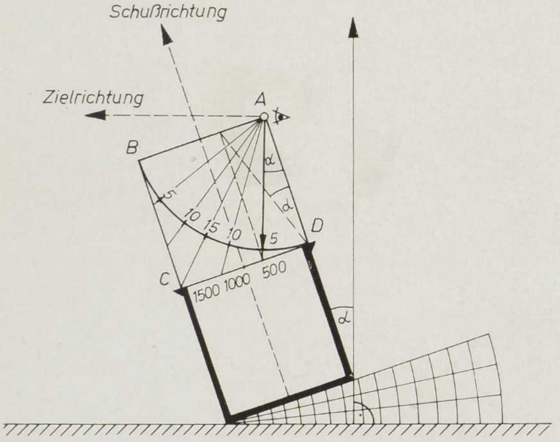


Abb. 71
PUCHNERS Pendelrichtquadrant auf einem Mörser
(Einstellung auf Schußweite 500 mit dem Neigungswinkel α)

einem Steingeschoß von 10 Pfund Gewicht soviel eines zur Verfügung stehenden Pulvers zu verwenden sei, bis bei einer Reihe von Versuchen bei Einstellung des Mörsers mit dem Quadranten auf 1500 (Ellen usw.) tatsächlich diese Schußweite erreicht wird. Dann glaubt er, mit derselben Menge dieses Pulvers bei Benutzung der Richtskala für andere Schußweiten richtige Ergebnisse erzielen zu können; hierbei geht er von der Annahme aus, daß bei Steilschüssen mit großen Steighöhen und geringen Weiten ebensoviel Pulvertreibkraft gebraucht wird wie bei Flachschüssen geringer Höhe, aber großer Weite (vgl. die Flugbahnen in Abb. 72).

Es bleiben noch *folgende Fragen* offen: Welche Überlegungen führten PUCHNER dazu, als Richtwinkel (α) für bestimmte Weiten diejenigen zu wählen, die er in der geschilderten Weise durch die Projektionslinien (Abb. 71) erhält? Und damit zusammenhängend: Welche Vorstellung hatte er von der Flugbahn eines Geschosses? — Auf diese Fragen gibt PUCHNER mit seinem *Geschoßflugbahnen-Diagramm* (Abb. 72) selbst die Antwort. Das Bild befindet sich im MPhS; es ist eine farbige Zeichnung (auf Pappe aufgezogen), nach den Angaben PUCHNERS 1577 gefertigt (Format: 40×30 cm).

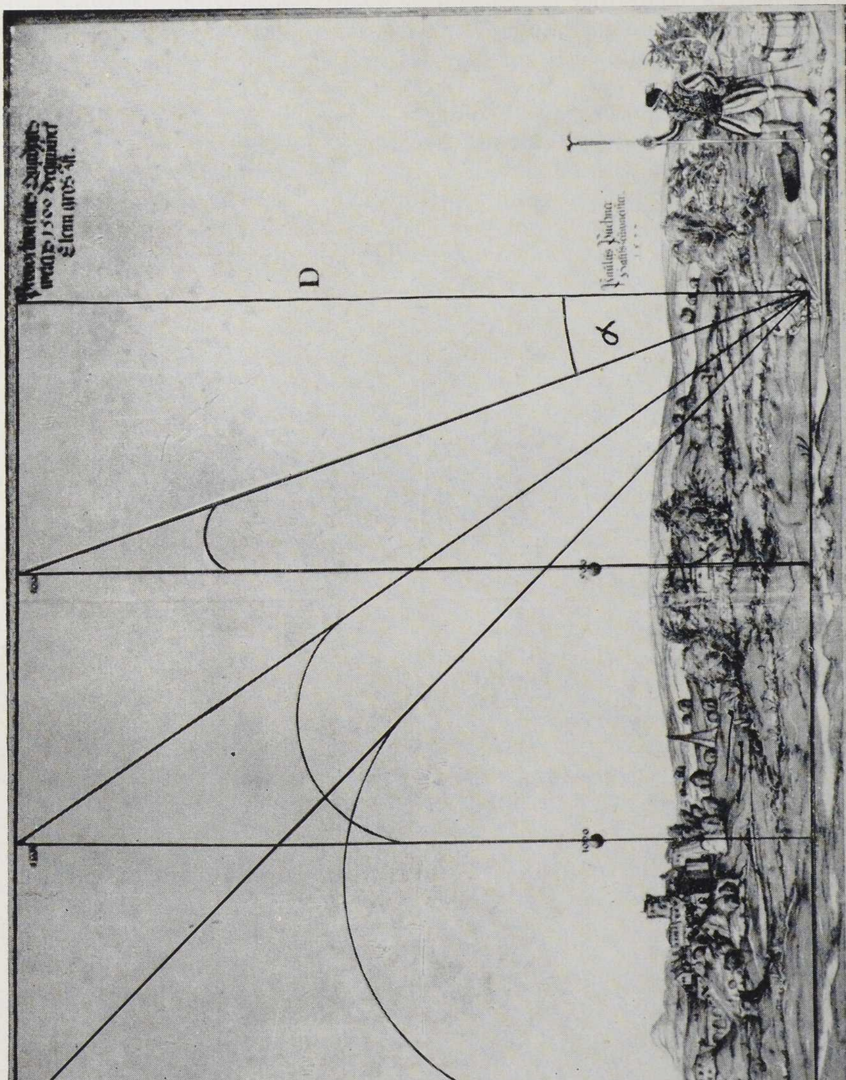


Abb. 72
Geschoßflugbahnen-Diagramm nach Paulus Puchner (1577)

c) Geschoßflugbahnen

Es gehört zu den Aufgaben der *Ballistik,* d. h. der physikalischen Lehre von der Bewegung geworfener oder geschossener Körper — besonders der Geschosse der Feuerwaffen, Aussagen über die *Flugbahnen* solcher Körper zu machen; wie wir am Beispiel von Puchner sehen, widmeten Techniker und Mathematiker der Renaissance den ballistischen Fragen große Aufmerksamkeit und versuchten, sie auf mathematischem Wege zu lösen.

Abb. 72 (Schießen mit dem Mörser) zeigt sehr klar, daß Puchner die Flugbahnen eines Körpers (zwei mit Steilschuß, eine unter 45°) nach der Vorstellung des italienischen Mathematikers Niccolò Tartaglia von 1537 [108], die wieder auf Aussagen des Aristoteles fußt, aus *drei Teilen* konstruiert: ein *geradliniger Teil* des Aufstiegs des Körpers mit anschließendem *Kreisbogen,* der dann in eine *geradlinige, senkrechte Fallinie* bis zum Auftreffen auf die Horizontale übergeht. — Diese Ansicht herrschte vor, bis G. Galilei 1638 zur Erkenntnis der *parabolischen Gestalt der idealen Flugbahn* gelangte [109].

Durch Einbeziehung der Faktoren, die die Flugbahn eines Körpers wesentlich beeinflussen (Luftwiderstand, Masse, Geschwindigkeit, Form der Geschosse) gelangte man im 18. Jahrhundert zum verbesserten Flugbild eines Körpers, zur sogenannten „ballistischen Kurve", die eine in ihrer zweiten Hälfte *verkürzte Parabel* darstellt [110].

Zur Beantwortung der oben angeführten zweiten Frage ist eine nähere Betrachtung von Abb. 72 notwendig. Puchner verlegt — was vor und nach ihm niemand getan hat — die Flugbahn in ein großes Quadrat (im Bild nicht genau quadratisch gezeichnet). Im Vordergrund der Landschaft erhebt es sich mit einer Seitenlänge von 1500 Dresdner Ellen ($\approx$ 850 m, d. h. größte Schußweite bei dem Neigungswinkel des Mörsers von 45°); der durch untergelegte Keile auf die Schußweite 1500 gerichtete Mörser befindet sich in der rechten, unteren Ecke des Quadrats. Es sind die Flugbahnen für die Weiten 500, 1000, 1500 eingezeichnet; in den Zielpunkten 500 und 1000 sind noch die Senkrechten eingetragen. Vielleicht ist Puchner selbst rechts als „Haußzeugmeister" im Jahr 1577 dargestellt. Die Eintragung „Proportion eines Quadrats welchs 1500 Dresinscher Elenn gros Ist" bringt die Verhältnisteilung 1:2:3 des Quadrats zum Ausdruck.

Puchners Vorstellung vom *Richten auf eine bestimmte Schußweite* (z. B. 500) besteht nun darin, daß er den ersten Teil der Flugbahn, also die *Richtlinie, zum Schnittpunkt der Senkrechten im Zielpunkt 500 mit der oberen Quadratseite* laufen läßt; vor diesem Schnittpunkt endet der erste Teil der Flugbahn (ohne eine Maßangabe für diese Stelle), und ein anschließender Kreisbogen bildet die Verbindung zum dritten Teil, zur Fallinie. — Die Gesamtflugbahn ist damit gegeben, der Richtwinkel zur Senkrechten ist im Beispiel α (bei Flachschüssen wären entsprechende Teilpunkte der linken Quadratseite anzuzielen).

Damit ist der *Grundgedanke* von Puchners Richtverfahren dargelegt; sein Ausdruck „nach dem Quadrat schießen" findet hierin die Begründung. — Die natürliche Folge dieser Vorstellung ist Puchners Konstruktion seines *Richtquadranten in Gestalt eines Quadrats,* das dem vorgestellten Quadrat in der Natur durch dieselbe Seitenteilung in den Teildreiecken *ähnlich* ist. Abb. 71 zeigt, daß der nach Abb. 72 für Weite 500 notwendige Richtwinkel α am Quadrat des Richtquadranten durch die Projektionslinie (500-A) gewonnen wird; der Mörser ist also nach Puchner auf 500 gerichtet, wenn das Pendel des aufgesetzten Quadranten auf diese Zahl des Quadrantbogens einspielt. Entsprechendes gilt für alle übrigen Weiten. — So ist für Puchner die *Ähnlichkeit* ein Hilfsmittel zur Lösung seines Richtproblems.

Puchners geometrisches Richtverfahren ist für ihn eine mit mathematischen Mitteln begründete *Arbeitshypothese,* die freilich den später gewonnenen Erkenntnissen nicht standhielt, ihm aber — wie seine Handschrift erkennen läßt und weitere Anwendungen dieser durch Projektion erhaltenen Richtskala bezeugen — doch *recht brauchbare Ergebnisse* lieferte. Dies gilt vor allem für das Richten von Mörsern. Die für diesen Fall von Puchner gezeichneten Flugbahnen bei Steilschüssen lassen auch schon eine *gewisse Näherung an die spätere ballistische Parabelkurve* erkennen; hierbei muß man auch bedenken, daß bei Verwendung der schweren, steil abgefeuerten Mörsergeschosse nach Erreichung des Bahnhöchstpunktes ein längerer, nahezu senkrechter Fallweg zum Ziel führt.

Weniger günstige Ergebnisse zeigten wohl die Flachschüsse mit Geschützen, wie Puchners in Tabellen festgehaltenen Bemühungen um das Nachrichten eines Geschützes bei Fehlschüssen in diesen Fällen beweisen. — Jedenfalls hat Puchner die Flugbahnen seiner Geschosse in der Praxis gut beobachtet und danach seine Vorstellungen vom Richten entwickelt.

Es sei zum Abschluß die schon auf S. 86 getroffene Feststellung wiederholt, daß Puchners Pendelquadrant ein sehr anschauliches Beispiel für lebendige Mathematik der Renaissance ist. Nachdem wir nun auch seine *Gedanken zur Ballistik* und seinen danach entwickelten Pendelrichtquadranten kennenlernten, läßt sich dieses Urteil erweitern: Puchners Instrument ist auch ein glänzendes Zeugnis für seine mühevollen Bestrebungen, das schwierige mathematisch-physikalische Problem des Richtens von Feuerwaffen mit seinen Mitteln einer Lösung näherzubringen.

5. Universalrichtgerät (Geschützaufsatz) von Christoph Trechsler d.Ä. (1622)

Der Pendelrichtquadrant mit Entfernungsmesser für P. Puchner von 1572 wird das erste Richtgerät gewesen sein, das Chr. Trechsler in jungen Jahren herstellte. Er hat in seiner weiteren erfolgreichen Tätigkeit als Feinmechaniker noch andere Richtinstrumente gefertigt; besonders fruchtbar waren in dieser Hinsicht die Jahre von 1599 bis 1622. Es sind elf Richtgeräte von Chr. Trechsler d. Ä. aus dieser Zeit bekannt; einige befinden sich heute in ausländischen Sammlungen. Besonders interessant sind zwei sehr schöne Quadranten von 1614 und 1622, die nochmals die durch Projektion gewonnene Richtskala des inzwischen verstorbenen P. Puchner besitzen; diese Richtskala wurde also 42 bzw. 50 Jahre nach ihrer Entstehung von demselben Werkmeister wieder verwendet (beide Instrumente 1945 in Dresden verlorengegangen).

Das Instrument von 1614 wurde von A. Beck [76] besprochen und abgebildet. Es zeichnet sich dadurch aus, daß es zur Einstellung einer bestimmten Rohrneigung (Schußweite) an Stelle eines Pendels eine sinnreiche Kombination der Entfernungs- und Gradskala des Quadranten mit einer kleinen, eingekapselten und drehbar angeordneten Nadelwaage (ähnlich einem Spitzenniveau; S. 130) besitzt. — Der Geschützaufsatz von 1622, die letzte Arbeit Trechslers auf diesem Gebiet (1945 verlorengegangen), soll den Abschluß der Würdigung artilleristischer Richtgeräte der Renaissance bilden.

Dieses messingvergoldete Instrument von 22 cm Höhe (Abb. 73) ist wieder eine besonders schöne Renaissance-Arbeit, nicht zuletzt wegen des klaren symmetrischen Aufbaus und der reichen figürlichen Schmuckformen (mit Betonung der Spirallinie), die durch Aussägen und Gravuren (mit waffentechnischem Bezug) gewonnen wurden. Trechslers Schraubenkopf mit den Blütenblättern ist auch hier

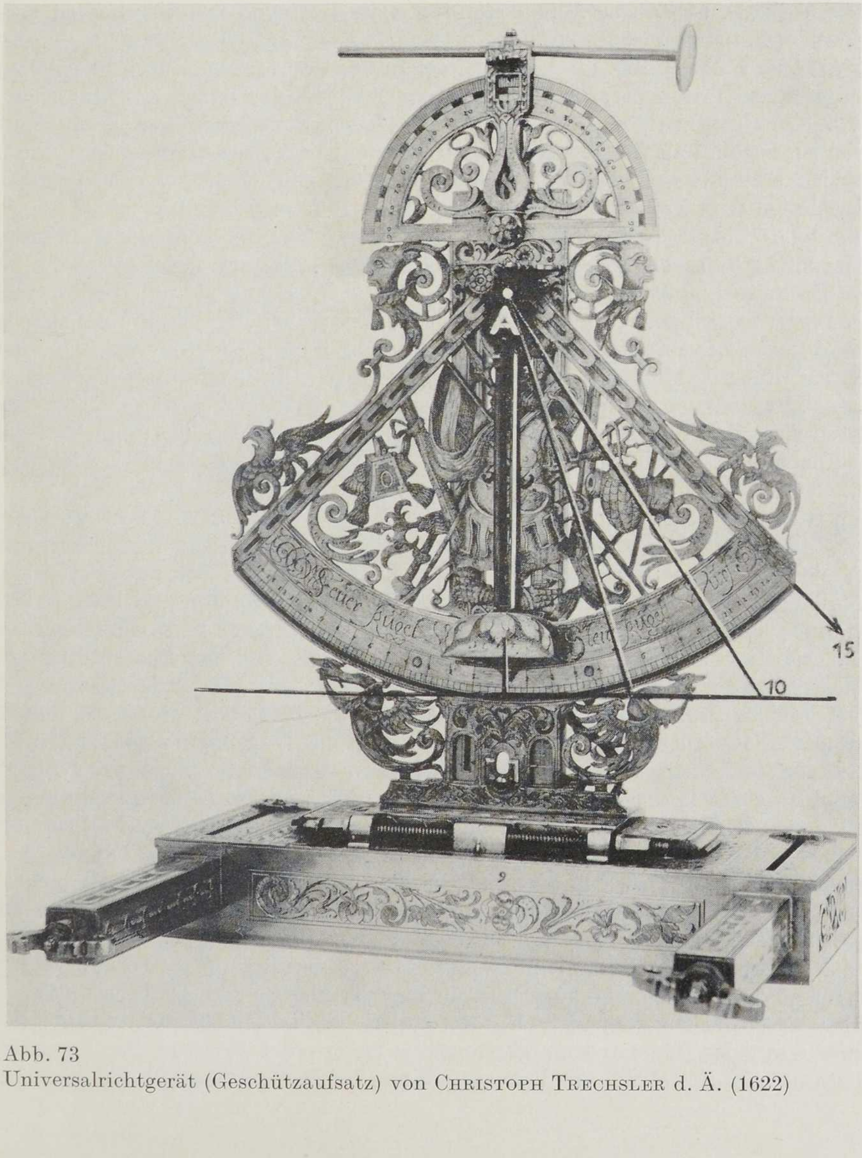


Abb. 73
Universalrichtgerät (Geschützaufsatz) von Christoph Trechsler d. Ä. (1622)

verwendet (im Mittelpunkt des Halbkreises über dem Quadranten). Der kastenförmige Fuß des Instrumentes, zum Aufschrauben auf ein Geschütz eingerichtet, trägt die Inschrift: ,,Christoph Trechsler der Elder Mechanicus Anno 1622".

Es ist sofort erkennbar, daß es sich bei diesem Gerät um einen *Pendelrichtquadranten* handelt. Das schwere Metallpendel kann über die breite, deutlich geteilte Quadrantbogenskala spielen; diese ist eine von der Mitte nach beiden Seiten sich verengende Teilung (mit Unterteilung in Viertel), die nach rechts und links von 1 bis 15 beziffert ist (also entsprechend der Skala des Richtgerätes von PUCHNER, hier mit der Bedeutung 25, ..., 1500 Längeneinheiten).

Die beiden Skalenhälften sind zum Richten beim Schießen mit Geschossen verschiedenen Materials vorgesehen: *Steingeschosse* (,,Stein Kugel Wurf") rechts, *Eisengeschosse* (,,Feuer Kugel Wurf") links. — Die rechte Skala ist genau durch Projektion der gleichmäßigen Teilung (1, ..., 15) einer Strecke (von der Länge des Quadrantradius) vom Quadrantzentrum A aus entstanden. Diese Strecke, die am Gerät nicht vorhanden ist, berührt als Tangente den Quadrantbogen im Skalenanfang; sie wurde zur Veranschaulichung der Projektion teilweise in das Bild eingezeichnet (dazu die Projektionslinien vom Pendelzentrum A aus für die Punkte 5 und 10).

Die Teilung der linken Skalenhälfte entspricht nicht genau der Teilung der anderen Skala; hier sind die Abschnitte der kleineren Schußweiten für das gleichgroße, aber schwerere Eisengeschoß etwas größer gewählt. — Der Quadrant ist zum Richten von *Flachschüssen* vorgesehen, da mit ihm nur eine Rohrerhebung bis 45° eingestellt werden kann; deshalb ist anzunehmen, daß die Skalen zum Richten von Kanonen und leichten Mörsern (Mortier oder Böller) für geringe Geschoßgewichte verwendet wurden. — Zur genauen Einrichtung des Geschützes in das Ziel ist oberhalb des Quadranten eine über eine Gradskala drehbare *Zielröhre* angebracht. Beim Richten muß das Instrument so aufgesetzt werden, daß die Quadrantebene in Zielrichtung verläuft.

Am Instrument ist noch *eine weitere Richtvorrichtung* vorhanden, denn unter der Quadrantskala ist ein *Visierloch* sichtbar. Die Quadrantebene kann zusammen mit diesem Visierloch mittels der auf dem Fuß sichtbaren langen Schraube, an einer feststehenden Säule gleitend, hoch und tief gestellt werden. Rechts und links neben dem Visierloch sind hinter zwei Öffnungen an der Säule angebrachte *Teilungen* zu erkennen. Das Visierloch kann also auf eine bestimmte Zahl dieser Skalenteilungen eingestellt werden. Es sind folgende Teilungen vorhanden: 1, ..., 75 für das ,,Schlange" genannte Geschütz (für kleinere Geschoßgewichte, 4 bis 16 Pfund) und 1, ..., 36 für die ,,Canonen" (Geschütze für schwerere Geschosse, bis 75 Pfund); diese Geschütznamen sind auf der Rückseite der Säule eingetragen. — Das Richten mit dieser Lochvisiervorrichtung war in der auf S. 174 angegebenen Weise durchzuführen; in diesem Fall mußte das Richtgerät mit seiner Quadrantebene senkrecht zur Zielrichtung stehen.

Dieser Geschützaufsatz wurde also von TRECHSLER für die Anwendung der beiden genannten Richtverfahren konstruiert und konnte für verschiedene Geschützarten der Renaissance verwendet werden. Er war damit ein *Universalrichtgerät* von großer technischer Vollkommenheit; das gilt auch von dem Geschützaufsatz von 1614, der ebenfalls neben der Quadrantskala eine Lochvisiervorrichtung zum Richten besaß.

Ein dem Trechsler-Instrument von 1622 wahrscheinlich nachkonstruierter Geschützaufsatz mit der Puchnerschen Weitenskala fertigte der Dresdner Werkmeister VIKTOR STARK 1635 (im MPhS erhalten; Abbildung bei H. GRÖTZSCH [2; Bildband]);

er besitzt aber zur Einstellung der Schußweiten wie der Trechsler-Aufsatz von 1614 kein Pendel, sondern zwei drehbare Nadelwaagen (entsprechend der Nadelwaage bei dem Gerät von TRECHSLER aus dem Jahre 1614 — vgl. S. 184).

Rund 100 Jahre nach dem Bau von TRECHSLERS Universalrichtgeräten erschien eine artilleristische Schrift von E. PUTONEO (Geschichte der Artillerie. Leipzig 1723), in der der Verfasser zu Anfang ein sehr hartes, am Ende freilich einsichtsvolleres Urteil über den Wert von Richtgeräten abgibt; seine Worte sollen die Betrachtungen über Richtgeräte der Renaissance abschließen: „Es gibt Hinderniße (Witterung, Boden, Geschoßmaterial, Pulver, Größe und Zustand des Geschützes usw.), die verursachen, daß, wenn man auch die besten Instrumente braucht und allen gehörigen Fleiß anwendet, dennoch fehlet und ein anderer, der über den Daumen richtet, besser trifft als der einen gantz vergoldeten Quadranten braucht. Doch ist nicht zu leugnen, daß ein Aufsatz vor den anderen einige von denen bis anhero erzehlten Fehlern abhelfen kann".

6. Beiträge und Handschriften zur Waffenkunde des 16. Jahrhunderts (insbesondere Kursachsens)

Da in den vorangehenden Abschnitten nur ein spezieller Teil der Artillerietechnik der Renaissance besprochen wurde, seien hier noch weitere *Beiträge* und vorhandene *Handschriften* zur Waffenkunde des 16. Jahrunderts, besonders Dresden und Kursachsen betreffend, zusammengestellt:

1. GURLITT, C.: Dresdner Waffenschmiede des 16. Jahrhunderts (Zeitschrift für historische Waffen- und Kostümkunde I, 1897).
2. HAENEL, E.: Zur ältesten Geschichte der Dresdner Rüstkammer (Zeitschrift für historische Waffen- und Kostümkunde VII, 1917 und VIII, 1918).
3. KORN, R.: Kriegsbaumeister Graf Rochus zu Lynar (1525—1596). Dresden 1905.
4. HAENEL, E.: Der sächsischen Kurfürsten Turnierbücher in ihren hervorragendsten Darstellungen auf 40 Tafeln. Frankfurt a. M. 1911.

Zwei artilleristische Handschriften aus der Mitte des 16. Jahrhunderts sind besonders bemerkenswert; sie befinden sich in der Landesbibiliothek Dresden und wurden bisher nicht besprochen:

1. LEONHART FRANSPERGER: Von Geschütz der grossenn stück Büchssenn ... (Unterredung zwischen einem Zeug- und Büchsenmeister — in 3 Teilen). — Msc. Dresd. C 73 (Landesbibliothek Dresden).
2. *Ohne Verfasserangabe:* Buch von der Arttlarey (Besprechung des „Schiessens aus Iglicher buchsen, von der Grösten bis auf die kleinste ..." mit vielen farbigen Zeichnungen. Wiedergabe einer dieser Zeichnungen: Abb. 64). — Msc. Dresd. C 114 (Landesbibliothek Dresden).

Am Ende dieser Wanderung durch Gebiete angewandter Mathematik der Renaissance (einschließlich mathematisch-physikalischer Probleme wie im letzten Kapitel) ist die Feststellung berechtigt, daß es immer wieder die hier tätig gewesenen schöpferischen Persönlichkeiten sind, die uns auch heute noch in ihren Bann ziehen, die in Anbetracht ihrer damaligen Leistungen unsere Anerkennung, ja Bewunderung verdienen. Die künstlerisch und technisch befähigten Werkmeister waren es, die gemeinsam mit Wissenschaftlern und Technikern deren Ideen zur Ausführung brachten, sehr oft aber auch, durch eigene Studien geschult, zu „Neuerern" ihrer Zeit wurden — wie unsere heutigen schöpferisch wirkenden Werktätigen; denn sie entwickelten weiterführende Gedanken und verwirklichten diese in ihren Arbeiten.

Es ist selbstverständlich, daß sich diese oft mit großen Kosten verbundenen Bestrebungen zur Zeit des Feudalismus im 16. und beginnenden 17. Jahrhundert überall dort besonders auswirken konnten, wo die notwendigen finanziellen Voraussetzungen für wissenschaftliche Weiterentwicklungen vorhanden waren, nämlich interessierte Gönner, einflußreiche Persönlichkeiten als Auftraggeber bzw. Abnehmer — so auch in Kursachsen.

Es wurde gezeigt, daß man sich hier besonders auf dem Gebiet des Meßwesens (Feldvermessung, Messungen im Bergbau und Artilleriewesen) um eine Weiterentwicklung sehr bemühte; die reichen Bestände des damaligen kursächsischen Sammlungszentrums, der Dresdner Kunstkammer mit ihrer Bibliothek, beweisen, daß man auf diesem Gebiet mit allem außerhalb der Landesgrenzen entwickeltem Neuen vertraut war, es anwendete und Neues aus eigenem Lande förderte. Das umfangreiche, gute Kartenmaterial aus dieser frühen Blütezeit sächsischer Kartographie ist vor allem ein noch heute sichtbares Ergebnis dieser vielseitigen Bemühungen.

Die in dieser Arbeit angeführten Zeugnisse für lebendige Mathematik der Renaissance künden von wissenschaftlichen Erkenntnissen ihrer Zeit, gleichzeitig aber machen sie erneut auf die Persönlichkeiten ihrer Schöpfer aufmerksam und tragen damit bei, ihre Leistungen aus dem Dunkel von Jahrhunderte zurückliegenden Epochen zu rücken und sie in das helle Licht der Anerkennung in heutiger Zeit zu stellen.

X. Anmerkungen und Literatur

[1] a) WUNDERLICH, H.: Das Dresdner „Quadratum geometricum" aus dem Jahre 1569 von Christoph Schißler d. Ä., Augsburg, mit einem Anhang: Schißlers Oxforder und Florentiner „Quadratum geometricum" von 1579/1599. Berlin 1960. (Veröffentlichungen des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons — Forschungsstelle — Dresden-Zwinger, Bd. 1).
b) WUNDERLICH, H.: Dasselbe. Ohne Anhang und gekürzt. (Wiss. Z. TH Dresden *4* (1954/55), 199—227).

[2] GRÖTZSCH, H.: Geschichte, Gestaltung und Inhalt des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons Dresden. Dresdner Wissenschaftliche Museen (Beiträge zur 750-Jahrfeier der Stadt). Dresden u. Leipzig 1956, S. 161—200.
GRÖTZSCH, H., und J. KARPINSKI: Der Mathematisch-Physikalische Salon in Dresden (Bildband; in Vorbereitung).
HANTZSCH, V.: Beiträge zur älteren Geschichte der kurfürstlichen Kunstkammer in Dresden. Neues Arch. für Sächs. Gesch. u. Altertumskunde, Bd. 23. 1902.
HOLZHAUSEN, W.: Lage und Rekonstruktion der kurfürstlichen Kunstkammer im Schloß zu Dresden. Repertorium f. Kunstwissenschaft 1927, Bd. 48, S. 140ff.

Weitere Literatur zu Geschichte und Werken der Dresdner Kunstsammlungen:
SEYDEWITZ, RUTH und MAX: a) Das Dresdner Galeriebuch. Dresden 1957.
b) Die Dresdner Kunstschätze. Dresden 1960.
c) Der verschenkte Herkules. Geschichten um Bilder der Dresdner Gemäldegalerie, Berlin 1972.
SEYDEWITZ, R.: Wenn die Madonna reden könnte. Leipzig/Jena/Berlin 1973.
SEYDEWITZ, M.: Dresden — Musen und Menschen. Ein Beitrag zur Geschichte der Stadt, ihrer Kunst und Kultur. Berlin 1973.

[3] Im Rahmen dieser Arbeit sind vor allem REGIOMONTANS *trigonometrische Tabellenwerke* zu nennen, die Berechnung seiner Sinustafeln und der „Tabula fecunda" (Schatten- bzw. „ergiebige" Tafel); hierzu vgl. [14b] und GÜNTHER, S.: Geschichte der Mathematik, I. Teil. Leipzig 1908.

[4] DOPPELMAYR, J. G.: Historische Nachricht von den Nürnbergischen Mathematicis und Künstlern. Nürnberg 1730.

[5] Es sei hier besonders auf die Handschrift SCHISSLERS „Geometria" zu seinem „Quadratum" von 1569 verwiesen ([1a, Abb. 30—32] und in dieser Arbeit Abb. 18).

[6] Als Beispiele seien hier die Instrumente von WENZEL JAMNITZER aus Nürnberg genannt (ENGELMANN, M.: Mathematische Instrumente von Wenzel Jamnitzer in Dresden. Mitt. Sächs. Kunstsamml. *5* (1914), 44—54; ENGELMANN war von 1902 bis 1928 Konservator des MPhS).

[7] REUTHER, M.: Der Görlitzer Bürgermeister, Astronom und Kartograph Bartholomäus Scultetus (1540—1614) und seine Zeit. Wiss. Z. TH Dresden *5* (1955/56), 1133—1161.

[8] Diese seit Mitte des 16. Jahrhunderts zur Erhöhung der Ablesegenauigkeit an linearen bzw. Kreisbogenskalen von Meßinstrumenten verwendete *Teilung* — heute noch als *Transversalmaßstab* bekannt, der z. B. zur Messung von Zehntelmillimetern auf Winkelmessern angebracht ist — fand sehr große Verbreitung (erstmalige Erwähnung bei LEVI BEN GERSONS Jakobstab, um 1340 [14d; S. 178]); ihre mathematische Begründung beruht auf der Ähnlichkeit der Dreiecke (Strahlensätze; vgl. [17]). SCHISSLERS „Quadratum" von 1569 ist eines der ältesten Instrumente, das diese Teilung in hervorragender Ausführung besitzt ([1a, Abb. 37 und 38] und in dieser Arbeit Abb. 22).

[9] Vor JOESTEL wird der 1572 als Hoftischler angestellte DAVID USSLAUB als Verwalter der Kunstkammer erwähnt (um 1586); er hat keine besonderen mathematisch-technischen Kenntnisse besessen und wirkte nur als Kanzlist. Das erste *Kunstkammer-Inventarium* von 1587 wurde von ihm aufgestellt.

[10] JOHANN PRAETORIUS (RICHTER; 1537—1616) war ursprünglich in Nürnberg Mechaniker. Im Jahre 1568 fertigte er ein sehr schönes *Astrolabium*, ein schweres Messinginstrument mit eingetragenen Meßquadraten (aufbewahrt im MPhS; vgl. hierzu [55; S. 131 und Abb. S. 171]). Im Jahre 1571 wird er Lehrer für Mathematik in Wittenberg; 1576 kehrte er in seine fränkische Heimat zurück und lehrte in Altdorf. 1590 konstruierte er den nach ihm benannten *Meßtisch* (Mensula oder Tabula Praetoriana), der sich bis heute bei Feldmeßarbeiten behauptete.

[11] Bei Besprechung eines hervorragenden Meßinstrumentes (Abb. 44 und 45) von LUCAS BRUNN wird auf Leben und Werk dieses bedeutenden Mathematikers am Dresdner Hof im ersten Viertel des 17. Jahrhunderts näher eingegangen (Kap. VI.4).

[12a] Es finden sich in der Literatur für „Perspectiva" die Namen „Architektur" und „Baukunst" (RÖTTINGER, H.: Die Holzschnitte zur „Architektur" und zum „Vitruv teutsch" des Walther Rivius. Stud. z. dtsch. Kunstgesch. Heft 167, Straßburg 1914; und A. G. KÄSTNER [15]).

[12b] Diese Instrumente werden von RIVIUS in der „Geometrischen Messung" auf den Seiten (Fol.) I bis XLV besprochen („Perspectiva" der Bücherei des Germ. National-Museums Nürnberg, Nw. 2213). Im einzelnen:

Fol. I—XVII (Instrumente 1, 2, 6, 7, 11, 12, 13); diesen Abschnitt hat RIVIUS aus O. FINAEUS, Protomathesis, Paris 1532 (lib. II, fol. 64—77) entnommen.
Fol. XVIII—XXIII (Instrument 4) aus: N. TARTAGLIA, Nuova scienza, Venedig 1537 (Bemerkung zu diesem Buch: Das in der Bibliothek des MPhS befindliche Exemplar (verlorengegangen) gehörte einst der Bibliothek des italienischen Baumeisters, Malers und Bildhauers GIOVANNI MARIA NOSSENI (1544—1620) an (nach einem Eintrag im Buch); NOSSENI hat es wahrscheinlich aus Italien mitgebracht, als er im Jahre 1575 an den Dresdner Hof berufen wurde.
Fol. XXIV—XXXV (Instrumente 3, 5, 6, 7, 8) aus: RAINER GEMMA (FRISIUS), De radio astronomico et geometrico, Antwerpen 1545.
Fol. XXXVI—XL (Theodolit); keine Quelle bisher zu finden.
Fol. XLI—XLV (Instrumente 9, 10); keine Quelle bisher zu finden.

[13] Dieser „Nonius" wurde in der heute bekannten Ausführung erstmalig 1631 von P. VERNIER an seinem Quadranten verwendet. Die Methode des P. NONIUS von 1542 (44 Hilfskreise, vgl. Kap. VII, S. 151f.) ist nur eine Vorstufe der Meßvorrichtung des VERNIER; trotzdem wird für diese Vernier-Vorrichtung seit alters meist der Name „Nonius" gebraucht [14d; S. 169—177].

[14] Näheres über die angeführten Fortschritte findet man in folgenden mathematik-historischen Werken:

a) v. Braunmühl, A.: Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie, 1. Leipzig 1900.

b) Cantor, M.: Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, 2. Bd. Leipzig 1900.

c) Günther, S.: Geschichte der Mathematik, I. Teil; Leipzig 1908. II. Teil (1. und 2. Hälfte) von H. Wieleitner. Leipzig 1911/1921.

d) Kiely, E. R.: Surveying Instruments, their history and classroom use. New York 1947. — Der zweite Teil (classroom use) ist für den Pädagogen besonders wertvoll, da Kiely hier eine methodisch sehr klare Zusammenstellung von Schülerübungen zur Einführung in die Feldmeßkunst gibt, unter Berücksichtigung von im ersten Teil geschilderten, für Lehrzwecke besonders geeigneten historischen Meßverfahren.

e) Repsold, J.: Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Peurbach bis Reichenbach (1450—1830). Leipzig 1908.

f) Glade, H., und K. Manteuffel: Am Anfang stand der Abacus (Aus der Kulturgeschichte der Rechengeräte). Leipzig/Jena/Berlin 1973, S. 77—93.

Mathematik-historische Gesamtdarstellungen der neuesten Zeit:

Wussing, H.: 1. Mathematik in der Antike (Mathematik in der Periode der Sklavenhaltergesellschaft). Leipzig 1962.

2. Nicolaus Copernicus. Leipzig 1973.

Juschkewitsch, A. P.: Geschichte der Mathematik im Mittelalter. Leipzig 1964.

Wussing, H., und W. Arnold (Hrsg.): Biographien bedeutender Mathematiker. Berlin 1975. — Hierbei insbesondere Abschnitt 3: Mathematik und Mathematiker der Renaissance (Stifel, Ries, Cardano, Tartaglia, Vieta, Kepler).

[15] Einige dieser Feldmeßschriften werden von A. G. Kästner in seiner „Geschichte der Mathematik seit der Wiederherstellung der Wissenschaften bis zum Ende des 18. Jahrhunderts", 1 (Göttingen 1796), S. 635—708, auch dem Inhalt nach angeführt. — Von den in neuerer Zeit kritisch gewürdigten Schriften seien die wichtigsten genannt:

1. Danfrie: Déclaration de l'usage du graphomètre ..., 1597; von Laussedat (Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographique. Paris 1898).

2. Digges: A geometrical practical treatize ..., 1571; von Hammer (Z. f. Vermessungswesen 1908).

3. Reimers: Geodaesia Ranzoviana, 1583; von Hammer (Z. f. Vermessungswesen 1906).

4. Reinhold: Bericht vom Feldmessen und vom Marscheiden, 1574; von Hammer (Z. f. Vermessungswesen 1901).

5. Schickhart: Kurtze Anweisung, wie Künstliche Land-Tafeln aus rechtem Grund zu machen ..., 1629; von Jordan (Z. f. Vermessungswesen 1891). — Vollständiger Titel von Schickharts Schrift vgl. [26].

6. Schwenter: Geometria practica nova et aucta, 1618/23/25; von Jordan (Z. f. Vermessungswesen 1898).

7. Witekindt: Bewährte Feldmessung und Theilung, 1578; von Hammer und Steiff (Z. f. Vermessungswesen 1897).

[16] Dieses Exemplar ist verlorengegangen; es besaß einen Jakob-Krause-Einband. Jakob Krause (gest. 1585) war Hofbuchbindermeister zur Zeit von Kurfürst August; seine Einbände für die kurfürstliche Bibliothek waren gleichmäßig gestaltet (Leder mit Goldprägung). — Der Reinhold-Band besaß 209 Blätter (Feldmeßbericht 160 Blätter, Marscheiden 49 Blätter), herausgegeben, zum Teil bearbeitet nach Unterlagen des Vaters, vom „Doctor der Artzney" Erasmus Reinhold jun. aus Saalfeld, gedruckt 1574 in Erfurt (von Georg Baumann); weitere Auflagen erschienen 1595 in Erfurt und 1615 in Frankfurt a. M.

Dem Exemplar der Dresdner Kunstkammer-Bibliothek waren zwei Schriften angebunden:

1. „*Vom Feldmessen*" („Eigentlicher und kurtzer unterricht, wie dasselbe auffs förderlichst und gewissest, durch die Triangel oder dreyeckichte Figuren zu verrichten. — Allen Steinsetzern und andern, so zu solchen Feldmessen gebraucht werden und deßwegen mit Pflichten und Eyden beladen, zu nützlicher *anleitung* und verwahrung. Darbey auch ein kurtzer Bericht wie in Fristkauffen und verkauffen sich vorzusehen, damit keiner den andern mit unfugen und wucherlich übernehme".) von MARTIN GRASGEBAUER (Hennebergischer Forstmeister). Schmalkalden 1596.
2. „*Astrolabium*" („Kurtzer Unterricht, wie man solch Instrument brauchen soll, nicht allein den Ertzten, sondern auch den Bawmeistern, Bergleuten, Büchsenmeistern und andern, so sich der Astronomischen und geometrischen Kunst gebrauchen, fast lustig und nützbarlich".) von ZACHARIAS BORNMAN. Breslau 1584 (Neuauflage einer 1525 erschienenen Schrift von JOHANN COPP).

[17] Es muß hier bemerkt werden, daß gerade für die angewandte Geometrie des 16. Jahrhunderts die *Lehre von den Verhältnissen und Proportionen* (*Verhältnisgleichungen*) in ihrem Zusammenhang mit der *Ähnlichkeit der Dreiecke* von besonderer Wichtigkeit war. Die Feldmesser, Mechaniker, Verfasser von „Praktischen Geometrien" haben gezeigt, daß sie mit der Lehre von den Verhältnissen bei ähnlichen Dreiecken sehr gut vertraut waren. Anerkennend muß man feststellen, wie sie die dadurch gegebenen Möglichkeiten für ihre Zwecke auszuschöpfen verstanden, wie geschickt sie zur Lösung bestimmter Probleme die Ähnlichkeit und Proportionen- bzw. Verhältnisrechnung herangezogen. Die weiteren Ausführungen werden hierfür Beispiele aufzeigen (Bruchbestimmung bei SCHISSLERS „Quadratum", Transversalteilung, Verhältnisskalen, Teilungen der Reduktions- und Proportionalzirkel, artilleristische Richtskalen).

Grundbegriffe der *Ähnlichkeits-* und *Proportionenlehre,* deren Kenntnis für die weiteren Ausführungen notwendig ist, werden — in heutiger Formulierung — im folgenden zusammengestellt. Hierbei ist zu beachten, daß die Verwendung der abkürzenden algebraischen Schreibform im 16. Jahrhundert noch nicht zur Anwendung kam; man drückte den betreffenden Zusammenhang in Worten aus (bei Verwendung eines bestimmten Zahlenspieles):

Ähnlichkeit: Figuren, insbesondere Dreiecke, von *gleicher Form* heißen ähnlich; abgekürzt geschrieben: $\triangle ABC \sim \triangle AB_1C_1$, d. h., Dreieck ABC ist ähnlich Dreieck AB_1C_1 (vgl. Abb. 60); die ähnlichen Dreiecke können natürlich auch getrennt liegen (wie in Abb. 3a, b bzw. 5a, b) oder mit der Spitze zusammenhängen (Abb. 58).

Hauptähnlichkeitssatz (wichtigstes Kriterium für Ähnlichkeit von Dreiecken): Dreiecke sind ähnlich, wenn sie in zwei gleichliegenden Winkeln übereinstimmen (vgl. Abb. 60): $\triangle ABC \sim \triangle AB_1C_1$, denn: $\alpha = \alpha$, $\beta = \beta_1$.

Verhältnisse (Beispiele): $1:2$; $4:8$; $3:1$; $a:b$; $x:y$.

Wert dieser Verhältnisse: $\frac{1}{2}$; $\frac{4}{8} = \frac{1}{2}$; $\frac{3}{1} = 3$; $\frac{a}{b}$; $\frac{x}{y}$.

Proportion oder *Verhältnisgleichung* (lat. pro portione, d. h. nach Anteil, Verhältnis): $1:2 = 4:8$ (Gleichsetzung von zwei Verhältnissen gleichen Wertes), $a:b = c:d$.

Vierte Proportionale ($= x$) $: x : 6 = 3 : 9$; daraus $9 \cdot x = 3 \cdot 6$, d. h. $x = 18 : 9 = 2$.

Mittlere Proportionale (= die *Innenglieder* einer Proportion, wenn diese gleich sind; in den Beispielen 2 bzw. x): $1:2 = 2:4$; $a:x = x:b$.

Strahlensätze (Ableitung aus der Ähnlichkeit von zwei Dreiecken): Werden zwei von einem Punkt ausgehende Strahlen von zwei (oder mehreren) Parallelen geschnitten, so verhalten sich

1. zwei Abschnitte des einen Strahles wie die gleichliegenden des anderen Strahles; zugehörige Proportion vgl. Abb. 60: $AB : BB_1 = AC : CC_1$;

2. die Parallelabschnitte zwischen den Strahlen wie die zugehörigen Strahlenabschnitte, vom Schnittpunkt der Strahlen aus gerechnet; oder: Die Verhältnisse ,,Parallelabschnitt" zu ,,zugehörigem Strahlenabschnitt" sind gleich; zugehörige Proportion vgl. Abb. 60:
$BC : B_1C_1 = AB : AB_1$ bzw. $BC : B_1C_1 = AC : AC_1$
oder
$BC : AB = B_1C_1 : AB_1$ bzw. $BC : AC = B_1C_1 : AC_1$,
$AB : BC = AB_1 : B_1C_1$ bzw. $AC : BC = AC_1 : B_1C_1$.
(Geschichtliche Ausführungen zu den Begriffen *Proportion* und *Ähnlichkeit* in der Antike vgl. Wussing [14, 1.].)

[18] Die *Sinus*- und ebenso die *umbra-Größen* [20] wurden zu Reinholds Zeit als *Strecken* (Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks), gemessen in Einheiten einer anderen Seite dieses Dreiecks, ,,gesehen"; mit ihnen wurde im rechtwinkligen Dreieck gearbeitet, insbesondere gerechnet. Erst später werden die trigonometrischen Funktionen direkt als *Streckenverhältnisse* definiert (Klügel, S.: Analytische Trigonometrie. Braunschweig 1770; vgl. [14c; II]). Es wurde damit für die Funktionen ein Definitionsdreieck mit der Grundgröße $r = 1$ festgelegt. Die Funktionswerte wurden dadurch die *Dezimalzahlen*, die wir aus unseren heutigen trigonometrischen Tabellen kennen. (Die Dezimalzahlen als solche treten erstmalig gegen Ende des 16. Jahrhunderts auf.) — Beim Rechnen mit diesen Funktionswerten war dann das Aufstellen von Verhältnisgleichungen *nicht* mehr notwendig — wie dies noch zur Zeit von Reinhold der Fall war, da im betreffenden Funktionswert schon das benötigte Verhältnis vorliegt (vgl. das Beispiel auf S. 27f.: $\sin\alpha = x : 2500$; d. h. $x = 0{,}798636 \cdot 2500$).

[19] Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß in Kapitel VII (Tafelwerke zur Verwendung bei Feldmeßarbeiten) *handschriftliche Tabellen* (um 1590) aus der Bibliothek der Kunstkammer Dresden besprochen werden, mit deren Hilfe Berechnungen (insbesondere eine Multiplikation, wie sie das hier angeführte Beispiel — $7986 \cdot 2500$ — erfordert) ausgeschaltet wurden; das Ergebnis konnte der Tabelle direkt entnommen werden, oder es waren nur noch mehrere Tabellenwerte zu addieren (vgl. dazu dasselbe Beispiel auf S. 150).
Damit war es weitgehend gelungen, den Feldmesser von für seine Zeit umständlichen Rechenarbeiten bei bestimmten, aber häufig vorkommenden Vermessungsaufgaben (Dreieckausmessungen) zu befreien. — Denselben Zwecken diente das *mechanisch-graphische* Verfahren, das Schissler 1569 bei seinem Meßquadrat zur Anwendung bringt (S. 77) und das in Abwandlung bei Volckmar (1591) wieder auftritt (S. 114). Freilich mangelte diesen mechanischen Verfahren die Genauigkeit, die bei Anwendung von Tabellen erreicht werden kann.

[20] Während der Name *Sinus* für die Halbsehne seit dem frühen Mittelalter bekannt ist, wird der Name *Tangens* für den arabischen *Schatten*- bzw. *umbra-Begriff* erstmalig von Th. Finck (Geometria rotundi, 1583) gebraucht (vgl. [14c; I, S. 395]).

[21] Die Bemerkung von Kiely [14d; S. 144], daß B. Pitiscus (Trigonometria, Frankfurt a. M. 1599) zuerst trigonometrische Funktionen bei der Lösung von Vermessungsaufgaben verwendete, ist danach nicht zutreffend. Pitiscus hat aber wohl als erster das Wort ,,*Trigonometrie*" verwendet, da es vorher nicht nachweisbar ist (nach v. Braunmühl [14a]).

[22] Eine von Reinhold berechnete umbra-Tafel mit dem Intervall 1′ erschien postum 1554 im Druck. Vielleicht war dieses Werk Grundlage für die RV-Tafel.

[23] Es kann an dieser Stelle auf ein *entsprechendes Beispiel* verwiesen werden, das bei der Behandlung der mit dem Meßquadrat zu lösenden Aufgaben in Kapitel III. 1 (S. 66 mit Abb. 17) angeführt wird. Die Größe h in Abb. 17 entspricht der Tiefe t in Reinholds

Beispiel (Abb. 5b) und s der Stollenlänge l. Das Meßquadrat habe eine 1200-Teilung der Seiten (also $AB = 1200$). Bei Einzielung von P (Abb. 17) wird am Meßquadrat $BE \triangleq uv$ abgelesen. Der Winkel (PAS) wird nicht benötigt. Die Ähnlichkeit der Dreiecke PSA und ABE ergibt die Gleichung $h : s = uv : 1200$; $h = \frac{s \cdot uv}{1200}$. Dies entspricht der Lösung bei Reinhold: $t = \frac{l \cdot u}{1200}$ (S. 31).

[24] Die Schrift „Menschen messen Zeit und Raum", Berlin 1971, von E. Padelt gibt einen sehr guten Überblick über die Geschichte der Messung von Zeit und Länge sowie der von ihnen ableitbaren Größen mit der Angabe vieler alter Maße und ihrer metrischen Werte. — Hierbei (S. 69) wird auch bemerkt, daß „der Kurfürst August von Sachsen sich bemühte, das Meßwesen in Sachsen einigermaßen in Ordnung zu halten". Diese Aussage wird wohl der vielseitigen Arbeit des Kurfürsten — wie in den weiteren Ausführungen gezeigt wird — für die Entwicklung des Meßwesens insgesamt, für die Feldmeßkunst im besonderen (einschließlich der Schaffung eines einheitlichen Maßsystems in seinem Lande), nicht gerecht.
Eine „Kleine Geschichte von der Kunst des Messens" erschien von E. Padelt unter dem Titel: „Mit dem Meßrad um die Welt" (Berlin 1975).

[25] Sebastian Münster (1489—1552) gab 1544 in Basel seine „Cosmographia universalis" (mit 471 Holzschnitten: Bilder, Stadtansichten und eine Reihe von Landkarten) heraus. Das erweiterte Werk erlebte von 1550 bis 1650 49 Auflagen (24 in deutscher Sprache; Titel dort: „Cosmographey oder beschreibung aller länder/herrschafften/fürnehmsten Stetten des gantzen Erdbodens". — Ein Beispiel aus diesem Werk (1574) zeigt Abb. 1 (S. 7): Ansicht von Dresden).
Der erste gedruckte Weltatlas wurde 1570 von Abraham Ortelius (1527—1598) unter dem Titel „Theatrum Orbis Terrarum" (Schauplatz des Erdkreises) herausgegeben.
Gerhard Mercators (1512—1594) berühmtes Kartenwerk (107 Karten; 1595 vollendet) führt erstmalig den Titel *Atlas*: „Atlas sive Cosmographicae Meditationes de Fabrica Mundi et Fabricati Figura" (Atlas oder kosmographische Studien vom Bau der Welt und deren hergestellte Abbildung).
Bedeutende Persönlichkeiten des deutschen Verlagswesens im Frühkapitalismus waren Matthäus Merian d. Ä. (1593—1650) und sein Sohn Matthäus M. d. J. (1621—1687), beide Kupferstecher und Verleger topographischer Werke des 17. Jahrhunderts.
Eine Sammlung alter *Stadtansichten* bis zum Ende des dreißigjährigen Krieges liegt in dem umfangreichen Werk von Fr. Bachmann vor: Die alte deutsche Stadt. Leipzig 1941 ff.

Näheres über *Geschichte der Kartographie* (mit Reproduktion alter Karten) bei:
Bagrow, L., und R. A. Skelton: Meister der Kartographie. Berlin 1963.
Becker, W.: Vom alten Bild der Welt (Alte Landkarten und Stadtansichten). Leipzig 1969.

[26] Folgende Autoren berichten um 1900 über *außersächsische Vermessungsarbeiten* im 16. und beginnenden 17. Jahrhundert:

Regelmann, C.: Bayerische Landmesser des 16. Jahrhunderts (Z. f. Vermessungswesen 1890). — Hierin wird berichtet, daß Philipp Apian, ein Sohn des aus Sachsen stammenden Gelehrten Peter Apian (S. 17), von 1554 bis 1561 mit einigen Gehilfen in Bayern herumreiste. Er maß Distanzen, nahm astronomische Ortsbestimmungen vor und legte die Ergebnisse in seiner „Topographie von Bayern" 1563 nieder.
Jordan, W.: Schwäbischer Geodät aus dem 17. Jahrhundert (Schickhart) (Z. f. Vermessungswesen 1891).
Steiff, E.: W. Schickhart und seine Landesaufnahme Württembergs 1624 bis 1635 (Z. f. Vermessungswesen 1899). —

W. SCHICKHART (auch SCHICKARD) veröffentlichte folgende Schrift: „Kurtze Anweisung wie Künstliche Land-Tafeln aus rechtem Grund zu machen und die bißher begangne Irrthumb zu verbessern. Sampt etlich newe erfundenen Vörthelen, die Polus Höhin auffs leichtest und doch scharpff gnug zu forschen". Tübingen 1629. — SCHICKHARTS Vermessungen waren die Grundlage für seine „*Topographia Wirtembergiae*" (1635).
KOTHE, M: Vermessungswesen in Kurhessen im 16. bis 19. Jahrhundert (Z. f. Vermessungswesen 1884).
DORN, S.: Einiges zum Vermessungswesen im alten Hessenlande im 16. und 17. Jahrhundert (Z. f. Vermessungswesen 1914).
ROEDDER, H.: Zur Geschichte des Vermessungswesens Preußens, insbesondere Altpreußens aus der ältesten Zeit bis in das 19. Jahrhundert (Z. f. Vermessungswesen 1907).

[27] VALERIUS, N.: Geometria, deutsch; vom abmessen aller hohe und weiten durch diesen gegenwärtigen Quadranten. 1564 (Handschrift im MPhS — 1945 verlorengegangen. — Kurfürst AUGUST hat mit VALERIUS („Mathematikus aus Coburg") schon vor 1564 in Verbindung gestanden. VALERIUS lieferte ein ptolemäisches Planetarium (nicht mehr vorhanden); vor allem aber soll von ihm im Jahre 1562 der *arabische Himmelsglobus* von 1279, heute eine besondere Kostbarkeit des MPhS, an Kurfürst AUGUST verkauft worden sein (DRECHSLER, A.: Der arabische Himmelsglobus im MPhSD. Dresden 1922 — Vorwort).

[28] HAENEL, E.: Die Drahtziehbank des Kurfürsten August im Musée de Cluny zu Paris. Mitt. Sächs. Kunstsamml. *5* (1914/15).

[29] FALKE, J.: Die Geschichte des Kurfürsten August von Sachsen in volkswirtschaftlicher Beziehung. Leipzig 1868. — Während des Kurfürsten besondere Neigungen auf mathematisch-technischen Gebieten lagen, war die Kurfürstin ANNA *botanisch* sehr interessiert; ihr Heil- und Gewürzkräuteranbau, z. B. im Schloßgarten Annaburg bei Torgau, war berühmt. Die Bibliothek dieses Schlosses enthielt unter anderen mehrere im 16. Jahrhundert erschienene *Kräuter- und Arzneibücher*. — Bemerkenswert ist hierunter die im Auftrag des Kurfürsten 1563 angefertigte Handschrift „Das Kreutterbuch" mit 600 ganzseitigen, farbigen Pflanzenbildern (heute: Sächsische Landesbibliothek Dresden). Verfasser ist der Arzt und Naturwissenschaftler JOHANNES KENTMANN, 1518 in Dresden geboren, 1574 als „Stadtphysikus" in Torgau gestorben. — *Biographie* dieses kursächsischen Renaissance-Gelehrten von J. HELM (unter Einbeziehung der Forschungsergebnisse betr. KENTMANN von R. ZAUNICK, † 1967): Johannes Kentmann, ein sächsischer Arzt und Naturforscher. Wiesbaden 1971. — KENTMANNS *Mineralienkatalog* (1565) und seine Arbeit über die *Fischfauna*, im besonderen des Elbstromes (1549), seien noch genannt; ein Anhang zum „Elbfischkatalog" in Gestalt einer *Zeichnung des Elbverlaufes* von Melnik bis Torgau (freilich ohne Genauigkeit der Krümmungen) mit Angabe der einmündenden Nebenflüsse und anliegenden Ortschaften (mit Bemerkungen hierzu und Entfernungsangaben in wahrscheinlich kleinen Meilen) zeigt KENTMANNS Vielseitigkeit und ist auch für die vorliegende Arbeit beachtlich (Wiedergabe eines Teiles der Zeichnung KENTMANNS bei HELM; Abb. 11/12).

[30] AGRICOLA, G.: De natura fossilium. 1546 (das sogenannte „Mineralienbuch") — De re metallica. 1556 (das „Bergwerksbuch").

[31] Folgende Sätze aus dem *Vorwort* zu REINHOLDS Buch „*Vom Marscheiden*" lassen die Bedeutung, die man dem kursächsischen Bergbau zuerkannte, besonders gut erkennen: „... und weil meines wissens von dem Marckscheiden nichts in den druck ausgegangen — da die, die damit umgehen doch dermassen heimlich verborgen halten und andern mißgünnen, gleichsam weren solche Künste ihnen alleine zu wissen von Gott verliehen — und das solches billich einem solchen Herrn (Kurfürst AUGUST!) zugeschrieben würde, dessen Land Gott der Almechtige vor allen anderen Fürsten und Herrn Deutsches Landes,

ja nicht allein Deutschlandes, sondern auch Spanien, Frankreichs, Welsch und Engellandes mit allerley Metallen nicht allein reichlich, sondern auch also überflüßig an unzehligen Orten gesegnet hat ...".
So stark war noch gegen Ende des 16. Jahrhunderts der Glaube an den überreichen „Bergsegen" im kursächsischen Erzgebirge, obwohl schon der Höhepunkt der besonders gewinnbringenden Silberproduktion überschritten war! Aber andere Metalle (Wismut, Kobalt, Nickel, Wolfram, Uran) gewannen nach und nach an Bedeutung und ließen das große Interesse am erzgebirgischen Bergbau weiterhin bestehen (Über Geschichte des erzgebirgischen Bergbaues: Sieler, S.: Zur Geschichte des erzgebirgischen Bergbaues. Halle 1954).

[32] Beschorner, H.: a) Zur ältesten Geschichte der sächs. Kartographie. Neues Arch. f. Sächs. Gesch. u. Altertumskunde 1902.
b) Geschichte der sächs. Kartographie im Grundriß. Leipzig 1907.
Engelmann, M.: Die Wegmesser des Kurfürsten August von Sachsen. Mitt. Sächs. Kunstsamml. *6* (1915), 11—43.
Hantzsch, V.: Die ältesten gedruckten Karten der sächs.-thür. Länder, 1550—1593. Leipzig 1906.
Kirchhoff, A.: Matthias Öders großes Kartenwerk. Neues Arch. f. Sächs. Gesch. u. Altertumskunde 1890.
Kötzschke-Beschorner-Meiche-Becker: Die hist.-geogr. Arbeiten im Königreich Sachsen. Leipzig 1907.
Nagel, A.: Sächsische Landkarte vom 16. Jahrhundert. Z. f. Vermessungswesen 1890.
Ruge, S.: a) Geschichte der sächsischen Kartographie im 16. Jahrhundert. Z. f. wiss. Geogr. II. 1881.
b) Die erste Landesvermessung des Kurstaates Sachsen durch Matthias Öder 1586 bis 1607. Dresden 1889.
Schmidt, L.: a) Kurfürst August von Sachsen als Geograph. Dresden 1898.
b) Humelius und seine Vermessungsarbeiten. Neues Arch. f. Sächs. Gesch. u. Altertumskunde 1899.

[33] Witekindt, H.: Bewährte Feldmessung und Theilung. 1578 (vgl. auch [15; 7.]).

[34] Schreibform des Namens auch Oeder, Oder, Oderer; Unterschrift von M. Öder: „Matheus Öder". — Über das Geschlecht der Öder berichtet W. Fröbe: Das Annaberger Geschlecht der Öder, die ersten sächsischen Kartographen. Zeitschrift des Erzgebirgsvereins „Glückauf!". Schwarzenberg 1928 (Heft 6). — Fröbe bezieht sich in seiner Arbeit auf eine Schrift von O. Birke: Der Bezirk Annaberg im Lichte der Kartographie des 16. und 17. Jahrhunderts und dazugehöriger Akten. Jahresbericht des Gymnasiums zu Annaberg von 1903.

[35] O. E. Schmidt behandelt im ersten Band seiner „Kursächsischen Streifzüge" (Leipzig 1902 und weitere Auflagen) das Gebiet der Lochauer oder Annaburger Heide mit Schloß Annaburg und einschließlich Mühlberg, das in der kursächsischen Geschichte eine wichtige Rolle spielte (Herzog Moritz wird nach der Schlacht bei Mühlberg 1547 Kurfürst von Sachsen; vgl. S. 36), aus der Sicht des Historikers der in ihm eigenen, so lebendigen Darstellungsform.

[36] Die Karte *Mühlberg* wurde hier ausgewählt, weil die nächsten Abbildungen (9, 10) und auch der Ausschnitt aus der große Karte von M. Öder (Abb. 12) Teile dieses Gebietes in größerem Maßstab wiedergeben. — Die in Abb. 8 neben dem Maßstab eingetragene Bezeichnung „Kleine Meilen" wurde vom Verfasser beigefügt.

[37] Die gesamte Route ist auf der Scultetus-Karte von 1568 (Abb. 11) noch zu erkennen.

[38] M. Engelmann [32; S. 34] und L. Schmidt [32a; S. 13] erwähnen diese mas-Einheit der Routenkarte, verzichten aber auf weitere Erörterungen.

[39] Wiedergabe dieser Karte bei LEHMANN, E.: Alte deutsche Landkarten. Leipzig 1935.

[40] Von H. MAGDEBURG stammt auch der schöne *Holzschnitt von Meißen* (Misena-Hermandurorum Urbs), die älteste Ansicht der Stadt (1558) mit Beschreibung (erschienen in S. MÜNSTERS Werk [25]). — Der Mathematiker und Kartograph H. MAGDEBURG hat wahrscheinlich auch die in Abb. 1 (S. 7) wiedergegebene Ansicht von Dresden in zentralperspektivischer Darstellung (Fluchtpunkt bei D in der Abbildung) gefertigt. Dieses Dresden-Bild ist erstmalig in der „Cosmographey"-Ausgabe von S. MÜNSTER aus dem Jahre 1574 enthalten; es besitzt kein Signum von H. MAGDEBURG (Näheres zu der Abbildung siehe S. 171).

[41] PTOLEMAIOS (150 u. Z.) führte als Nullmeridian den Meridian einer der Kanarischen Inseln ein; 1634 wird dafür im französischen Kartennetz der westlichste Punkt der Alten Welt, d. h. Ferro, die westlichste kanarische Insel (span. Hierro; Länge heute: 17°40′ w. Greenwich, amtlich festgelegt. — Als Nullmeridian wurde dann später der Meridian von Greenwich gewählt (endgültige Festlegung dieses Nullmeridians 1911).

[42] Angaben von Koordinaten weiterer kursächsischer Städte nach Messungen von P. APIAN und B. SCULTETUS bei S. RUGE [32a; S. 90f. u. S. 227].

[43] Auf *Schrittzähler* wird hier nicht näher eingegangen; im MPhS sind noch Instrumente vorhanden, von denen eines 10000 Doppelschritte ($\approx$ 17 km) zählen konnte. — Das Meßwerk trug der Fußgänger bei sich; das Gerät war mit dem ausschreitenden Fuß verbunden. Es gab auch in *Spazierstöcke* eingebaute Schrittzähler; bei jedem Aufstoß des Stockes wurde ein Doppelschritt gezählt.

[44] a) ROHDE, A.: Die Geschichte der wissenschaftlichen Instrumente vom Beginn der Renaissance bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Leipzig 1923.
b) PFINTZING, P.: Methodus geometrica oder Tractat von der Feld-Rechnung und Messung. Nürnberg 1598.
c) HULSIUS, L.: *4. Tractat.* Gründliche Beschreibung deß Diensthafften und Nutzbaren Instruments Viatorii oder Wegzählers, so zu Fuß, zu Pferd und zu Gutschen gebraucht werden kann, damit mit geringer mühe zu wissen, wie weit man gegangen, geritten oder gefahren sey, als auch zu erfahren, ohne messen oder zehlen, wie weit von einem Ort zum andern. Daneben wird auch der große verborgene Wegweiser angezeigt und vermeldt. Frankfurt 1605/1615.

[45] M. ENGELMANN [32; S. 34/35] bemerkt hierzu: „Es dürfte *wenig Zweck* haben, den Maßen, die diese Wegmesser ... anzeigten, gründlich nachzugehen. Zu der aufzumachenden Rechnung fehlt es dabei an einem wichtigen Gliede. Wir kennen in keinem Fall den benutzten Wagenradumfang." — Dieser Ansicht kann nicht zugestimmt werden.

[46] TREUE, W.: Achse, Rad und Wagen — 5000 Jahre Kultur- und Technikgeschichte. München 1965.

[47] Dieses Instrument — im MPhS erhalten geblieben — ist eines der frühen Werke dieses bedeutenden Meisters sächsischer Feinmechanik, der viele gemeinsame Züge mit dem großen „geometrischen und astronomischen Werkmeister" aus Augsburg, CHRISTOPH SCHISSLER d. Ä. [48] aufweist. Lag bei SCHISSLER die fruchtbarste Periode seines Schaffens in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts, so ist dies bei TRECHSLER das erste Viertel des 17. Jahrhunderts.
Instrumente verschiedenster Art hat er neben dem Wegmesser hergestellt: Sonnenuhren, eine Taschenuhr, artilleristische Meßgeräte (vor allem Richtaufsätze), Maßstäbe, Meß- und Reißbestecke, Proportionalzirkel, Feldmeßinstrumente (Höhenmeß- und Bussolen-Instrumente, Oktanten, ein besonders wertvolles Triangulationsgerät mit trigonometrischem Meßlineal und ein Theodolit-Instrument). Die ältesten, im MPhS noch erhaltenen

Geräte sind ein artilleristisches Meßinstrument mit Entfernungsmesser von 1572 (Abb. 24) und ein Maßstab von 1576; als eines seiner letzten Werke kann wohl sein Proportionalzirkel von 1624 (Abb. 59) angesehen werden. Einige der genannten Instrumente Trechslers werden in den folgenden Abschnitten dieser Arbeit besprochen.

Eine *Zusammenstellung der bekannten Arbeiten* Trechslers (einschließlich einer kurzen Beschreibung), geordnet nach dem Jahr ihrer Entstehung, mit Angabe des Standortes, findet sich in dem Werk von Ernst Zinner: Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11. bis 18. Jahrhunderts. München 1956. (S. 547ff.)

Über das Leben des Meisters liegen bisher nicht viele Einzelheiten vor [1a; S. 15]; sie seien hier zusammengestellt.

Christoph Trechsler (auch: Drexler, Dressler) war der Sohn des Dresdner Büchsenschmiedes Lorenz Trechsler (Geburtsjahr Chr. Trechslers um 1550). Er diente Kurfürst August und dessen drei Nachfolgern (Christian I., II. und Johann Georg I.). Im Jahre 1571 wird schon ein Geschenk des Kurfürsten August zu seiner Hochzeit erwähnt. Seit dieser Zeit befaßt sich Trechsler auch mit dem Bau von Meßinstrumenten (Meßgeräte von 1572/76; vgl. Abb. 24); er gewinnt in dieser Hinsicht mehr und mehr das Vertrauen des Kurfürsten August, vor allem nach dessen Zerwürfnis mit Christoph Schissler (um 1577).

Lange Zeit war er am *Zeughaus* (S. 171f.) beschäftigt, wo er 1595 am Bau einer der ersten Mitrailleusen (Orgelbüchsen) beteiligt war. Man benutzte sie freilich nicht, da man der Ansicht war, „daß 5000 Musketiere billiger wären als 500 solcher Waffen" (Oberstland- und Hauszeugmeister Paulus Puchner; S. 172).

Im Jahre 1595 erfolgt auch die Anstellung Trechslers als „geschickter und Kunstreicher Werkmeister" durch den Rat der Stadt Dresden; er war weiterhin als „geometrischer Arbeiter bei der Kunstkammer" tätig. In den Jahren 1602 bis 1605 ist er Verwalter der Büchsenstube dieser Sammlung und tritt in der Folgezeit bis zu seinem Tode im Jahre 1624 vor allem als „mathematischer Instrumentenbauer", als „Mechanikus" hervor.

Seine Instrumente tragen die Zeichen *C*T*M*F*D*, d. h. Christoph Trechsler Mechanicus Fecit Dresdae (hergestellt von dem Mechaniker Chr. Tr. aus Dresden oder auch nur C. T.; seit 1611 gebraucht Trechsler die Abkürzung *C*T*D*E*M*F* (Chr. Tr. der Ältere Mechanicus Fecit). — Er arbeitete mit den kursächsischen Mathematikern Abraham Ries, Melchior Joestel und Lucas Brunn (S. 20) zusammen. Joestel und Brunn waren ja auch Leiter der Kunstkammer, und Trechsler hat für sie Instrumente nach ihren Angaben gefertigt.

Sein Sohn Christoph — Lebensdaten sind nicht bekannt — folgte ihm im Beruf; er arbeitete in des Vaters Werkstatt und hat einige Instrumente selbständig geschaffen (z. B. das schöne Höhenwinkel-Meßgerät von 1623 — Abb. 40). Er erreichte freilich nicht die Vielseitigkeit des Vaters; dasselbe gilt auch für Christoph Schissler Vater und Sohn.

Die Instrumente des jüngeren Trechsler (Christoph Trechsler d. J.) tragen die Abkürzung *C*T*S*M* (Christoph Trechsler Sohn Mechanicus); als Senior kann S nicht gedeutet werden, da Vater Trechsler zur Zeit der Mitarbeit seines Sohnes stets mit „der Ältere" zeichnet.

Von der Kunstfertigkeit Christoph Trechslers d. Ä. wird heute auch anderen Ländern Kunde durch in den dortigen Museen vorhandene Werke des Dresdner Meisters (z. B. in England und in den USA). Diese Trechsler-Instrumente sind Zeugen des hohen Standes der kursächsischen Feinmechanik des 16. und beginnenden 17. Jahrunderts; es sind Originalinstrumente, und nur in wenigen Fällen sind in anderen Sammlungen Duplikate vorhanden.

Messing und Bronze sind die bevorzugten Werkstoffe für diese Instrumente; meist sind sie in reicher Feuervergoldung gehalten und überdies geschmackvoll verziert. Es wurden hierbei alle bei Metallen möglichen Ziertechniken wie Reliefguß, Aussägearbeit, Gravierung und Ätzung verwendet.

[48] *Leben und Werk* SCHISSLERS wurden von MAXIMILIAN BOBINGER dargestellt:
a) Christoph Schißler der Ältere und Jüngere. Ausgburg/Basel 1954;
b) Alt-Augsburger Kompaßmacher. Augsburg 1966.
Einige biographische Einzelheiten über SCHISSLER und eine chronologisch geordnete *Zusammenstellung seiner Arbeiten* (mit kurzer Beschreibung und Angabe der Standorte) finden sich in dem oben genannten Werk von ERNST ZINNER [47; S. 503ff.].

Da uns im ,,Quadratum" eines der schönsten und interessantesten Werke dieses bedeutenden Augsburger Werkmeisters der Renaissance begegnet, von seinem Wegmesser schon gesprochen wurde und weitere Instrumente aus seiner Werkstatt noch zu nennen sind, seien hier auch einige *Lebensdaten* und seine *Schaffensperioden* angeführt.

SCHISSLER wurde 1530 (oder 1532) in der freien Reichsstadt geboren; hier spielten zu seinen Lebzeiten die Patriziergeschlechter der FUGGER und WELSER, Vertreter des deutschen Frühkapitalismus, eine führende Rolle. Augsburg wurde oft von hohen Persönlichkeiten besucht; die Stadt hat vor allem zur Zeit der bis 1582 in ihren Mauern stattfindenden *Reichstage* glänzende Festversammlungen gesehen. Diese Zusammenkünfte waren besonders geeignet, die große Welt mit den Erzeugnissen, wie sie SCHISSLER herstellte, bekanntzumachen. Hier in Augsburg erhielt Herzog AUGUST von Sachsen nach dem Tod seines Bruders MORITZ auf dem Reichstag des Jahres 1554 die Kurwürde. Vielleicht hat er während dieser Zeit den fast gleichaltrigen SCHISSLER persönlich kennengelernt. Damals begann SCHISSLER, von Beruf Gürtlermeister, sich einen Namen als geschickter Mechaniker zu machen.

Bei seinen Arbeiten können wir bestimmte *Schaffensperioden* unterscheiden; sie zeigen eine deutliche Entwicklung vom kunsthandwerklichen Kleinmeister zum Schöpfer größerer technisch-wissenschaftlicher Werke.

In der *ersten Schaffensperiode* von 1554 bis 1569 entsteht eine große Zahl von kleinen, handlichen Zeichen- und Meßinstrumenten, die sehr begehrt waren, weil sie nützliche Dienste leisteten. Sie bildeten für SCHISSLER eine sehr gute Einnahmequelle. Es gehören hierher Zirkelinstrumente, Geschütz- oder Richtaufsätze und vor allem astronomische Bestecke. In Form der ,,Taschenbestecke" — kleine Kästchen von verschiedener Gestalt — waren diese Instrumente sehr beliebt. Sie gestatten vor allem Zeitbestimmungen und waren billiger als die noch sehr teuren ersten Taschenuhren, die der Nürnberger Schlosser PETER HENLEIN erstmalig um 1510 in Gestalt einer kleinen Dose fertigte. Die meisten Schißler-Instrumente des MPhS entstammen dieser Schaffensperiode des Meisters; es ist dies die Zeit seiner freundschaftlichsten Beziehungen zum Dresdner Hof, zu Dresden, das er mehrfach besucht hat. Am Ende dieser Periode steht die Vollendung seines ,,Dresdner Quadratum".

Die *zweite Periode* (1570/77) ist gekennzeichnet durch weitere, größere Arbeiten für Dresden: Eine ,,Planetenmaschine" (eine Art Planetarium auf geozentrischer Basis), ein ,,musikalisches Instrument" (ein Musikautomat mit ,,saytten und Pfeyffen") und Wegmesser. — Im Laufe der Arbeiten an Wegmessern scheint es zum Zerwürfnis mit dem Kurfürsten gekommen zu sein. Seit 1577 bricht SCHISSLERS Verbindung zu Dresden ab; er hat für Dresden nichts mehr gefertigt.

Während einer *dritten Periode* (1578/98) hat SCHISSLER sehr viel für den *kaiserlichen Hof in Wien* gearbeitet. Ein zweites Quadratum wird für Kaiser RUDOLF II. hergestellt (1579), das heutige ,,Oxforder Quadratum" [51]; weiterhin legt ihm 1583 SCHISSLER ein Meßgerät vor, von ihm ,,cosmographisches und mathematisches Instrumentum geodeticum" genannt (ein Wegmesser mit Bussole), zusammen mit einer mit Hilfe dieses Instrumentes gezeichneten Routenkarte und Beschreibung seiner Reise von Augsburg nach Wien, und erhält für Instrument und Kartenwerk das gewünschte kaiserliche Privileg. Die von SCHISSLER bei dieser Gelegenheit angebotene Ausführung der ,,Beschreibung und Abmessung Deutschlands" ist nicht in Auftrag gegeben worden.

Aus dieser Zeit stammen auch zwei besonders schöne und bemerkenswerte Sonnenuhren, die ,,Sonnenuhr des Achas" in Form eines Trinkgefäßes und eine Zylindersonnenuhr.

Die *letzte Schaffensperiode* umfaßt die Jahre von 1599 bis zu SCHISSLERS Tod (14. 9. 1608 in Augsburg). Es entstehen ein drittes Quadratum (1599), das heutige Florentiner Quadratum" [51], ein Stadtplan von Augsburg und eine 2 m hohe Ringkugel oder Armillarsphäre.

Es ist noch zu erwähnen, daß ein Sohn SCHISSLERS, HANS-CHRISTOPH, als gelernter Uhrmacher eine Zeitlang in der Werkstatt des Vaters tätig war. Danach wirkte er als kaiserlicher Hofuhrmacher in Prag; neben Uhren hat der junge SCHISSLER auch einige mathematische Instrumente gefertigt.

Es konnten über 100 Arbeiten von CHRISTOPH SCHISSLER d. Ä. festgestellt werden; ein großer Teil hiervon befand sich bis 1944 noch in europäischen und amerikanischen Sammlungen.

Bis 1944 besaß Dresden 12 Arbeiten von SCHISSLER, fünf hiervon sind heute noch erhalten: 1. Horizontal-Sonnenuhr von 1562; 2. Zirkel (mit Kompaß, Sonnenuhr und Maßstäben) von 1566; 3. Geschützaufsatz von 1567 (vgl. Abb. 65); 4. Quadratum von 1569; 5. Wegmesser von 1575.

[49] M. BOBINGER [48; a, b] führt für das hier „Quotiententafeln" genannte Tabellenwerk SCHISSLERS die Bezeichnung „*Kotangententafeln*" ein. Er kommt dazu, weil er bei der (nicht vollständigen) Besprechung von SCHISSLERS Meßverfahren — es fehlt das mechanisch-graphische Verfahren — fälschlich vom modernen Standpunkt der als Verhältnisse definierten trigonometrischen Funktionen (tan, cot) ausgeht (vgl. hierzu auch S. 32). Danach findet man für s (Abb. 17): $s = \cot \alpha \cdot h$. Das von SCHISSLER angewendete Meßquadratverfahren führt zu $s = (200{:}u) \cdot h$ bzw. $s = (1000{:}u') \cdot h$ (vgl. S. 75).

Die Übereinstimmung der Werte $\cot \alpha$ und $(200{:}u)$ bzw. $(1000{:}u')$ ist ersichtlich; wenn auch SCHISSLERS „Brüche" die Kotangenten gewisser durch die zugehörigen umbra-Strecken (u bzw. u') bestimmter Winkel darstellen, so sind seine Tabellen trotzdem *keine Kotangententafeln üblicher Art*, d. h. *Wertetafeln für die Funktion* $y = \cot x$. In den Kotangententafeln müssen neben den Funktionswerten y die Winkelwerte x (stetig von 0° ansteigend geordnet) als unabhängige Veränderliche stehen. Das war natürlich auch im Zeitalter der Renaissance das Aufbauprinzip der *umbra-Tafeln*, d. h. der damaligen tan/cot-Tafeln (vgl. S. 29f.). In SCHISSLERS Tabellen stehen dagegen an Stelle der *Winkelwerte* die am Instrument abgelesenen *umbra-Größen*.

Wie schon auf S. 75 bemerkt, sind deshalb SCHISSLERS Tabellen *Wertetafeln* der Funktion $y = \frac{200 \text{ (bzw. } 1000)}{x}$ und damit Bruchwert- bzw. *Quotiententafeln*. Die Bezeichnung „Kotangententafel" stiftet Verwirrung, denn sie erweckt die falsche Vorstellung, SCHISSLER habe schon mit der Verhältnisdefinition der trigonometrischen Funktionen gearbeitet und das moderne trigonometrische Lösungsverfahren erkannt; sie wird damit den mathematik-historischen Tatsachen nicht gerecht. Demgegenüber ist der Name „Quotiententafel" völlig korrekt und kennzeichnet das Schißlersche Rechenverfahren genau.

SCHISSLER gebraucht auch nie in seiner „Geometria" das Wort „umbra- oder Schatten-Tafel", obwohl er sicher bei seiner Vertrautheit mit der mathematischen Literatur seiner Zeit diese Tafeln kannte. Seine Tafeln sind ihm „Tafeln der ausgerechneten Brüch", mit anderen Worten Quotiententafeln.

Die *Tafelüberschrift* auf dem Instrument (vgl. den Wortlaut S. 75) berechtigt uns auch nicht, diese Tafeln Kotangententafeln zu nennen (wie dies bei BOBINGER [48a; S. 53] geschieht). Dieser Text läßt sich sinngemäß wie folgt deuten: „In dieser Tafel sind die 200 (1000) Punkte der geometrischen umbra-Skala, die abgelesen werden können, zusammengestellt (u- bzw. u'-Werte); — daneben findet man die benötigten Bruchwerte." Der letzte Teil wurde nicht mehr von SCHISSLER notiert, da ihm dies wohl überflüssig erschien, der Raum dafür auch nicht mehr ausreichte.

[50] Es muß hier noch bemerkt werden, daß SCHISSLER auch die Möglichkeit bietet, bei Kenntnis der *großen Kathete* des auszumessenden Dreiecks die *kleine Kathete* nach dem *allgemeinen Meßquadratverfahren* (vgl. das Beispiel auf S. 67: s' gesucht) mit seinem Instrument zu finden. Zu diesem Zweck besitzt das Schmuckstück an der linken Tafelseite (Abb. 20) auch eine *Öffnung* zum Aufhängen der Tafel an dieser Seite (AD) des Quadrates; dadurch kommt die ausgeteilte Seite BC *waagerecht* zu liegen und stellt in dieser Lage nicht die uv-Seite, sondern die ur-*Skala* des Meßquadrates dar.
So erklärt sich auch die Eintragung SCHISSLERS auf der Meßtafel (vgl. S. 75ff.), daß BC die ,,Skala der Punkte *beider Schatten*" sein kann. — Das Grundverfahren, d. h. die Benutzung der Quotiententafeln, war aber in diesem Fall *nicht* anwendbar, da — wie im Text bemerkt — der *Kehrwert* des Buches $\frac{200}{ur}$ (bzw. $\frac{1\,000}{ur}$) berechnet werden mußte.

[51] Das *Oxforder* und das *Florentiner Quadratum* werden ausführlich in der in [1a] angeführten Schrift behandelt und im Bild wiedergegeben. — Das Oxforder Instrument beschreibt auch R. T. GUNTHER in ,,Early science in Oxford", Oxford 1923. — Im Katalog des ,,Museums der Geschichte der Wissenschaften" in Florenz ist das Florentiner Meßquadrat auf S. 77 als *Quadrant* verzeichnet (Catalogo degli Strumenti del Museo di Storia della Scienza. Firenze 1954).

[52] P. APIAN bildet in seinem ,,Instrument-Buch" von 1533 einen Quadranten mit Gradteilung und einer dazu konzentrischen Meßquadrat-Skala ab. Diese Skala ersetzt, wie APIAN im Text sagt, das Quadrat; sie wurde durch Projektion einer 100-Teilung von Meßquadratseiten, die man sich wie in Abb. 25 zum Quadranten hinzugefügt denken muß, auf den Quadrantbogen gewonnen.
SCHISSLER stellte 1569 einen solchen Quadranten her (vgl. BOBINGER [48a, S. 101]). — APIAN oder SCHISSLER könnten PUCHNER die Anregung gegeben haben, eine lineare Skala auf einen Kreisbogen zu projizieren.
Der Coburger Mathematiker NICOLAUS VALERIUS beschreibt in seiner dem Kurfürsten AUGUST 1564 gewidmeten Handschrift [27] einen Quadranten mit eingefügtem Meßquadrat (36-Teilung der Seiten), ohne ein Bild hiervon beizufügen. Im Punkt 45° des Bogens muß tangential eine Leiste befestigt gewesen sein, die bis an die beiden verlängerten Quadrantschenkel reichte. Es entstand dadurch ein gleichschenklig-rechtwinkliges Dreieck-Instrument.
Die 36 Meßquadrat-Teilpunkte beider Seiten wurden auf die tangentiale Leiste projiziert und an die gewonnenen Projektionspunkte die Quotienten aus 36 und zugehöriger Punktzahl angeschrieben. Damit war eine *Verhältnisskala* entstanden, die freilich nicht nur ganzzahlige Werte enthielt.
PUCHNER kannte sicher als Vertrauter des Fürsten die Schrift des VALERIUS und entnahm ihr die Anregung zur Konstruktion seiner Verhältnisskala, die aber bei ihm auf einen Quadrantbogen eingetragen wurde.

[53] ENGELMANN bemerkt in seinem Bericht über JAMNITZERS Meßstab [6; S. 53] folgendes: ,,Es waren beim Arbeiten mit dem Instrument 2 Beobachter notwendig. Der eine hatte das Zusammenfallen der senkrechten Scheibenlinie mit dem in dem kleinen Loch bei 90° angebrachten Fadenlot zu beobachten, während der andere die Beobachtung am Diopter selbst vornahm." — Im allgemeinen brauchte — wie erläutert — bei den Messungen ein zweiter Beobachter in dieser Weise *nicht* tätig zu sein; bei Nivellierungen war dies notwendig, wie noch zu zeigen ist.

[54] ENGELMANN [6; S. 53] bezeichnet diese Verhältnisskalen als ,,obere ungleiche Teilung". Er bemerkt: ,,... während die obere ungleiche Teilung vielleicht zur Feststellung für das erwähnte Kreissegment (?) gedient haben mag". — Hieraus ist ersichtlich, daß

Entstehung und Bedeutung der Verhältnisskalen — und damit eine wichtige Anwendungsmöglichkeit des Meßstabes — nicht erkannt wurden.

[55] H.-G. Körber behandelt umfassend den *Kompaß* (Geschichte, Gestalt, Teilungen, Nadel, Windrose, Mißweisung u. a.) in seiner als Band 3 der „Veröffentlichungen des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons Dresden" 1965 erschienenen Schrift „Zur Geschichte der Konstruktion von Sonnenuhren und Kompassen des 16. bis 18. Jahrhunderts (unter besonderer Berücksichtigung der im Geomagnetischen Institut Potsdam und im Staatl. Mathematisch-Physikalischen Salon Dresden vorhandenen Instrumente)".
Eine große Anzahl der in den genannten Instituten vorhandenen Instrumente (Kompasse, Sonnenuhren mit und ohne Kompaß) werden mit Beschreibung und zum Teil im Bild wiedergegeben.

[56] *Denkmünzen* mit dem Bildnis von Jamnitzer im 55. und 75. Lebensjahr aus dem Werk von J. G. Doppelmayr [4]; hierbei Jahreszahlfehler auf der großen Münze: 1503 an Stelle von 1563.

[57] Frankenburger, M.: Beiträge zur Geschichte Wenzel Jamnitzers und seiner Familie. Straßburg 1901 (Gesammelte „Ratserlässe der Reichsstadt Nürnberg, betreffend W. Jamnitzer und seine Nachkommen").
Weitere biographische Einzelheiten über Jamnitzer bei J. G. Doppelmayr [4], M. Engelmann [6], M. Rosenberg: Wenzel Jamnitzer. Frankfurt 1920, und E. Zinner [47]. — Es kommen verschiedene Schreibformen von Jamnitzers Namen vor: Jamnizer, Jamizer, Jamitzer, Jamiczer, Gamitzer; die gebräuchliche, vom Meister selbst verwendete Form ist „Jamnitzer".

[58] Ein Farbbild dieses schönen *Renaissance-Kästchens* aus Silber, teilweise vergoldet, Email, Samt, Seide, Bergkristall und Ebenholz (31 × 24 × 11 cm) in J. Menzhausen: Das Grüne Gewölbe in Dresden. Leipzig 1968. — Die auf dem Kästchen sitzende allegorische Gestalt der *Wissenschaft* hält eine Tafel in ihrer Hand; auf der *Vorderseite* steht die Inschrift: Litere rebus memore caducis/Suscitat vita, monumenta fida/Artiu condut, revocat ad auras/Lapsa sub umbras. MDLXII (in freier Übersetzung: Die Wissenschaft weckt erinnernd vergängliche Dinge zum Leben, sie errichtet bleibende Denkmale der Künste, sie ruft zürück ins Licht, was ins Dunkle fällt. 1562).
Auf der *Rückseite* der Tafel sind in einem *Zahlenquadrat*, d. h. in einer kleinen Multiplikationstabelle mit der Überschrift „Tabula Pythagora", die ganzzahligen Vielfachen bis 10 für die Zahlen 1 bis 10 eingetragen, also ein *Einmaleins in Tabellenform*; darunter befinden sich Beispiele für die vier Grundrechenarten. — Der Künstler Jamnitzer hat also mit Text und Tafel seine enge Verbundenheit mit den Wissenschaften, insbesondere der Mathematik, recht sinnfällig zum Ausdruck gebracht.

[59] Wenzel Jamnitzer, aufgewachsen in der Umgebung des großen Sohnes Nürnbergs, Albrecht Dürer, beeinflußt von den vielseitigen künstlerischen und wissenschaftlichen Strömungen in seiner Vaterstadt, entwickelt sich zu einer starken Künstlerpersönlichkeit mit großen Neigungen zur mathematischen, insbesondere geometrischen Lehre. Die wichtigen mathematischen Grundlagen der bildenden Künste, zu seiner Zeit dargestellt von Dürer in dessen in Nürnberg erschienenen Schriften: „Underweysung der messung mit dem Zirckel un richtscheyt in Linien ebenen unnd gantzen corporen" (1525), „Befestigungslehre" (1527), „Proportionslehre" (1528), waren ihm bekannt und vertraut. Diese Schriften — und andere mathematische Veröffentlichungen — beeinflußten seine Arbeit und führten ihn neben seiner Tätigkeit als Goldschmied zum *Studium* und zur *Herstellung technischer und mathematischer Instrumente* (Uhren mit Schlagwerk, Sonnenuhren, astrologische Scheiben, Maßstäbe, Zirkel und Winkelmaße, Meßstab und Meßscheibe); einige Geräte bewahrte er in einem Schreibtisch seines Arbeitsraumes auf [59c].

Die von JAMNITZER studierten Schriften und hergestellten Instrumente waren auch der Anstoß für eigene mathematische Veröffentlichungen. So entstanden die folgenden *Schriften* JAMNITZERS:

a) „Perspectiva Corporum Regularium". Nürnberg 1568.
Diese „Perspectiva" ist kein eigentliches Lehrbuch der Perspektive, d. h. der Verfahren zur möglichst getreuen Darstellung räumlicher Gebilde auf einer ebenen Zeichenfläche (Verfahren der Parallelperspektive bzw. Parallelprojektion (Beispiel: Abb. 47) und vor allem Verfahren der Zentralperspektive bzw. Zentralprojektion (Beispiel: Abb. 1)); solche Schriften (darunter DÜRERS genannte „Unterweysung") erschienen im 16. Jahrhundert — nach dem Bekanntwerden der Gesetze der perspektivischen Darstellung im 15. Jahrhundert — in größerer Zahl. — JAMNITZER gibt demgegenüber mit seinem Werk dem Künstler und Kunsthandwerker eine Art *Musterbuch* von 164 perspektivisch genau konstruierten Körpern in die Hand.
Es ist bewundernswert, wie er hierbei aus den bekannten *fünf regulären oder platonischen Körpern* (Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekaeder, Ikosaeder) durch Kombination und Veränderungen die kompliziertesten Körperformen entwickelt. — JOST AMMAN hat nach des Meisters Vorlagen die 50 Kupferstiche der „Perspectiva" hergestellt, da — wie JAMNITZER selbst schreibt — seine „Hand dafür zu schwer geworden sei".
Eine *Faksimile-Ausgabe* von JAMNITZERS Werk erschien 1973 in der Akademischen Druck- und Verlagsanstalt in Graz; eine zweite, im Format verkleinerte Faksimile-Ausgabe der „Perspectiva" hat E. FIEBIG in der Reihe „Autonome Welt der Kunst" veröffentlicht (Frankfurt 1972).

b) „Grundtlicher und Aigentlicher unterricht ... dieses Kunstreichen runden Maß oder Eichstabs ...". Handschrift 1585 (MPhS; vgl. S. 162).

c) „Beschreibung von kunstlichen und nutzlichen silbern und vergulten neuerfundenen Instrumenten in dem kunstlichen und wolgetzierten Schreibtisch fast dienstlich der Geometri und Astronomi auch anderen schönen und Nutzlichen Kunsten". — Es handelt sich bei dieser Handschrift von JAMNITZER (2 Bände) um die Beschreibung (mit farbigen Zeichnungen) der von ihm in seinem „Schreibtisch" aufbewahrten mathematischen und handwerklichen Instrumente (S. 91) — abgefaßt kurz vor seinem Tod (Handschrift von 1585 in der Bibliothek des Victoria- und Albert-Museums in London).

[60] E. ZINNER [47] führt in seiner Übersicht der Instrumente JAMNITZERS die Meßscheibe an, wobei ihre Aufteilung kurz genannt wird. — M. ENGELMANN beschreibt in seiner Schrift [6] ausführlich vor allem das Äußere des Instrumentes (dazu Abbildungen beider Flächen der Scheibe); die meßtechnische Seite dieses Gerätes, seine beachtliche Stellung unter den Feldmeßinstrumenten der Zeit werden zu wenig gekennzeichnet und gewürdigt, vor allem ohne genaue, zum Teil auch mit fehlerhafter Darlegung der Bedeutung der vielen mathematischen Einzelheiten und ihres Zusammenhanges.
Eine *zweite Meßscheibe* JAMNITZERS ähnlicher Art befindet sich im Londoner South Kensington Museum (vgl. hierzu „Lexikon der bildenden Künstler", hrsg. von VOLLMER, Bd. 18). Abbildungen dieses Gerätes befinden sich im Kunsthistorischen Institut der Universität Marburg. — E. ZINNER [47] nennt noch eine dem Dresdner Instrument ähnliche Meßscheibe JAMNITZERS, die im „Observatoire" zu Paris aufbewahrt wird.

[61] M. ENGELMANN bringt in seiner Schrift [6] den vollständigen Auszug betr. JAMNITZERS Meßscheibe aus dem Inventarverzeichnis von 1595; es ist dies eine etwas erweiterte Abschrift des Inventarverzeichnisses von 1587. Danach sind die Instrumente von 1 bis 35 numeriert; im folgenden wird bei Nennung eines dieser 35 Instrumente die betreffende Nummer des Inventarverzeichnisses von 1595 angeführt.

[62] Der „*Goldene Schnitt*": Eine Strecke ist golden geteilt, wenn sie sich zu ihrem größeren Abschnitt wie dieser zum kleineren verhält; für die Meßscheibe in heutiger Schreib-

form als *Proportion* wiedergegeben (Strecke $\triangleq$ Radius r der Scheibe; größerer Abschnitt $MP = a$):

$r:a = a:(r - a)$.

[63] Der MPhS besitzt in dem *Höhenmesser* von Chapotot (Paris 1660) eine der frühesten Formen eines Fernrohr-Nivellierinstrumentes (Erfindung des Fernrohres: J. Lipperhey 1608, G. Galilei 1609, J. Kepler 1611). — Der Quadrant von J. Picard ist ein ebenso altes Feldmeßinstrument zur Winkelmessung mit Diopterfernrohr (Picard, J.: Mesure de la terre. Paris 1669); vgl. hierzu E. Kiely [14d; S. 129 und Abb. S. 169]. — Bemerkenswert ist noch die Feststellung von E. Zinner [47; S. 216], daß Jakob Christmann (1554—1613; Heidelberg) als erster ein Fernrohr an Meßgeräten (Sextant, Jakobstab) anbrachte. — Der MPhS besitzt auch frühe Fernrohre (M. Engelmann: Optische Instrumente im MPhS Dresden — Mitt. Sächs. Kunstsammlungen 7 (1916)).

[64] Nach diesen Darlegungen muß die Bemerkung von M. Engelmann zur zinnernen Tafel [6; S. 51] abgelehnt werden: „In manchen, an irdischen Objekten vorgenommenen Messungen erforderten die in *Graden* abgelesenen Maße bei ihrer Niederlegung in einer Zeichnung eine Umrechnung in Klaftern, Ruten, Ellen usw. Dazu diente die zinnerne Tafel (7) mit ihrem Zubehör (8) ..."

[65] M. Engelmann [6; S. 52] glaubt, daß dieser „Kreisabschnitt zur Berechnung der Polhöhe und Meridianrichtung eines Ortes aus dem Stand des Polarsternes" gedient habe; wie dies geschah, wird freilich nicht berichtet. Die genannten Wörter „Lenng, Hoch, brayten" beziehen sich sicher nicht auf die geographischen Begriffe „Länge, Breite, Polhöhe", sondern haben die in der Feldmeßkunst des 16. Jahrhunderts übliche Bedeutung.

[66] Der *Widmungsbrief* von Thobias Volckmar an den Kurfürsten Christian I. von Sachsen vom 30. 1. 1591:

Dem Durchlauchtigsten Hochgebornen Fürsten und Herren, Herren Christiano, Herzogen zu Sachsen, Des Heiligen Römischen Reichs Erzmarschal und Churfürsten, Landgraffen zu Duringen, Marggrafen zu Meissen und Burggrafen zu Magdeburg,

Meinem gnedigsten Churfürsten und Herren.

Durchlauchtigster Hochgeborner Churfürst, Euer Churfürstliche Gnaden sein meine unterthenigste gehorsame und treuwillige dienste stets zuvor.

Gnedigster Churfürst und Herr, nach dem Ich nu etliche Jahr Herrn Weilandt dem Hochwirdigsten Erzbischoffen Johan Jacob und Georg zu Salzburg beiden nun mehr hochloblicher gedechtnus, so wol als auch dem Izigen meinem gnedigsten Herren, *Erzbischoffen Wolffgang Ditterich,* doselbst vor einen *Hoffgoldschmidt,* auch in andern *Mathematischen und Geometrischen sachen* unterthenigst gedienet. Und ich nun vergangenen Herbst in mein geliebtes Vaterland die Stadt Braunschweigk etlicher Ursach halben in besuchen fürgenommen hab.

Nach dem Ich nu E. Churfl. G. hohen Ruhm (als ein *liebhaber der Mathematischen und Geometrischen sachen und Instrumenten*) horen geben. So hab Ich in hinderruckziehen, meinen wegk hier auff *Drehsden* E. Churfl. G. Hofflager zugenommen, und Ich ein *schones nutzliches Instrument,* welches auff alle *Mathematische und Geometrische messung* auch auff das *Bergschienen* (welches man auch Marckscheiden nennet), *Vestung, allerhand gebeutte in den Grund zu legen* zugericht und gemacht habe.

Und mir fürgenommen, solches Euer Churfl. Durchlauchtigkeit zu offerieren und dasselbige zu presentiren, mit unterthenigster bitte, Solches von mir in besten anzunehmen. So hab Ich nun hierrin *bericht oder Compendium* darüber auffs kürzest und einfeltigst geschrieben, und solches E. Churfl. G. zu Deticiret, und wünsche hiermit Euer Churfl.

Durchlauchtigkeit von Gott dem Allmechtigen glück Wolfarth und langes Leben und glücklich Regierung.

Drehsden den 30 January Ano 1591

E. Churfl. G. Unterthenigster und gehorsambster
Thobias Volckmar von Braunschweigk, Jetzt der
Zeit Burger und Hoff Goldschmidt zu Salzburgk.

[67] Das *Dankschreiben* von THOBIAS VOLCKMAR an den Kurfürsten CHRISTIAN I. von Sachsen vom 7. 2. 1591:

Anrede wie im Widmungsbrief vom 30. 1. 1591.

Gnedigster Churfürst und Herr, das E. Churfl. G. mich zu derselbigen Diener gnedigst begeren, das thue gegen E. Churfl. G. Ich mich unterthenigst bedancken. Nachdem Ich aber keine andere Ursache von meinem gnedigsten Herren dem Erzbischoff zu Salzburgk zu ziehen habe, allein das ich mich von wegen der *Religion* Kunftiger Zeit besorgen muß, So hab bey seiner hohen F. G. und derselben Hochlobliche Vorfahren in berührter Erzstifft diese gnedigste beforderung gehabt, das ich mit Weib und Kind zu Salzburg als ein Burger gesessen und in der Goldschmidtes ordnung eingenommen und auch von Ihren F. G. allerseitz vor derselben Hoffgoldschmidt angenommen und mir dieselbige Arbeit mit meinen Gesellen verrichten lassen, und dabeineben an einem gelegen Ord meinen offenen Laden gehabt, und in Ihrer F. G. gleich den Hoffdienern Schutz und Schirm, und vielfaltiger Weihs in anrichtung meiner Hauhshaltung und mehrer beforderung und besserung meiner Nahrung allerhand gnedigste fürschub und Hulff gehabt.
Wehr auch nicht willens mich der Ortter weg zu begeben, wenn Ich nicht die *gefahr der Religion* besorgt. Da nu gnedigster Churfürst und Herr E. Churfl. G. mich nochmals zu derselben unwirdigen Diener gnedigst begerete, So bitte Ich unterthenigst gleichergestalt das Ich bey E. Churfl. G. alhier in derselbigen Hofflager zu Drehsden entweder frey als derselben Hoffdiener sitzen, Und das mir E. Churfl. G. Arbeit auch gnedigst Gonnen, und das mir nachgelassen und vergonnt sein muge, mir soviel Goldschmidgesellen zu haltten, so viel Ich derselben nach gelegenheit der Arbeit von noten haben werde.
Oder da E. Churfl. G. in deme bedencken hatt, das ich aller Steuer und schatzung und Verpflicht also dieser orter frey sein und allhier sizen muge, So bitte E. Churfl. G. Ich unterthenigst, das Ich vor derselbe Burger und unterthanen alhier zu Drehsden gnedigst muge auff und angenommen, auch in der Golschmidts Ordnung dieses Orts alhier einverleibt und mir dasselbig vergunt und nachgelassen sein muge, was einem Andern meister des Goldschmidts Handwerk dieses Orts geburet und nachgelassen ist. Und das mir wie oben gebetten, E. Churfl. G. Arbeit neben Andern mit meinen Gesellen zu vorrichten, und das Ich für allen Dingen den offenen laden haben muge.
Und will mit Gottes gnedigster Hulffe E. Churfl. G. Silber Arbeit sonderlich vleissig vorrichten, wan es auf diese Wege, eines wie oben gemeldet *dieser Orts ruhe* also zu haben keine hinderung geschicht.
So gebe E. Churfl. G. Ich auch gnedigst zu bedencken, dieweil der weg von Salzburg alhier nach Dresen sehr weidt ist, und Ich ohne grossen schweren Uncosten mit Weib und drey Kindern, dergleichen einen Lehr Jungen und einer Dienerin von dannen alhier nicht thun kann. So stelle Ich zu E. Churfl. G. gnedigsten willen und gefallen, was dieselbigen mir des auffzugs wegen zur gnedigsten steuer und ergezlichkeit thun, auch wann Ich mich bey E. Churfl. G. in diensten mitler Zeit sein oder bestalt werden sollte, wie meine vorige Supplication aufweiset, nach desselbigen mir Järlichen besoldung gnedigst geben und reichen lassen wollen. Dann E. Churfl. G. gnedigst zu ermessen das solchs Schwere verlag ohne uncost nicht geschehen kann.

Und will dieses alles zur E. Churfl. G. gnedigsten willen und gefallen nochmals gestellt haben. Unnd bitte E. Churfl. G. wollen mein gnedigster Churfürst sein und bleiben.

E. Churfl. G. unterthenigst und gehorsame Dienste zu leisten bin Ich jeder Zeit ganz willig unnd geflissen.

Drehsden den 7 February Ano 1591

Unterschrift wie im Widmungsbrief vom 30. 1. 1591

[68] A. Rohde berichtet über ein *Astrolabium*, das Thobias Volckmar 1591 nach Angabe von Tycho Brahe für Kaiser Rudolf II. (1576—1612) hergestellt haben soll [44a; S. 95f. mit Abbildung]. Danach wäre es denkbar, daß Volckmar, da die Übersiedlung nach Dresden nicht verwirklicht wurde, von dort 1591 an den *kaiserlichen Hof nach Prag* reiste, um Arbeit nachsuchte, hier den Auftrag für Anfertigung des Astrolabiums erhielt und dieses dann in Salzburg — wenn nicht schon in Prag — herstellte.
Die in Dresden nicht erreichte Anstellung im Hofdienst erhielt nun Volckmar doch noch in der Residenz der bayrischen Herzöge in *München*. Als „Mathematicus und Goldschmied" wurde er 1594 von dem Wittelsbacher Herzog Wilhelm V. (1579—1597) angestellt; auch für dessen Nachfolger Maximilian I. (1597—1651) war er bis ins hohe Alter tätig (gestorben um 1629 in München). — Volckmar erwarb sich in München durch seine mathematisch-künstlerischen Fähigkeiten hohes Ansehen; er arbeitete mit an einem Geschenk des Herzogs für den chinesischen Kaiser — ein Kunstschrank von 1617, der auch mathematische und chirurgische Instrumente enthielt.
Aus Volckmars Werkstatt stammen Sonnenuhren, Astrolabien, Geschützaufsätze, Meßgeräte für den Bergbau. Besonders hervorgehoben sei ein großer, vergoldeter *Messing-Quadrant* aus dem Jahr 1608, weil dieses Gerät eine *Weiterentwicklung des Dresdner Meßkästchens* darstellt. Es ist ein Bussolen-Instrument in Quadratform (Quadratseite 36 cm; mit eingetragenem Quadrantbogen) und enthält Einzelheiten, die auch das Dresdner Meßkästchen besitzt (z. B. Sonnenuhr, die Netzteilung der Quadrantfläche — vgl. Abb. 34), freilich in vergrößerter und verbesserter Form (Transversalteilung der Winkel für Minutenablesung), dazu noch Skalen für artilleristische Verwendungen.
Das Instrument befindet sich im „Museum der Geschichte der Wissenschaften" (Museo di Storia della Scienza) in *Florenz*. Im Katalog dieser Sammlung (Catalogo degli Strumenti del Museo di Storia della Scienza. Firenze 1954) wird es auf S. 78ff. beschrieben und abgebildet: „Quadrante universale con la sua bussola, orologia diurno e notturno di Tobia Volkmero " (Universal-Quadrant mit Bussole, Tag- und Nachtuhr).
Das Instrument ist im *Inventarverzeichnis von 1654* der Sammlung der Mediceer in den *Uffizien von Florenz* eingetragen. Der Text am Instrument lautet: „Auctorae Tobia Volkmero Brunsvicensi Sereniss. Ducis Bavarorum ecc. Mathe et aurifero faciebat. 1608" (Werk des T. V. aus Braunschweig, Mathematiker und Goldschmied seiner Durchlaucht des Herzogs von Bayern).
Die Mediceer hatten private und geschäftliche Beziehungen zu deutschen Persönlichkeiten (vgl. S. 79: Erwerbung des von Schissler gefertigten „Quadratum" der Fugger durch die Mediceer); so werden sie vor 1654 das Volckmar-Instrument als Geschenk oder durch Kauf von den Wittelsbachern erhalten haben.
Volckmar hat in einigen bayerischen Städten, besonders in München (wie Schissler in Augsburg) *Vermessungen* mit Unterstützung seiner beiden Söhne Thobias und Johann Melchior durchgeführt; ein Ergebnis dieser Arbeiten war der *Plan der Stadt München* (Grundriß mit perspektivischer Gebäudeansicht), als Stich 1613 von „Tobias Volckmar jun." veröffentlicht. Diese Stadtansicht von München ist in Fr. Bachmanns Bilderatlas „Die alte deutsche Stadt" [25; Bd. II, 1] enthalten. — Erwähnungswert ist noch Thobias Volckmars d. Ä. und d. J. geodätische Arbeit beim Entwurf und Bau einer *Soleleitung* von Reichenhall nach Traunstein (1616).
Thobias Volckmar jun. wurde noch in Salzburg geboren (um 1587), erlernte das väterliche Handwerk und war seit 1615 im Dienst des bayrischen Herzogs. Er setzte die Arbeiten des Vaters fort, d. h. Vermessungen außerhalb Münchens mit Rißzeichnungen und Herstellung von mathematischen Instrumenten. Eine Büchsensonnenuhr aus dem Jahr

1645 — in Größe und Gestaltung dem Dresdner Meßkästchen sehr ähnlich — ist die letzte, bekanntgewordene Arbeit aus seiner Werkstatt.
S. Günther berichtet im „Jahrbuch für Münchner Geschichte V" (Bamberg 1894) über die Münchner Zeit von Thobias Volckmar sen. und jun.: „Die beiden Münchner Geometer und Kartographen Tobias Volckmar".

[69] Cantor, M.: Die römischen Agrimensoren und ihre Stellung in der Geschichte der Feldmeßkunst. Leipzig 1875. —
Eine der besten Abschriften der „Geometria" des Gerbert (1003 als Papst Sylvester II. in Rom gestorben) befindet sich in Salzburg.

[70] A. Rohde [44a; S. 80ff.] beschreibt ausführlich anhand einer Schrift über das Astrolabium (F. Ritter: „Astrolabium, das ist gründliche Beschreibung und Unterricht, wie solches herrliche und hochnützliche Astronomische Instrument ... aufgerissen und verfertigt werden soll". Nürnberg 1620) Aufbau, Konstruktion und astronomisch-astrologische Verwendung dieser vor allem im 16. und 17. Jahrhundert besonders beliebten Instrumente. — Rohde behandelt anschließend (S. 100ff.) Grundbegriffe der *Astrologie* und *Kalenderkunde* im Zusammenhang mit einigen hierzu gehörigen Instrumenten.

[71] M. Engelmann beschreibt die Auftragsbussole in seiner Schrift: „Die Habermelschen Instrumente in Dresden". Mitt. Sächs. Kunstsamml. *4* (1913), 45—47. — Neben der Auftragsbussole werden von Engelmann noch folgende *Instrumente* von E. Habermel genannt: Proportionalzirkel, Zeitberechnungstafel, Taschenbesteck mit Sonnenuhr, astrologisch-medizinische Scheibe. — Kurzbeschreibung der Auftragsbussole (ohne Nennung des nautischen Quadrates) bei E. Zinner [47; S. 337].

[72] Über die Namen der Winde vgl. M. Bobinger [48a; S. 87ff.]. — Es ist zu bemerken, daß die Reihenfolge und auch die Namen der Winde nicht bei allen Instrumenten mit Windangaben übereinstimmen; die von Habermel angegebenen Namen entsprechen der üblichen lateinischen Namensfolge (Ausnahme: Boreas für Septentrio). Demgegenüber zeigt die Reihe bei Volckmar (S. 111) in einigen Fällen Unterschiede.

[73] R. Gemma (Frisius), geb. 1508 in Dockum (Friesland), gest. 1555 in Löwen, führt in seiner Schrift „De astrolabio catholico ..." — von seinem Sohn Cornelis 1556 veröffentlicht — das nautische Quadrat („Quadratum nauticum") ein. Im selben Jahr entsteht nach dieser Anweisung ein Astrolabium mit eingezeichnetem, nautischem Quadrat (Abbildung bei E. Zinner [47; Tafel 55]); es wurde von einem Neffen des R. Gemma, Gualterus Arsenius, hergestellt.

[74] Über *Seefahrertafeln* (Toleta de Marteloio bzw. Martologio), die im 15./16. Jahrhundert zur Koordinatenrechnung bei der *Kursfindung* benutzt worden sind, berichtet A. Breusing (Z. f. wiss. Geogr. II, 1881) auf Grund einer venezianischen Kartensammlung von 1436.

[75] Über Tycho Brahe und seine Instrumente (mit Abbildungen) vgl. Fr. Dannemann: Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhange. Bd. II, S. 107ff. Leipzig 1911.

[76] In diesem Zusammenhang ist noch ein kleineres, in Hamburg (Museum für Kunst und Gewerbe) befindliches *Höhenwinkel-Meßgerät* zu nennen, das ein Jahr vor dem Dresdner Instrument, 1622, von Christoph Trechsler d. Ä. hergestellt wurde (Abbildung bei A. Rohde [44a; S. 19]). Es besitzt eine Grundplatte mit Bussole und Horizontalsonnenuhr; die dazu senkrechte Halbkreisscheibe mit Transversalteilung und Ziellineal — wie beim Dresdner Instrument gestaltet — läßt sich umklappen. — Auch dieses Meßgerät wird im Auftrag von Lucas Brunn gebaut worden sein; nahezu gleichzeitig stellte der junge Trechsler das von ihm 1623 signierte, *größere* und damit besonders auf die exakte transversale Winkelfeinmessung spezialisierte Höhenwinkel-Meßgerät her.
Ebenso erwähnenswert ist eine schon 1589 von Christoph Trechsler d. Ä. geschaffene

kleine „Kippregel" (ohne transversale Winkelfeinteilung) mit Bussole (1945 in Dresden verlorengegangen). Hier waren auf einer Grundplatte eine Bussole mit Gradteilung und 32teiliger Windrose getrennt — aber durch Verzahnung miteinander verbunden — angeordnet. Das Instrument trug den Besitzernamen ABRAHAM RIES aus Annaberg (vgl. S. 20); er wird es bei Arbeiten im erzgebirgischen Silbererzbergbau verwendet haben (Abbildung des Instrumentes bei A. BECK: Vom Zirkelschmied zum Mechanikus — Photographie und Forschung, Bd. 3, Heft 8; Abb. VII/1941).

[77] Vgl. hierzu Abb. 47 in „Kleine Enzyklopädie — Mathematik". Leipzig 1965.

[78] Zur Geschichte des Theodoliten vgl. E. KIELY [14d; S. 180—194], E. ZINNER [47] und H. WUNDERLICH [1a; S. 20ff.].

[79a] Einige *Handschriften* von LUCAS BRUNN sind glücklicherweise in der Sächsischen Landesbibliothek Dresden erhalten geblieben (vgl. Handschriften-Katalog dieser Bibliothek); eine Auswertung hat bisher nicht stattgefunden. Das kann auch im Rahmen dieser Arbeit nicht geschehen und muß einer Sonderdarstellung von L. BRUNN vorbehalten bleiben. Es soll hier nur ein *zusammenfassender Überblick* gegeben werden.
Eine Durchsicht von BRUNNS Niederschriften zeigt, daß er sich hierin weitgehend *astronomisch-astrologischen Arbeiten* widmete; seine Tätigkeit als Inspektor der Dresdner Kunstkammer findet keine Erwähnung, ebenso wird sein Universal-Instrument nirgends genannt (dafür lag ja BRUNNS verlorengegangene Sonderschrift von 1620 vor).

1. Die *astrologischen Handschriften* (K 53 und N 25) beschäftigen sich mit der Herstellung von *Nativitäten*, d. h. Horoskopen mit ihrer Ausdeutung, die er auf Wunsch bestimmter Persönlichkeiten gegen Bezahlung anfertigte:
K 53: Nativitäten sächsischer Prinzen; *N 25*: Nativitäten insbesondere von Dresdner Einwohnern, 1618—1626.

2. In diesem Zusammenhang sind zwei Handschriften zu nennen, die der *Mnemonik* (*Gedächtniskunst*) gewidmet sind. Es handelt sich um eine Mnemonik für astrologische Zwecke (Deutung charakterlicher Eigenschaften bzw. kommender Ereignisse u. a. für eine Person aus den Gestirnstellungen):
B 186: „Hortulus mnemosynes etc."; *C 455*: „Mnemonik" (mit den Unterschriften von den Hörern dieser Vorlesung von BRUNN; sie verpflichten sich damit, die gewonnenen Kenntnisse nicht weiterzugeben).

3. *Astronomische Arbeiten* der Jahre 1618—1624:
N 20: „Von Unterschied der Sternen, Planeten und Cometen" (Bl. 1—88 und 108—134); „Von den Coniunctioniby Magnis 1603 und 1623, sampt entgegen haltung etzlicher hohen Potentaten geburts figuren" (Bl. 89—107), d. h. die großen Konjunktionen von 1603 und 1623.

4. *Mathematische Niederschriften* (meist mit astronomischer Anwendung) liegen vor in den Handschriften *C 3* (Arbeiten, Konzepte, Zeichnungen bis 1626, in einem starken Faszikel zusammengefaßt) und *C 7*: „De dimensione triangulorum ..."; besonders beachtlich ist diese „Ausmessung bzw. Berechnung der Dreiecke" (eben und sphärisch) im Hinblick auf BRUNNS praktische Arbeiten (Vermessungen).

5. BRUNN fertigte auch *Abschriften bzw. Auszüge* von ihm wichtigen Werken anderer Schriftsteller an; hierher gehören: *B 177, C 463, C 5* (C 5: Arbeiten von BRUNNS Lehrer ABRAHAM RIES).

[79b] *Brief* von LUCAS BRUNN an JOHANNES KEPLER
Nur sehr schwer, vortefflichster Kepler, konnte ich mich dazu bewegen lassen, mit meiner bescheidenen Schrift Deine Berühmtheit in Anspruch zu nehmen; ja, daß es bisher nicht geschah, hat meine mir bewußte Unbedeutendheit immer wieder verhindert. Da aber schließlich Freunde bei mir waren, die Deine Aufgeschlossenheit gegenüber den Gelehrten und besonders den Studenten der mathematischen Wissenschaft und Deine einzigartige

Bildung immer wieder rühmten und, wie Du an mir siehst, mich zu überzeugen sich bemühten, darf man, so meinte ich, keineswegs an ihren Aussagen zweifeln.
Von Herzen gern und aus eigenem Antrieb möchte ich in den Gesichtskreis Deiner Berühmtheit treten. Begeisterung und natürliche Sehnsucht treiben mich dazu, die *Geheimnisse der Geometrie* zu untersuchen und im besonderen zu der *berühmten optischen Wissenschaft* überzugehen. Damit ich Dir also schnell meine Vorstellung von Deiner Vortrefflichkeit eröffne, sage ich, was ich denke.
Jene Helena und Hort aller himmlischen Geheimnisse, die *Dioptrik* meine ich, liebe ich von ganzem Herzen und wünsche mir, sie sowohl als auch Dich zum Unterhändler versprochen zu erhalten, da nämlich Du allein unter allen, diese Kunst zu lieben seit 2 Jahren in Deinem überaus gelehrten und allergenialsten Büchlein, die ,,Dioptrice", uns aufgezeigt hast. Zu Dir, der Du diesen Liebesbeweis erhalten hast, mußte ich Zuflucht nehmen.
Weil in der Tat meine Schwäche und Unerfahrenheit bei den neuen Studien bewirken, daß ich nicht vermittels der Vorschriften zu dieser Liebhaberin eilen kann, möchte ich Deine Vortrefflichkeit inständigst gebeten haben, vermöge Deiner einzigartigen Bildung diesen meinen Zugang zu unterstützen und gewissermaßen Wegweiser aufzustellen, wie die Sache anzupacken ist, damit man *wenigstens eine 10fache Vergrößerung durch das optische Gerät* (Sonde, d. h. Fernrohr) erreichen kann. Da Du auch in der Widmung der ,,Dioptrice" versicherst, daß die Einrichtung des Instrumentes mit dem menschlichen Auge in Verbindung steht, sollst Du mir jenen *engen Zusammenhang* und ebenso die *Natur der Refraktion* (Brechung des Lichts), in einer umfangreicheren Darlegung verdeutlichen.
Wenn Du das getan hast, wirst Du durch diesen Dienst mich Dir stets verpflichten, und alle Früchte, die ich durch Dich als meinen Lehrer ernten werde, wirst Du auf ewig die Deinen nennen.
Leb wohl, einzigartige Zierde der Mathematiker, und fasse diese meine Bitte nicht ungünstig auf; sei vielmals von dem hochgeschätzten und ebensosehr gebildeten D. Georg Remus gegrüßt und erachte den Dich innig Verehrenden einer Antwort würdig.

Nürnberg, den 4. Juni 1613 LUCAS BRUNN

Lateinischer Originaltext des Briefes in M. G. HANSCH, Epistolae ad Keplerum scriptae ... Leipzig 1718; S. 565. (fr. Übers. d. Verf.). — Eine Antwort KEPLERS ist nicht nachzuweisen.

[80] LUCAS BRUNN: ,,Praxis Perspectivae, das ist von Verzeichnungen ein ausführlicher Bericht, darinnen dasjenige, was die Scenographie erfordert, begriffen und in welchen allerley Dinge, auf allerley Stände in einen perspectivischen Aufzug zu bringen gelehret wird ... in teutscher Sprache verfertigt ...". Nürnberg 1615. — Ein Exemplar mit dem Bild von BRUNNS Perspektiv-Zeichenapparat besitzt die Landesbibliothek Dresden; ein näheres Eingehen auf diese Schrift ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

[81] M. ENGELMANN berichtet in einem Aufsatz vor allem über BRUNNS Tätigkeit als Inspektor der Kunstkammer: ,,Magister Lucas Brunn, der 1. Inspektor der Dresdner Kunstkammer" (Wissenschaftliche Beilage des Dresdner Anzeigers; 1927 — Nr. 47).

[82] LUCAS BRUNN: ,,Euclidis Elementa practica oder Auszug aller Problematum und Handt-Arbeiten aus den 15 Büchern Euclidis allen und jeden des uralten geometrischen nützlichen Gebrauchs des Zirckels Liebhabern zu gut in teutscher Sprach ...". Nürnberg 1625.

[83] M. ENGELMANN beschreibt dieses Meßlineal (dessen Anwendung ihm unbekannt geblieben ist) und gebraucht hierzu die Bezeichnung ,,Rechenschiene" mit der Begründung, daß es ,,ein Rechenhilfsmittel für trigonometrisches Rechnen" sei (ENGELMANN: ,,Schraubenmikrometer—Erstlinge"; Archiv für Geschichte der Mathematik, der Naturwissenschaften und der Technik, 10. Bd., 3. Heft, S. 294ff. — Leipzig 1927). — Da mit diesem Lineal nicht gerechnet, sondern *gemessen* wurde, wird weiterhin die von BRUNN selbst gebrauchte Benennung ,,trigonometrisches Lineal" oder ,,Meßlineal" verwendet.

E. Zinner führt die „Rechenschiene“ unter Zugrundelegung von Engelmanns Mitteilungen an [47; S. 267]; auch Brunns „Universal-Instrument“ wird hier unter dem Namen „Proportionalgerät“ kurz beschrieben (mit einigen unrichtigen Angaben von Details).

[84] M. Engelmann stellt dagegen in seiner Mikrometerbeschreibung [83; S. 297] fest, daß „ein Schrauben- oder Teilscheibenumgang ermöglicht, ein 60stel von einem dieser Längsgrade (d. h. 1′) abzulesen“; er hat also hierbei die schon vorhandene Minutenteilung der Grade durch die Transversalen übersehen und damit diese geniale, von Brunn erreichte Winkelfeinstteilung und ihre Ablesung bis auf *Sekunden* nicht erkannt.

[85] Eine Bemerkung zur *Genauigkeit* von Brunns Grad-Teilungsverfahren ist noch anzuschließen. Die Fein- und Feinstteilung der Sinusstrecken geschieht bei Brunns Methode unter Voraussetzung der *Proportionalität* des Anwachsens der Unterteile der Sinuswerte der Grade, wenn die Winkel stetig größer werden. Dieser Anstieg ist aber *nicht* genau proportional; Nachrechnungen lassen jedoch erkennen, daß bei der von Brunn verwendeten Sinuseinheit $r = 100\,000$ eine Proportionalität des Anstieges der Minuten- und Sekundenwerte noch vorhanden und damit sein Verfahren vertretbar ist. — Analog wird ja auch heute noch beim Rechnen mit trigonometrischen Funktionen bei ihren Teilwerten mit den *Proportionaltafeln* (S. 27) gearbeitet.

[86] Gerade dieser Gebrauch der Sinus*strecken* zeigt, daß auch Brunn zu seiner Zeit mit diesen so anschaulichen „trigonometrischen Strecken“ arbeitete [18]. — Letzten Endes geschieht es ja auch heute, wenn wir an die Verwendung der logarithmisch-trigonometrischen Skalen des Rechenstabes, an das Arbeiten mit den graphischen Bildern der trigonometrischen Funktionen denken.

[87] Ein *noch früheres Schraubenmikrometer* zur Längenfeinteilung besitzt der MPhS in einem eisernen Geschützaufsatz eines unbekannten Meisters (um 1525); es können hiermit Unterteile einer Schraubenganghöhe abgelesen werden (Abb. 66).
Eine *Mikrometer-Vorrichtung* zur direkten *Winkelfeinteilung* (5′) hat ein Winkelmesser des MPhS (beschädigt) von M. Heintz aus Zwickau, 1631 (Abb. bei Engelmann [83; S. 298f.]).

[88] Die Wahl dieses lateinischen Wortes für den Begriff Sehne findet am besten ihre Erklärung, wenn die Sehne als *unter* dem Zentriwinkel *gelegene* oder *gefaßte* Linie definiert wird.

[89] Der Verfasser der Tafel hat mit dieser Festlegung die Sinuswerte auf $r = 1$ bezogen; sie sind damit *echte Brüche*. Es fehlt nur noch die dezimale Schreibweise, um die heute üblichen Wertangaben zu erhalten.

[90] Die Umrechnung einiger Werte aus der alten *Sehnentafel* des Ptolemaios (S. 141) führt zu den Werten der Subtensa-Tafel; z. B. Sehne für 1° bei Ptolemaios: $1^{p}2'50'' \triangleq \frac{174}{10\,000}$. Dies entspricht dem Wert $\frac{87}{5000}$ der Subtensa-Tafel (Wiedergabe eines Teiles der Ptolemaios-Tafel mit Erläuterungen bei H. Wussing [14, 1.; S. 167]).

[91] Noch 1541 wurde eine Sinustafel Regiomontans für $r = 6\,000\,000$ herausgegeben (neben einer Tafel für $r = 10^7$); Jamnitzer verwendet 1578 bei seinem Meßquadrat die 60-Teilung der Seiten (S. 101), und Reinhold legt 1574 seiner Schattentafel die Einheit 1200 zugrunde (S. 30).

[92] Über die Weiterentwicklung des Nunes-Verfahrens vgl. S. 24 und [13].

[93] Abb. 56 war in der Handschrift der Tafel 5 nicht vorhanden; der Riß wurde konstruiert nach den Maßangaben mit Hilfe der Winkelwerte (78°, 42°), die Tafel 5 für die Meßergebnisse nach Nunes (76/66; 64/30) anführt.

[94] Feldhaus, M.: Die Technik (Leipzig/Berlin 1914) und:
Leonardo da Vinci, der Techniker und Erfinder (Jena 1913/1922) mit Skizzen des Zirkels von Leonardo.

[95] Jost (auch Jobst) Bürgi (1552—1632), gebürtiger Schweizer, seit 1579 im Dienst des Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen, war als geometrischer und astronomischer Werkmeister, Mathematiker und Astronom in Kassel und zeitweise in Prag tätig. — L. Hulsius [44c] beschreibt Bürgis Proportionalzirkel in seinem „3. Traktat" (Frankfurt 1605).

[96] Scheffelt, M.: Instrumentum proportionum (1697). — A. Rohde behandelt diese Schrift ausführlich [44a; S. 44ff.].

[97] Es sei hierzu vom pädagogischen Standpunkt aus bemerkt, daß Reduktions- und Proportionalzirkel auch heute noch sehr geeignet sind, das Verständnis der wichtigen Lehre von den Verhältnissen und Proportionen beim Lernenden zu vertiefen. Modelle solcher Zirkel lassen sich leicht aus geeignetem Material in mathematischen Kursen herstellen; die Anbringung der Teilungen auf den Zirkelschenkeln stellen zusammen mit ihrer Anwendung interessante und lehrreiche Übungen dar.

[98] John Napier: Mirifici logarithmorum canonis descriptio. 1614.
Jost Bürgi [95]: Arithmetische und Geometrische Progreß-Tabulen. 1620.
Henry Briggs: Arithmetica logarithmica. 1624. —
Näheres hierzu: Glade-Manteuffel [14; S. 84ff.].

[99] J. Furtenbach zeigt in seinem Werk „Mechanischer Reißladen" (Augsburg 1644) an Hand von genauen Kupferstichen, was alles in ein Reiß- und Meßbesteck seiner Zeit gehört.

[100] Friedrich Engels: Ausgewählte militärische Schriften. Bd. I, S. 511—557, 587—614. Berlin 1958.

[101] Im *Armeemuseum der DDR* in Dresden-Neustadt wird in einem Austellungsabschnitt die Entwicklung des Militärwesens in Deutschland im Zeitalter des Feudalismus an Hand von Büchern, Texten, Bildern, Modellen, Dioramen und Originalstücken (hierunter auch Kanonen und Mörser) dargestellt.

[102] Beachtlich ist, daß bei Münster noch 1574 für die kurfürstliche Residenz Dresden (seit 1553) nur ein Bild der Größe einer halben Seite, für die Markgrafenstadt Meißen aber ein Doppelseitenbild verwendet wird.

[103] Diese sieben Wunderwerke Dresdens sind der Zwinger, die Kunstkammer, das Zeughaus, der Stallhof, die Elbbrücke, das Japanische Palais und das Jägerhaus.

[104] Medaille auf „Paulus Buchner" im Alter von 45 Jahren (1576; in diesem Jahr wurde Puchner Oberstzeugmeister) von Tobias Wolf im Staatlichen Münzkabinett Wien. — Der Künstler kennzeichnete Puchners Beruf, indem er ihm ein brennendes Geschoß (ein Brandsatz mit Verschnürung bzw. in einer Eisenhohlkugel, „Feuerkugel" genannt) in die Hand gibt.

[105] Leonhard Danner (1498—1585) wurde durch die Erfindung seiner „Brechschrauben" (1550) berühmt. Doppelmayr [4] führt ihn unter seinen „Nürnbergischen Mathematicis und Künstlern" an und bildet seine Brechschrauben ab (Tabelle XIII). Diese Riesenschrauben dienten zur Zerstörung von Befestigungsanlagen; die dicksten Mauern sollten damit gebrochen werden (vgl. auch S. 173). — Danner ist auch der Hersteller der „Drahtziehbank" des Kurfürsten August (S. 37).

[106] In die in Abb. 68 und 72 wiedergegebenen Zeichnungen, nach Angaben Puchners 1577 hergestellt, wurde der von Puchner wohl besonders geschätzte Titel „Haußzeugmeister" eingetragen.

[107] C. Gurlitt berichtet ausführlich über Puchners Tätigkeit als Baumeister Dresdens in seinem Aufsatz „Paul Buchner, ein Dresdner Baumeister der Renaissance" (Dresdner Geschichtsblätter; 9. Jahrgang, Nr. 3; 1900).

[108] N. Tartaglia: Nuova Scienza, Venedig 1537 (hierin auch die Feststellung, daß sich bei einem Richtwinkel von 45° die größte Schußweite ergebe). — In einer zweiten Schrift (Quesiti ed invenzioni diverse, Venedig 1546) stellt er die Behauptung auf, daß die Flugbahn eines Geschosses schon von der Rohrmündung an in einem Bogen verlaufe. Diese erste Erkenntnis einer Kurvenflugbahn blieb bis Galilei unbeachtet. — W. Rivius (Ryff) bringt in seiner „Geometrischen Büxenmeisterey" (vgl. S. 21) Teile aus diesen Werken des Tartaglia in *deutscher Sprache*. G. Harig untersucht diese Schrift im Zusammenhang und Vergleich mit den Darlegungen von Tartaglia in seinem Aufsatz: „W. H. Ryff und Tartaglia. Ein Beitrag zur Entwicklung der Dynamik im 16. Jahrhundert" (Forschungen und Fortschritte, Bd. 32 (1958), H. 2). — Puchner kannte diese vor allem den Zeugmeistern gewidmete Schrift des Rivius, war dadurch über den Stand der damaligen Ballistik unterrichtet und ging eigene Wege zur Weiterentwicklung bei ihrer Anwendung in der artilleristischen Richtpraxis.

[109] G. Galilei: Discorsi e demonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze. Leyden 1638. — Galilei gelangte zur Erkenntnis der parabolischen Flugbahn, nachdem er festgestellt hatte, daß die Bewegung eines geworfenen Körpers sich aus *zwei gleichzeitig ablaufenden Teilbewegungen* zusammensetzt (unter dem Einfluß von *zwei Kräften* (Treibkraft, Fallkraft bzw. Schwerkraft)).

[110] Friedrich Engels nennt für diese Arbeiten in seiner zitierten Schrift [100; S. 597] folgende Namen: Torricelli, Anderson, Blondel, Newton, Bernoulli (Johann), Wolff und Euler; er bemerkt hierzu: „Diese Theoretiker der Artilleriewissenschaft trugen wesentlich zur Weiterentwicklung des mathematischen Teils der Geschützkunst bei." —

Schriften zur Ballistik:

a) Cranz, C.: Lehrbuch der Ballistik. Berlin 1925;

b) Hauck, G.: Äußere Ballistik. — Einführung in die Theorie der Geschoßbewegung. Berlin 1972.

[111] Derek J. de Solla Price berichtet über mathematische Instrumente der Familie Strozzi aus Florenz (vor allem über einige der Habermel-Instrumente des Franciscus de Padoanis — hierbei nicht die Auftragsbussole) und der Sammlung Mensing (Actes du VIIIe Congrès international d'Histoire des Sciences, p. 380ff. — Florenz 1956).

Namen- und Sachverzeichnis