VERÖFFENTLICHUNGEN

des

Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons

– Forschungsstelle –

Dresden – Zwinger

BAND 1

VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN

~~0 304~~

L 244a

VERÖFFENTLICHUNGEN

des

Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons

– Forschungsstelle –

Dresden – Zwinger

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

Mitarbeiter: Dr. F. Kyaw · Ch. Böttger

BAND 1

Dr. H. Wunderlich:

Das Dresdner „Quadratum geometricum" aus dem Jahre 1569
von Christoph Schißler d. Ä., Augsburg, mit einem Anhang:
Schißlers Oxforder und Florentiner „Ouadratum geometricum"
von 1579/1599

VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN
BERLIN 1960

L 244 a
Bibliothek
Staatlicher Mathematisch-
Physikalischer Salon
Dresden A 1, Zwinger
Inv.-Verz. 3316

Technische Herstellung durch den VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften
Berlin W 8, Niederwallstraße 39

Lizenz-Nr. 206.435/126/60

Satz und Druck: Gutenberg-Buchdruckerei, Betrieb der VOB Aufwärts
Weimar, Marienstraße 14

VORWORT

Nach einem jahrhundertelangen Bestehen tritt jetzt der Staatliche Mathematisch-Physikalische Salon mit einer eigenen Schriftenreihe an die Öffentlichkeit. In diesen neu herausgegebenen Bänden, die nunmehr periodisch erscheinen werden, sollen hauptsächlich die fachlich-wissenschaftlichen Arbeiten Aufnahme finden, deren Inhalt mit den vielseitigen Sammelgebieten des Museums und Forschungsinstitutes wissenschaftlich und museumstechnisch in engem Zusammenhang stehen. Seit der um 1728 erfolgten Ausgliederung des ,,Physikalischen Cabinetts" aus der Dresdner Kunstkammer hat sich der Mathematisch-Physikalische Salon zu einem der bekanntesten und berühmtesten Museen naturwissenschaftlicher Instrumente, Apparate und Kunstgegenstände entwickeln können. Nach einer fast restlosen Zerstörung der Arbeits- und Sammlungsräume im Februar 1945 konnte das Institut bereits im Sommer 1952 mit einer Teilausstellung in seinem wiederaufgebauten früheren einzigen Ausstellungspavillon unter Teilnahme des In- und Auslandes an die Öffentlichkeit treten. Weitere Sammlungsräume — wie der ehemalige Grottensaal und die lange Bogengalerie — konnten 1954 und 1956 mit der fortschreitenden Restaurierung des Dresdner Zwingers übernommen und als neue Museumssäle den Besuchern übergeben werden.

Laufende Ergänzungen der Ausstellungsbestände durch Ankäufe und Schenkungen, sowie ein systematisches Auffüllen einiger naturwissenschaftlicher Fachgebiete mit interessanten und wichtigen Exponaten führten im letzten Jahrzehnt zu einigen bedeutenden Sammlungen. In den nächsten Jahren werden die größten Ausstellungsgruppen, wie z. B. Erd- und Himmelsgloben, Astronomie, Maße und Gewichte, Rechentechnik, Chronometrie u. a. als selbständige geschlossene Schauen zur Darstellung und Aussage kommen. Bereits die nächsten ,,Veröffentlichungen" beschäftigen sich mit einigen der wichtigsten Sammlungen und besonders mit der Geschichte, Entwicklung und der heutigen Aufgabenstellung des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons.

Nach Auflösung der Landesregierung Sachsen 1952 wurde der Staatliche Mathematisch-Physikalische Salon am 1. Januar 1953 von dem Staatssekretariat für Hochschulwesen übernommen. Damit begann ein neuer Abschnitt für die Arbeit des Museums, da neben den finanziellen Voraussetzungen auch nunmehr eine großzügige Förderung der wissenschaftlichen und museums-technischen Arbeit eine raschere Entwicklung des Salons ermöglichte.

Mit der Herausgabe des 1. Bandes der ,,Veröffentlichungen des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons" soll gleichzeitig dem Staatssekretariat für das Hoch- und Fachschulwesen und den Mitarbeitern des Fachsektors für die langjährige Unterstützung und Hilfe bei der Verwirklichung aller Ziele der Dank der gesamten Belegschaft des Mathematisch-Physikalischen Salons zum Ausdruck gebracht werden.

Helmut Grötzsch

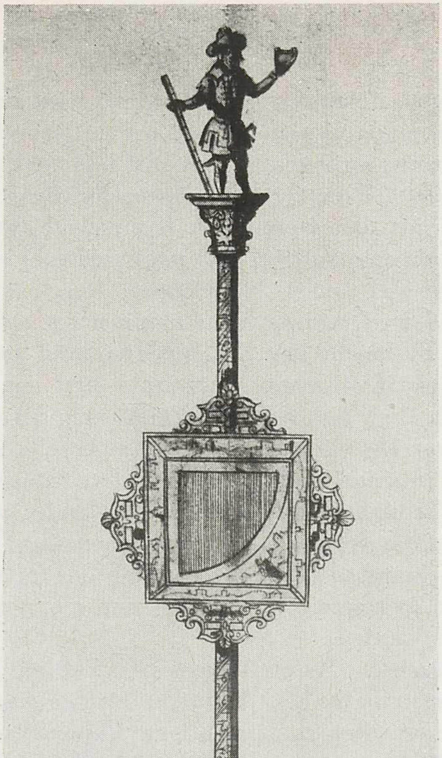


Bild 1
„Quadratum geometricum" von Christoph Schißler, Augsburg 1569 – Gesamtansicht
Zeichnung Schißlers aus seiner Handschrift „Geometria" von 1569

BAND 1

Das Dresdner „Quadratum geometricum“ aus dem Jahre 1569 von Christoph Schißler d. A., Augsburg, mit einem Anhang: Schißlers Oxforder und Florentiner „Quadratum geometricum“ von 1579/1599

Von Dr. Herbert Wunderlich

Mit 47 Bildern und einer Einleitung von Helmut Grötzsch

EINLEITUNG

Der Band 1 der neuen Schriftenreihe beschäftigt sich mit einem der ältesten Sammlungsgegenstände des Mathematisch-Physikalischen Salons, mit dem „Quadratum geometricum" von Christoph Schißler. Der Verfasser dieser Arbeit, Herr Dr. Herbert Wunderlich, Leipzig, der seit 1930 mit dem Salon freundschaftlich verbunden ist, hat seine erste Arbeit 1954/55 in der Wissenschaftlichen Zeitschrift der Technischen Hochschule Dresden veröffentlicht und sie nach Neubearbeitung und unter Beifügung von Ergänzungen — besonders durch das Oxforder und Florentiner Instrument — der neuen Schriftenreihe des Salons zur Verfügung gestellt. Besonderer Dank für die freundlichen Auskünfte und für überlassene Bildunterlagen gelten Frau Dr. M. L. Bonelli vom Istituto e Museo di Storia della Scienza in Florenz und Herrn Curator C. H. Josten vom Museum of the History of Science in Oxford.

Diese Arbeit soll besonders die große und fast vergessene wissenschaftliche Bedeutung dieses schönen Werkes von Schißler, seine künstlerische Vollkommenheit und den weiten geschichtlichen Hintergrund, von dem es sich abhebt, zeigen. Gleichzeitig wird aber auch auf weitere Zusammenhänge mit anderen Werken des Mathematisch-Physikalischen Salons hingewiesen und somit ein Beitrag zur Kulturgeschichte der Stadt Dresden geleistet.

Helmut Grötzsch

INHALT

EINFÜHRUNG

Der Staatliche Mathematisch-Physikalische Salon Dresden (MPhS), dessen Ursprung auf die 1560 von Kurfürst August von Sachsen gegründete Kunstkammer zurückgeht und der damit jetzt auf ein 400jähriges Bestehen zurückblicken kann, gehört zu den ältesten mathematisch-physikalisch-technischen Museen der Welt. Die hier zur Schau gestellten mathematischen, astronomischen, physikalischen und artilleristischen Instrumente, Globen, Uhren und mechanischen Kunstwerke sind ehrwürdige Zeugen der Entwicklung mathematischer, astronomischer, physikalischer und technischer Geräte.

Zu den ältesten Sammlungsgegenständen gehören alle jene Instrumente, die für sich eine besonders wichtige Gruppe bilden, von der leider 1945 wertvolle Stücke verlorengegangen sind. Es handelt sich um die Gruppe der Instrumente aus dem 16. und beginnenden 17. Jahrhundert, die zur Land- bzw. Feldvermessung und zur Lösung artilleristischer Aufgaben dienten (einschließlich der bei diesen Arbeiten verwendeten Zeichen- und Rechenhilfsmittel).

Diese Gruppe läßt das Bestreben der damaligen Zeit besonders deutlich erkennen, auf dem Gebiet der Meßkunst zu immer größerer Vollkommenheit zu gelangen; sie zeigt Höhepunkte dieser Entwicklung, Spitzenleistungen künstlerischen Gestaltungsvermögens und feinmechanischen Könnens, Beispiele restloser Ausschöpfung des Materials eines Stückes zur Darstellung und Lösung der verschiedensten mathematischen und technischen Probleme.

Bisher ist nur über einige Instrumente dieser Gruppe — aber auch nicht im Zusammenhang — berichtet worden [1]. Die vorliegende Veröffentlichung würdigt das wichtigste und wertvollste Instrument aus dieser Gruppe: das „Quadratum geometricum“ des Augsburger Werkmeisters Christoph Schißler aus dem Jahre 1569 (Bild 1). Es diente — wie alle Instrumente dieser Gattung — bei Feldmeßarbeiten zur Ausmessung von Entfernungen,

---

[1] Engelmann, M. (Restaurator des MPhS von 1902 bis 1928):

a) Die Habermelschen Instrumente in Dresden: Mitt. Sächs. Kunstsamml. 4 (1913) S. 41—51.

b) Mathematische Instrumente von Wenzel Jamnitzer in Dresden: ebenda 5 (1914) S. 44—54.

c) Die Wegmesser des Kurfürsten August von Sachsen: ebenda 6 (1915) S. 11—43.

Höhen usw.; es konnte damit auch artilleristischen Zwecken dienstbar gemacht werden.

Die Arbeit soll zeigen, daß das Schißlersche Instrument das bedeutendste Quadratum ist, das je geschaffen wurde; es ist gleichzeitig das kunstvollste mathematische Instrument des 16. Jahrhunderts. Bisher ist es im Schrifttum nur kurz erwähnt worden (Rohde [1] S. 63f.), wobei seine Bedeutung völlig übersehen wurde [2]. Vom Instrument ist nach dem Luftangriff nur noch der an sich wichtigste Teil, die quadratische Tafel (Bild 25 und 26), freilich in stark beschädigtem Zustand, erhalten geblieben. Schißlers eigenhändige Beschreibung seines Instrumentes, die ,,Geometria", eine Kostbarkeit für sich, die in der Bücherei des MPhS aufbewahrt wurde, ist verlorengegangen.

Es sind noch 2 weitere Instrumente Schißlers vom Typus des Dresdner ,,Quadratum geometricum" erhalten. Das 2. ,,Quadratum", 1579 von Schißler gefertigt, befindet sich in Oxford (Museum of the History of Science — Old Ashmolean Building) [3a], das 3. Instrument aus dem Jahre 1599 in Florenz (Museo di Storia della Scienza) [3b]; im Anhang wird auch auf diese Instrumente eingegangen.

Da einige Hinweise auf die bisher vorliegenden, zum Teil verstreuten Angaben über Entstehung, Entwicklung und Anwendung des ,,Quadratum geometricum" zur Kennzeichnung der Bedeutung des Schißlerschen Instrumentes allein nicht ausreichen, wird vor der im Teil III durchgeführten Besprechung von Schißlers ,,Quadratum" im Teil II hierauf eingegangen. Schließlich ist es zur rechten Würdigung des Quadratum im allgemeinen wie das Schißlers im besonderen nötig, im folgenden I. Teil der Arbeit kurz den Stand der Feldmeßkunst im 16. Jahrhundert zu kennzeichnen.

---

d) Wenzel Jamnitzers Dresdner Meßscheibe: Kunstwanderer **2** (1920) S. 311 bis 314.

e) Schraubenmikrometer-Erstlinge: Arch. Gesch. Math. Naturwiss. Techn. **10** (1927) S. 294—302.

Rohde, A.: Die Geschichte der wissenschaftlichen Instrumente vom Beginn der Renaissance bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Leipzig 1923. — In der Einleitung: ,,Die Arbeit macht nicht den Anspruch darauf, die Fachliteratur über Instrumentenkunde vom Standpunkt der Mathematik aus zu bereichern."
Beck, A.: Vom Zirkelschmied zum Mechanikus. Ein Beitrag zur Geschichte der Feinmechanik in Sachsen. Photographie und Forschung **3** (1941) H. 8.

[2] In der 1954 erschienenen Biographie Schißlers von M. Bobinger wird es ausführlicher beschrieben (S. 50—61); bei Besprechung des Instrumentes sind hierzu einige kritische Bemerkungen zu machen. — Bobinger, M., Christoph Schißler der Ältere und der Jüngere. Augsburg/Basel: Die Brigg (1954). VII, 140 S. u. 44 Abb. auf 19 Kunstdrucktaf. 8^0 (Schwäb. Geschichtsquellen und Forschungen, 5).

[3] a) Gunther, R. T.: Early Science in Oxford **1** (Oxford 1923) S. 340—344.

b) Catalogo degli Strumenti del Museo di Storia della Scienza di Firenze (Firenze 1954) S. 77.

I. DIE FELDMESSKUNST IM 16. JAHRHUNDERT

Die Meßkunst hat im 15., besonders aber im 16. Jahrhundert einen bedeutenden Aufschwung genommen. Das gilt von der astronomischen Messung ebenso wie von der Feldmeßkunst. Für die menschliche Gesellschaft war im 16. Jahrhundert die Entwicklung der Feldmeßkunst von augenblicklich unmittelbarem Vorteil. Drei Faktoren waren hierfür vor allem maßgebend:

1. das nach den großen Entdeckungsfahrten im 15./16. Jahrhundert nun einsetzende Bestreben der Menschheit nach weiterer und tieferer Erforschung der noch unbekannten Teile der Erde, der zunehmende Reise- und Handelsverkehr innerhalb der Länder und der Wunsch der Landesherren, vor allem aus machtpolitischen Gründen eine gute Übersicht ihres Herrschaftsbereiches zu besitzen.

2. Fortschritte innerhalb der Lehre selbst in bezug auf Meß- und Rechenverfahren und Technik des Instrumentenbaues, wobei Fortschritte auf dem Gebiet der astronomischen Messung mit verwertet wurden (Einführung der Transversalteilung, der Noniusteilung und der Dezimalbrüche, Ausbau der trigonometrischen Lehre, Verbesserung der trigonometrischen Tafeln u. a.) und

3. die Erfindung der Buchdruckerkunst, die es ermöglichte, daß viele Rechenbücher und Lehrbücher der Feldmeßkunst [4] weite Verbreitung fanden; diese dienten zur Heranbildung einer großen Anzahl von Feldmessern, die selbständig vermaßen oder an größeren Vermessungsarbeiten beteiligt waren.

Die mathematischen und technischen Fortschritte jener Zeit sind zu einem nicht geringen Teil dem fruchtbaren Zusammenwirken von Gelehrten, Künstlern und Technikern zu danken, wie dies vor allem in Nürnberg der Fall war. Die gegenseitige Beeinflussung dieser „Mathematiker und Künstler", wie Doppelmayr in seinem Werk [5] die hochgebildeten Menschen Nürnbergs zusammen-

[4] Im Laufe seiner Arbeiten sind dem Verfasser etwa 60 solcher Feldmeßschriften bekannt geworden. Hiervon werden einige 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. Die Bücherei des MPhS enthielt eine Reihe Handschriften dieses Inhalts, die nicht veröffentlicht bzw. gewürdigt worden sind; sie sind verlorengegangen.

[5] Doppelmayr, J. G.: Historische Nachricht von den Nürnbergischen Mathematicis und Künstlern. Nürnberg 1730.

fassend bezeichnet, konnte nicht ausbleiben, besonders dann nicht, wenn schon wissenschaftliche, technische und künstlerische Neigungen und Veranlagungen gleichzeitig vorhanden waren. Damit dringen auf der einen Seite in das rein künstlerische Werk mathematische und technische Ideen. Die Geometrie ist im wesentlichen noch die Mathematik der Zeit, sie liegt dem Künstler besonders nahe; er fühlt die Harmonie, die in vielen geometrischen Gebilden vorhanden ist. So sehen wir Dürer, den Maler und Graphiker [6], und Jamnitzer, den Goldschmied [7], mit ernsten mathematischen und technischen Problemen ringen. Und andererseits werden in das mathematische Werk künstlerische Gedanken hineingetragen. Dieser künstlerische Zug, der sich besonders in der Form der Darstellung, in der Ausführung der Zeichnungen und Art der behandelten Stoffe äußerte, hat ganz beachtlich zu seiner Verbreitung beigetragen.

Sichtbarsten Ausdruck fanden diese in der mathematischen Lehre zur Geltung kommenden künstlerischen Ideen vor allem in der Gestaltung mathematisch-technischer Instrumente. Die heute in den Sammlungen der Welt verstreuten Instrumente dieser Zeit sind fast ausnahmslos Kunstwerke, ohne daß sie dabei in dieser Form für eine praktische Verwendung ungeeignet gewesen wären. Das gilt im besonderen Maße für die Feldmeßinstrumente. Den Höhepunkt dieser Entwicklung im 16. Jahrhundert stellt das „Quadratum geometricum“ von Christoph Schißler dar.

Nürnbergs Goldschmiede und Mechaniker, befruchtet von den mathematisch-technisch-künstlerischen Bestrebungen ihrer Heimatstadt und selbst an ihnen beteiligt, entwickeln selbständig und auf Anregung hin in ihren Werkstätten diese Kunst des Instrumentenbaues (vor allem W. Jamnitzer). Auch in anderen Städten des Reiches beginnt man sich mit der Herstellung mathematisch-technischer Kunstwerke zu beschäftigen; besonders das so nahe gelegene Augsburg wird wie in seiner Gesamtentwicklung auch auf diesem Gebiet Nürnberg ebenbürtig. Hier in Augsburg lebte und wirkte Christoph Schißler der Ältere (geb. 1530 oder 1532, gest. 14. 9. 1608), einer der gelehrtesten und

---

[6] Dürer, A.: Underweysung der messung . . . , Nürnberg 1525 — Befestigungslehre, Nürnberg 1527 — Proportionslehre, Nürnberg 1528. — Besonders beachtlich ist die Würdigung des Mathematikers und Künstlers Dürer unter Zugrundelegung seiner „Underweysung“ (mit einer umfassenden Dürer-Bibliographie) von M. Steck (Dürers Gestaltlehre der Mathematik und der bildenden Künste. Halle/Saale 1948).

[7] Jamnitzer, W.: Perspectiva, Nürnberg 1568 (Illustrationen zur Vitruv-Übersetzung des Rivius von 1548; vgl. [14] — Grundtlicher und Aigentlicher unterricht unnd Erklärung dieses Kunstreichen runden Maß oder Eichstabes..., 1585; es handelt sich bei dieser Schrift von 1585 um eine nicht gewürdigte, künstlerisch hervorragend ausgeführte Handschrift, in der J. vor allem die Verwendung des zu seiner Zeit beliebten Reduktionszirkels schildert (Handschrift des MPhS; verlorengegangen).

erfindungsreichsten Mechaniker seiner Zeit [8]. Der lebhafte Handel und Verkehr der genannten Städte haben zur Folge, daß weitere Kreise — Kaiser, Fürsten und ausländische Gelehrte — auf diese Kunstfertigkeit aufmerksam werden.

Bei Kurfürst August von Sachsen (geb. 1526, Kurfürst seit 1553, gest. 1586) fanden die mathematisch-technischen Ideen und Werke besondere Beachtung und Anerkennung. Die Folge davon ist der Ankauf wichtiger Instrumente berühmter deutscher Meister (hierunter Schißler mit seinem „Quadratum" und anderen Werken), die Entwicklung einer heimischen Technik des Instrumentenbaues, die in dem geschickten Büchsenmacher und späteren Mechaniker Christoph Trechsler d. Ä. (geb. um 1550 in Dresden, gest. 1624) eine beachtliche Höhe erreicht [9], die Gründung der Dresdner Kunstkammer (1560), wo die mathematisch-technischen Werke aufgestellt wurden, und die Durchführung großzügiger Vermessungsarbeiten [10].

Bei den kartographischen Aufnahmen des 16. Jahrhunderts handelt es sich noch im wesentlichen um einfache Polygonvermessungen; man zerlegt das Polygon in Dreiecke, deren Größe man aus Strecken- und Winkelmessungen gewinnt. Das Triangulationsverfahren wird eingeführt (G. Frisius, Libellus de locorum describendorum ratione, Antwerpen 1533), ist aber bei den praktischen Vermessungsarbeiten des 16. Jahrhunderts nur sehr wenig zur Anwendung gekommen. Dies geschieht erst im 17. Jahrhundert, nachdem die für die weitere Entwicklung der Feldmeßkunst wichtigen Instrumente Theodolit (siehe S.20) und Meßtisch (Mensula Praetoriana, 1590) bekannt geworden sind.

Das umfassendste deutsche Werk des 16. Jahrhunderts, das — wie der Verfasser sich im Titel (Bild 2) ausdrückt — von den „Mathematischen und Mechanischen Künsten" berichtet, hierbei auch ausführlich auf die Meßkunst (ausschließlich des astronomischen Teiles) eingeht, hat der Nürnberger Arzt und Mathematiker G. H. Rivius [11] 1547 in Nürnberg veröffentlicht [12].

[8] Einiges über Schißler und seine wichtigsten Werke bei Rohde [1], S. 12, 53—57, und im „Lexikon der bildenden Künstler", **30** (Leipzig 1936). Besonders in der Biographie Schißlers von M. Bobinger [2] wurde das Gesamtwerk des Meisters liebevoll dargestellt. Kriegsverluste sind nicht angeführt.

[9] Einiges über Trechsler bei Engelmann [1e], Rohde [1] S. 19f., Gurlitt, C., Dresdner Waffenschmiede des 16. Jhs. (Z. hist. Waffen- u. Kostümkunde **1** [1897—99] S. 262) und Haenel, E., Zur ältesten Geschichte der Dresdner Rüstkammer (ebenda **8** [1918—20] S. 181).

[10] Schrifttum über die kartographischen Arbeiten unter Kurfürst August und seinen Nachfolgern s. Engelmann [1c] S. 20.

[11] Über Rivius (auch: Ryff) siehe Will, Nürnbergisches Gelehrtenlexikon **3** (Nürnberg und Altdorf 1757), S. 368—370; weiterhin: Kästner [4] **2**, S. 186 bis 196; Nopitsch, Nürnbergisches Gelehrtenlexicon Suppl. **3** (Altdorf 1806), S. 291—296; Jähns, M., Geschichte der Kriegswissenschaften. Abt. 1 (München 1889), S. 507—509, S. 603f., S. 800ff.; Jöcher, Gelehrtenlexikon **7** (Leipzig 1897) S. 109—112; Röttinger, H., Die Holzschnitte zur Architektur und zum Vitruv teutsch des Walther Rivius. Stud. dtsch. Kunstgesch. H. 167 (Straßburg 1914).

Auf dieses Werk wird im folgenden näher eingegangen, weil es für die Geschichte der Mathematik und Technik wertvoll ist und man annehmen kann, daß es Schißler gekannt und studiert hat. Vielleicht hat dieser sogar mit dem Verfasser in persönlicher Verbindung gestanden; Rivius war ja der Lehrer von Schißlers kurfürstlichem Gönner August von Sachsen; vgl. Engelmann, Kunstwanderer **5** (1923) S. 390.

Für das Werk des Rivius von 1547 wird weiterhin der Name „Perspectiva" gebraucht (gemäß dem Titel-Aufdruck), wenn damit auch sein Gesamtinhalt nicht gekennzeichnet ist [13]. Von Jöcher [11] wird das Werk unter Nr. 28 angeführt; unter Nr. 29 heißt es:„ Das drit Buch der klaren . . . Unterweisung usw. (Ist wahrscheinlich der 3. Teil seiner Übersetzung des Vitruv)". Diese beigefügte Bemerkung ist falsch und irreführend. Es handelt sich um den 3. Teil der „Perspectiva" (Bild 4), die ja keine Übersetzung der Schrift Vitruvs „De architectura" ist [14].

Die „Perspectiva" soll nach des Verfassers Angabe (Bild 2) zum „Verständnis der Lehre Vitruvs" beitragen. Wir können sie als ein erstes mathematisch-technisches Lehrbuch in deutscher Sprache bezeichnen. Die Beliebtheit des Werkes im 16. Jahrhundert geht daraus hervor, daß es 1558, 1582 und 1589 neu aufgelegt wurde.

Die „Perspectiva" enthält drei Teile („Bücher"):

I.	„Der newen Perspectiva das I. Buch"	(Bild 2)
II.	„Geometrische Büxenmeisterey"	(Bild 3)
III.	„Geometrische Messung"	(Bild 4)

Rivius hat mit diesen drei Büchern Teile wichtiger mathematisch-technischer Schriften, die erst wenige Jahre vor 1547 außerhalb Deutschlands erschienen

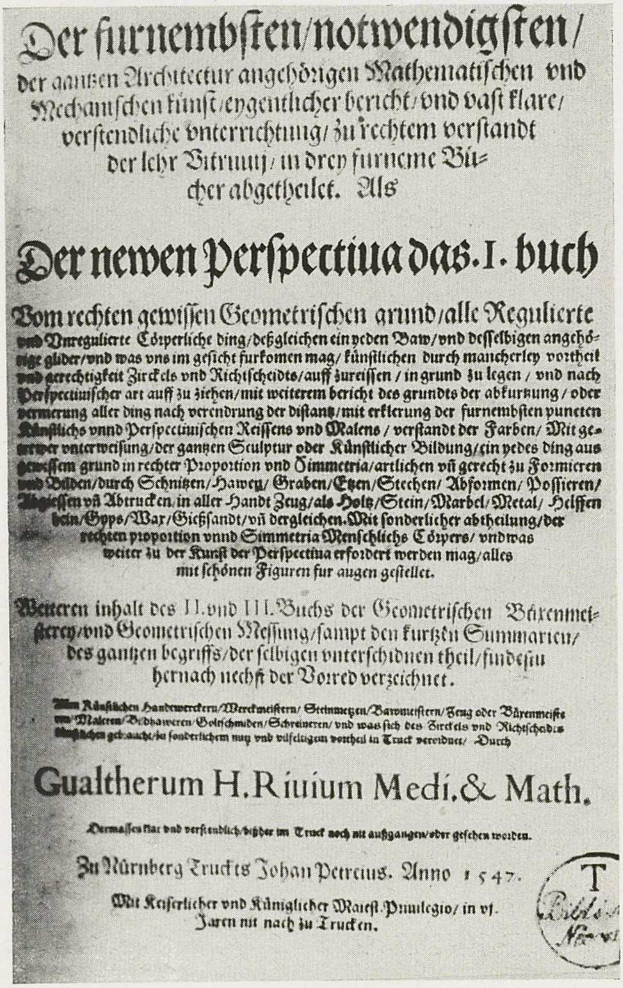
---

[12] Das dem Verf. vorliegende Exemplar gehört der Bücherei des Germ. National-Museums zu Nürnberg. Es sind dort zwei Stücke in Renaissance-Schweinsledereinbänden vorhanden (K. 476 u. Nw. 2213). Das eine Stück (Nw 2213) hat den Titel-Aufdruck: Perspectiva 1548 (Jahr des Einbindens!).

[13] Der Name „Perspectiva" wird bei Anführung des Werkes im Schrifttum nicht verwendet. Kästner [4] erwähnt die „Perspectiva" von 1547 nicht; er kennt nur eine spätere Ausgabe des Werkes (1582) und führt sie unter dem Titel „Baukunst" an. Die „Perspectiva" von 1547 war also schon im 18. Jahrhundert eine bibliographische Seltenheit. Man findet auch den Titel „Architektur" für spätere Ausgaben der „Perspectiva" angeführt (vgl. [11] Röttinger). Dieser Titel führt freilich leicht zu Verwechslungen mit der Vitruv-Übersetzung des Rivius (vgl. [14]).

[14] Diese Vitruv-Übersetzung (Titel: „Vitruv teutsch") hat Rivius 1548 in Nürnberg herausgegeben, nachgedruckt 1575 und 1614 in Basel.

Bild 2, 3, 4:
Titelseiten der drei Bücher der „Perspectiva“ des G. H. Rivius von 1547



Der furnembsten/notwendigsten/
der gantzen Architectur angehörigen Mathematischen vnd
Mechanischen künst/eygentlicher bericht/vnd vast klare/
verstendliche vnterrichtung/zu rechtem verstandt
der lehr Vitruuij/in drey furneme Bü-
cher abgetheilet. Als

Der newen Perspectiua das. I. buch

Vom rechten gewissen Geometrischen grund/alle Regulierte
vnd Vnregulierte Cörperliche ding/deßgleichen ein yeden Baw/vnd desselbigen angehö-
rige glider/vnd was vns im gesicht furkomen mag/künstlichen durch mancherley vortheil
vnd gerechtigkeit Zirckels vnd Richtscheidts/auff zureissen/in grund zu legen/vnd nach
Perspectiuischer art auff zu ziehen/mit weiterem bericht des grundts der abkurtzung/oder
vermerung aller ding nach verendrung der distantz/mit erklerung der furnembsten puncten
Künstlichs vnnd Perspectiuischen Reissens vnd Malens/verstandt der Farben/Mit ge-
wisser vnterweisung/der gantzen Sculptur oder Künstlicher Bildung/ein yedes ding aus
gewissem grund in rechter Proportion vnd Simmetria/artlichen vñ gerecht zu Formieren
vnd Bilden/durch Schnitzen/Hawen/Graben/Etzen/Stechen/Abformen/Possieren/
Abgiessen vñ Abtrucken/in aller Handt Zeug/als Holtz/Stein/Marbel/Metal/Helffen
bein/Gyps/Wax/Gießsandt/vñ dergleichen. Mit sonderlicher abtheilung/der
rechten proportion vnnd Simmetria Menschlichs Cörpers/vnd was
weiter zu der Kunst der Perspectiua erfordert werden mag/alles
mit schönen Figuren fur augen gestellet.

Weiteren inhalt des II. vnd III. Buchs der Geometrischen Büxenmei-
sterey/vnd Geometrischen Messung/sampt den kurtzen Summarien/
des gantzen begriffs/der selbigen vnterschidnen theil/findestu
hernach nechst der Vorred verzeichnet.

Allen Künstlichen Handwerckern/Werckmeistern/Steinmetzen/Bawmeistern/Zeug oder Büxenmeiste
rn/Maleren/Bildhaweren/Goltschmiden/Schreineren/vnd was sich des Zirckels vnd Richtscheidts
künstlichen gebraucht/zu sonderlichem nutz vnd vilfeltigem vortheil in Truck verordnet/Durch

Gualtherum H. Riuium Medi. & Math.

Dermassen klar vnd verstendlich/bißher im Truck noch nit außgangen/oder gesehen worden.

Zu Nürnberg Truckts Johan Petreius. Anno 1547.

Mit Keiserlicher vnd Küniglicher Maiest. Priuilegio/in vj.
Jaren nit nach zu Trucken.

Bild 2

Das ander buch/der klaren vnd
verstendlichen vnterrichtung / der fürnembsten
notwendigsten/der gantzen Architectur angehörigen
Mathematischen/vnd Mechanischen künst.
Der

Geometrischen Bürenmeisterey.

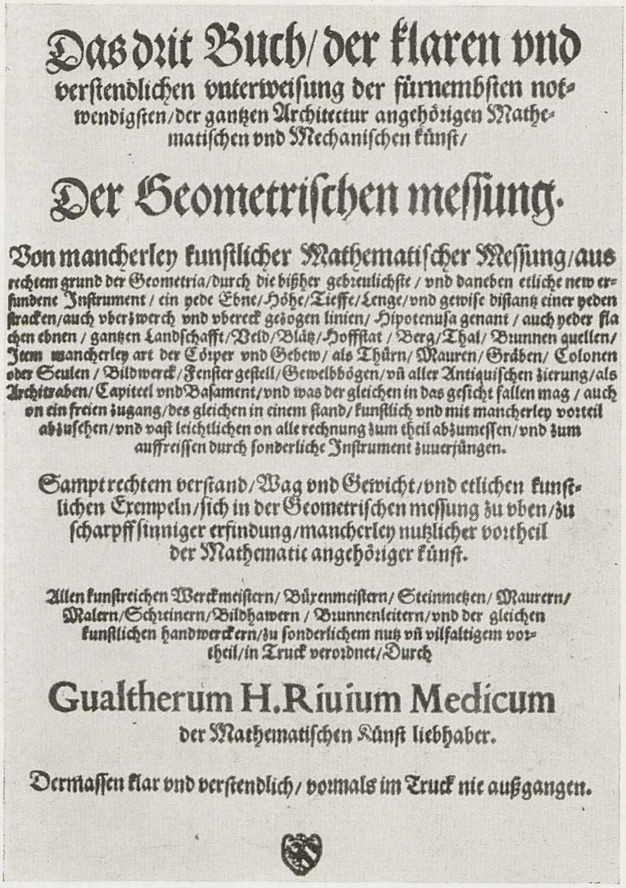
Von rechtem grund vnd fundament der bewegung gleichlich
schwerer Cörper/als der Büxen Kugel kleiner vñ grosser Ror/ vnd Mörser/daraus die selbi
gen durch new erfundene Instrument der Quadranten künstlich vñ gewiß zu richten/nit al
lein Kuglē vnd mancherley Fewrwerck zuschiessen/sonder auch eins yeden Geschutzes art/ey
genschafft/stercke/vnd gewalt des tribs auff yede richtung grundliche vrsach zufindē/durch
mancherley vñterschiedliche ladung/der Eisen/Pleyen vñ Steinen kugeln/ vñ der selbigen
gewiß proportion/der grösse vñ schwere/sampt jren gebürlichen ladungen / durch den kunst
lichen Visierstab des grossen Geschutzes zuersuchē. Mit kurtzer vnterrichtung/ wie sich mit
dem Geschutz vñ gantzen Artelarey zu halten im Zeughauß/ehrlichē Veldzügen vñ Besatz
ungen/mit erklerung der namen/zal/lenge/grösse vnd rechter proportion/ mancherley stuck
Büxen/vñ der selbigen zugehör vñ Mundicey/Mit weiterem bericht der Grundlegung/Er
bawung/vnd Befestigung der Stet/Schlösser/vñ Flecken/sampt der rechten maß vñ
proportion aller Gebew/so für den gewalt des Geschutzes vnd dem feindtlichen
betrang erbawen werden mögen/von Mauren/Thürn/ Gräben/ Schan
tzen / Wael / Pasteyen/Bolwerck/Rondel/Zwinger / Statporten/
vñ der gleichen. Wie man auch zu Veldt/oder auff solche Wehren
schnell ein hauffen kriegsuolck/in mancherley form
der Veld vnd Schlacht ordnungen stellen mag.

Nit allein den jungen angeenden Zeugmeistern oder Bürenmeistern
vnd Schutzen/sonder allen andern kunstlichen Handwerckern vñ der
Architectur fleissigen erkundigern/fürnemlichen nutz/notwen
dig/vnd fürderlich vnd zu sonderlichem verstand des Ge
schütz vnd aller wehren/so für gewalt erbawen wer-
den/in Truck verordnet durch

Gualtherum H. Riuium Medi. & Math.

Des gleichen in Teutscher sprach noch nit gelesen
oder gesehen worden.

Bild 3



Das drit Buch/der klaren vnd verstendlichen vnterweisung der fürnembsten notwendigsten/der gantzen Architectur angehörigen Mathematischen vnd Mechanischen künst/

Der Geometrischen messung.

Von mancherley kunstlicher Mathematischer Messung/aus rechtem grund der Geometria/durch die bißher gebreulichste/vnd daneben etliche new erfundene Instrument/ein yede Ebne/Höhe/Tieffe/Lenge/vnd gewise distantz einer yeden stracken/auch vberzwerch vnd vbereck gezogen linien/Hipotenusa genant/auch yeder flachen ebnen/gantzen Landschafft/Veld/Blätz/Hoffstat/Berg/Thal/Brunnen quellen/Item mancherley art der Cörper vnd Gebew/als Thürn/Mauren/Gräben/Colonen oder Seulen/Bildwerck/Fenster gestell/Gewelbbögen/vñ aller Antiquischen zierung/als Architraben/Capitel vnd Basament/vnd was der gleichen in das gesicht fallen mag/auch on ein freien zugang/des gleichen in einem stand/kunstlich vnd mit mancherley vorteil abzusehen/vnd vast leichtlichen on alle rechnung zum theil abzumessen/vnd zum auffreissen durch sonderliche Instrument zuuerjüngen.

Sampt rechtem verstand/Wag vnd Gewicht/vnd etlichen kunstlichen Exempeln/sich in der Geometrischen messung zu vben/zu scharpff sinniger erfindung/mancherley nutzlicher vortheil der Mathematic angehöriger künst.

Allen kunstreichen Werckmeistern/Bürenmeistern/Steinmetzen/Maurern/Malern/Schreinern/Bildhawern/Brunnenleitern/vnd der gleichen kunstlichen handwerckern/zu sonderlichem nutz vñ vilfaltigem vortheil/in Truck verordnet/Durch

Gualtherum H. Riuium Medicum
der Mathematischen Künst liebhaber.

Dermassen klar vnd verstendlich/vormals im Truck nie außgangen.

Bild 4

waren, der Öffentlichkeit in deutscher Sprache zugänglich gemacht. Folgende Autoren und Werke sind zu nennen:

Finaeus (Oronce Finée): Protomathesis, Paris 1532

Tartaglia, N.: Nuova scienza, Venedig 1537 — Quesiti ed invenzioni diverse, Venedig 1546

Frisius, G.: De radio astronomico et geometrico, Antwerpen 1545.

Für die Geschichte der Feldmeßkunst des 16. Jahrhunderts ist das III. Buch, die „Geometrische Messung", besonders wichtig. Rivius bringt hier eine Zusammenstellung der im 16. Jahrhundert bis zur Zeit der Entstehung von Schißlers „Quadratum" verwendeten Feldmeßinstrumente. Die dem Werk beigegebenen Holzschnitte zeigen die geometrischen Figuren, die zur Erläuterung der geschilderten Meßverfahren dienen, stets im Rahmen einer künstlerisch ausgeführten Landschaft (vgl. Bild 28).

In Bild 5 wird die Titelrückseite der „Geometrischen Messung" wiedergegeben. Wir finden hierauf die von Rivius besprochenen Feldmeßinstrumente zusammengestellt, mit Ausnahme des Theodoliten, den Bild 6 zeigt. Es handelt sich um folgende Instrumente (oben links beginnend): Quadratum geometricum oder Geometrisches Quadrat (von Rivius „Meßramen" genannt) für Streckenmessungen; Quadrant für Winkelmessungen (mit Geometrischem Quadrat); 2 Stäbe, die zu einem Jakobstab [20] zusammengesteckt werden: Längsstab mit ungleichmäßiger Teilung (Gradteilung) und gleichmäßiger Teilung, senkrecht dazu verschiebbar der kürzere Querstab mit gleichmäßiger Teilung (für Winkel- und Streckenmessungen); Geometrisches Quadrat mit verlängerten Seiten, für Entfernungsmessungen beim Richten von Geschützen gebraucht; Verbindungshülse für die Stäbe des Jakobstabes (daneben ein Lochvisier für den Jakobstab); darüber ein einfacher Quadrant zum Richten von Geschützen (Einstellung der Rohrneigung); 2 Spiegel (für Höhenmessungen); darunter ein Teil des Jakobstabes (Querstab) mit Visieren; Astrolabium [19], vor allem für astronomische Bestimmungen und Winkelmessungen (mit Geometrischen Quadraten); Bussoleninstrument für Winkelmessungen; Bleilot; Meßstab; unten: Winkelhaken (Winkel von 90°) und ein einfacher Jakobstab mit gleichmäßiger Teilung für Streckenmessungen (Längs- und Querstab zusammengesteckt).

Besondere Hervorhebung verdient der von Rivius in der „Geometrischen Messung" abgebildete Theodolit (Bild 6), den er „New erfunden instrument" nennt (Geometrische Messung, fol. XXXVII). Es handelt sich tatsächlich um einen einfachen Theodoliten, ein Instrument, mit dem Horizontal- und Vertikalwinkelmessungen durchgeführt werden können.

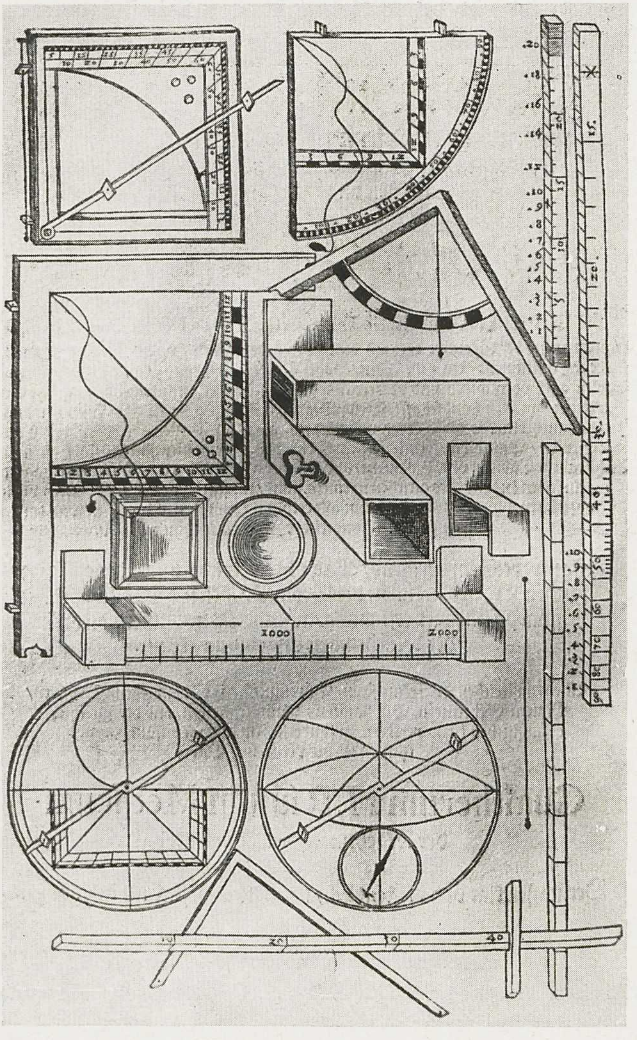


Bild 5
Feldmeßinstrumente des 16. Jahrhunderts
(Rivius, Perspectiva III. Buch: „Geometrische Messung“)

Die im Bild dargestellte Scheibe kann um eine waagerechte, nicht sichtbare Achse gedreht werden (aus der Bildebene nach hinten bzw. vorn), desgleichen um eine senkrechte Achse (Säule mit Fuß). Die Drehwinkel kann man an Gradskalen ablesen. Es ist ein im Mittelpunkt der Scheibe befestigtes Ziellineal (Al-idade *AB* [15]) vorhanden, außerdem ein zweites, freibewegliches Ziellineal *CD* [16].

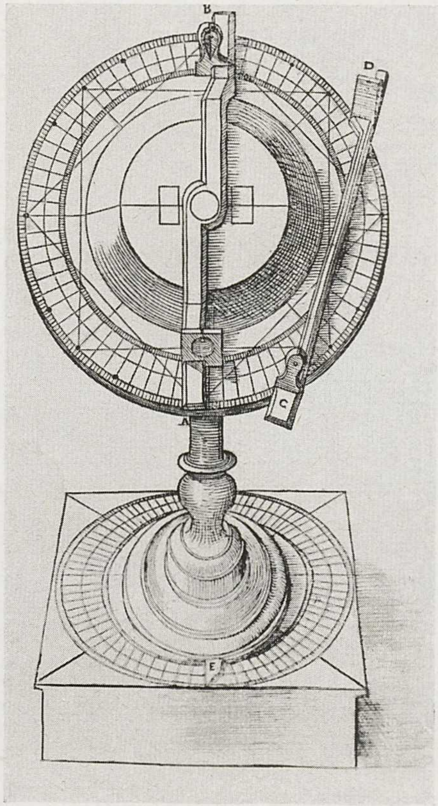


Bild 6
„New erfunden instrument“ — Theodolit
(Rivius, Perspectiva III. Buch: „Geometrische Messung“)

[15] Nach dem Arabischen: al'idâde. Man findet auch oft die Schreibform „Alhidade“; vgl. C. Schoy in Mitt. Gesch. Med. Naturwiss. **16** (1917) S. 127f.

[16] Kiely, E. R., führt in seinem Werk (Surveying Instruments, New York 1947) auch das Instrument des Rivius an (Abb. 109, S. 188; Text S. 190). Er verkennt freilich die Beweglichkeit der im Bild dargestellten Scheibe und nimmt an, daß es sich um eine feststehende Vertikalscheibe handelt; dadurch erhält für ihn das Instrument einen anderen Charakter.

Die „Dioptra" des Heron (um 100 v. d. Z.), das erste Theodolit-Instrument der Welt (Abbildung bei Schöne, E., Herons von Alexandria Vermessungslehre und Dioptra, Leipzig 1903, und Kiely [16], S. 35) ist in diesem „New erfunden instrument" nach jahrhundertelanger Vergessenheit wieder als Feldmeßinstrument erstanden; das Instrument des Rivius ist in konstruktiver Hinsicht grundsätzlich dieser „Dioptra" nachgebildet [17]. Letzteres gilt freilich nicht für das „Polimetrum" von M. Waldseemüller (Bild 7), da hier die auf dem vertikalen Halbkreis befestigte horizontale Kreisscheibe fehlt; trotzdem ist dieses Instrument nach heutiger Kenntnis als das früheste europäische Instrument (1512) vom Typus eines Theodoliten (nach der Heronischen „Dioptra") zu bezeichnen (Abbildung des „Polimetrum" in der Abhandlung Waldseemüllers über „Architektur und Perspektive" in der „Margarita Philosophica" von G. Reisch, Straßburg 1512, weiterhin bei Kiely [16], S. 109, und in „The Geographical Journal", Vol. 71, 1928, S. 477: Taylor, E.G.R., A Regional Map of the Early Sixteenth Century).

Der Anspruch des „Theodelitus" von Digges aus dem Jahre 1571, das erste Instrument dieser Art nach der „Dioptra" des Heron zu sein [18], besteht damit nicht mehr zu Recht; an seine Stelle treten das „Polimetrum" Waldseemüllers und das „New erfunden instrument" von Rivius. Der Name „Theodolit" bleibt natürlich mit dem Instrument von Digges weiterhin verknüpft.

Ob das „New erfunden instrument" eine eigene Arbeit von Rivius ist, läßt sich nicht sagen, ist jedoch sehr zu bezweifeln; eine Quelle, der er es entnommen hat, konnte aber bis jetzt noch nicht festgestellt werden.

Die mit den von Rivius angeführten Instrumenten durchzuführenden Feldmeßarbeiten sind entweder Winkel- oder Streckenmessungen. Für Horizontal- bzw. Vertikalwinkelmessungen im Gradmaß dienten: Quadrant,

---

[17] Laska [Z. Vermess.-Wes. **23** (1894) S. 405] wurde durch Kästner ([4] **2**, S. 191) auf dieses „New erfunden instrument" aufmerksam. Da Kästner das Instrument ohne Bildwiedergabe mit wenig Worten beschreibt und Laska die Rivius-Ausgaben nicht zugänglich waren, konnte bisher eine einwandfreie Beurteilung und Kennzeichnung dieses „neu erfundenen Instrumentes" nicht vorgenommen werden. Dies wurde nun nach Auffindung des Bildes in der „Perspectiva" von 1547 möglich.

[18] Gunther, R. T. [3a], S. 366: „The first undoubted theodolite was constructed by Leonard Digges, several years, before it was described in detail by his son Thomas in 1571." — Es ist noch zu bemerken, daß das eigentliche Theodolit-Instrument von Digges „Instrument topographicall'" genannt wurde. Die Teilkreisscheibe, die er als einzelnes Instrument verwendet, bezeichnet er als „Theodelitus". Dieser Name ist auf das ganze Instrument übertragen worden. Vgl. Gunther, R. T.: The astrolabe, its uses and derivatives (Scott geogr. Mag. Edinburgh **1927**, S. 143 bis 145).

Bussole, Astrolabium [19], Jakobstab [20], Theodolit. Bei den Streckenmessungen sind folgende Fälle zu unterscheiden:

1. Beide Endpunkte der auszumessenden Strecke sind zugänglich; es handelt sich also um unmittelbare Streckenmessungen. Hierfür dienten Meßstab oder Meßlatte, Meßkette, Meßseil;

2. ein Endpunkt der Strecke ist unzugänglich: mittelbare Streckenmessungen;

3. beide Endpunkte sind unzugänglich. Dieser Fall gehört mit zu den mittelbaren Streckenmessungen; man mußte zur Lösung dieser Aufgaben zwei Messungen durchführen bzw. von zwei Standorten aus messen (vgl. S. 36).

Bis gegen Ende des 16. Jahrhunderts wurde zur Durchführung mittelbarer Streckenmessungen der Jakobstab [21] (in einfachen Fällen auch ein Spiegel, Winkelhaken oder Meßdreieck), vor allem aber das ,,Quadratum geometricum" gebraucht [22]. Das Quadratum ist das wichtigste Instrument zur mittelbaren Streckenmessung, d. h., zur Ausmessung von Entfernungen, der Höhe von Gebäuden und dgl.; man findet bei Erwähnung des Namens Quadratum im Schrifttum bisweilen die nicht erschöpfende Erklärung: Distanzmesser. Dieses Meßinstrument erreicht im 16. Jahrhundert in dem ,,Quadratum" von Schißler seine größte Vollkommenheit.

Im folgenden wird das ,,Quadratum geometricum" kurz Meßquadrat genannt; dieser Name wurde bisher dem Quadratum noch nicht gegeben; er empfiehlt sich, weil die Bezeichnung ,,Meßdreieck" für ein sehr altes Instrument zur mittelbaren Streckenmessung, das dem Quadratum — wie unten (II) gezeigt wird — zugrunde liegt, im Schrifttum eingeführt ist.

---

[19] Das Astrolabium (= Sternfasser) wurde vor allem für astronomische Messungen gebaut, konnte aber auch bei Feldmeßarbeiten als Winkelmeßinstrument verwendet werden.

[20] Der Jakobstab (baculus astronomicus = astronomischer Stab) wurde vor allem viel bei astronomischen Winkelmessungen gebraucht (Seefahrer); die zu messenden Winkel mußten nach der Ablesung aus Tafeln entnommen werden, wenn das Instrument nicht eine nach Grad geeichte Skala auf dem Längsstab besaß (vgl. Bild 5 oben rechts).

[21] Bei Streckenmessungen mit dem Jakobstab war die gleichmäßige Teilung des Längs- und Querstabes zu verwenden. Die Bilder 27 und 28 zeigen dasselbe Vermessungsbeispiel, wobei die Meßtechnik erkenntlich ist. Es wird die Mauerbreite *FG* von zwei Standorten *I*, *H* aus gemessen.

[22] In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts tauchen ,,Triangulationsinstrumente" (Instrumente mit 3 Linealen zur Ausmessung von Dreiecken) auf; sie haben aber keine große Verbreitung gefunden (vgl. Schmidt [24] S. 367ff.). Beispiele: N. Rensbergers ,,Triangel" (Rensberger, Geometria. Augsburg 1568) und Ph. Danfries ,,Graphomètre" bzw. ,,Trigomètre" (Danfrie, Déclaration de l'usage du graphomètre. Paris 1597). Vgl. auch [91].

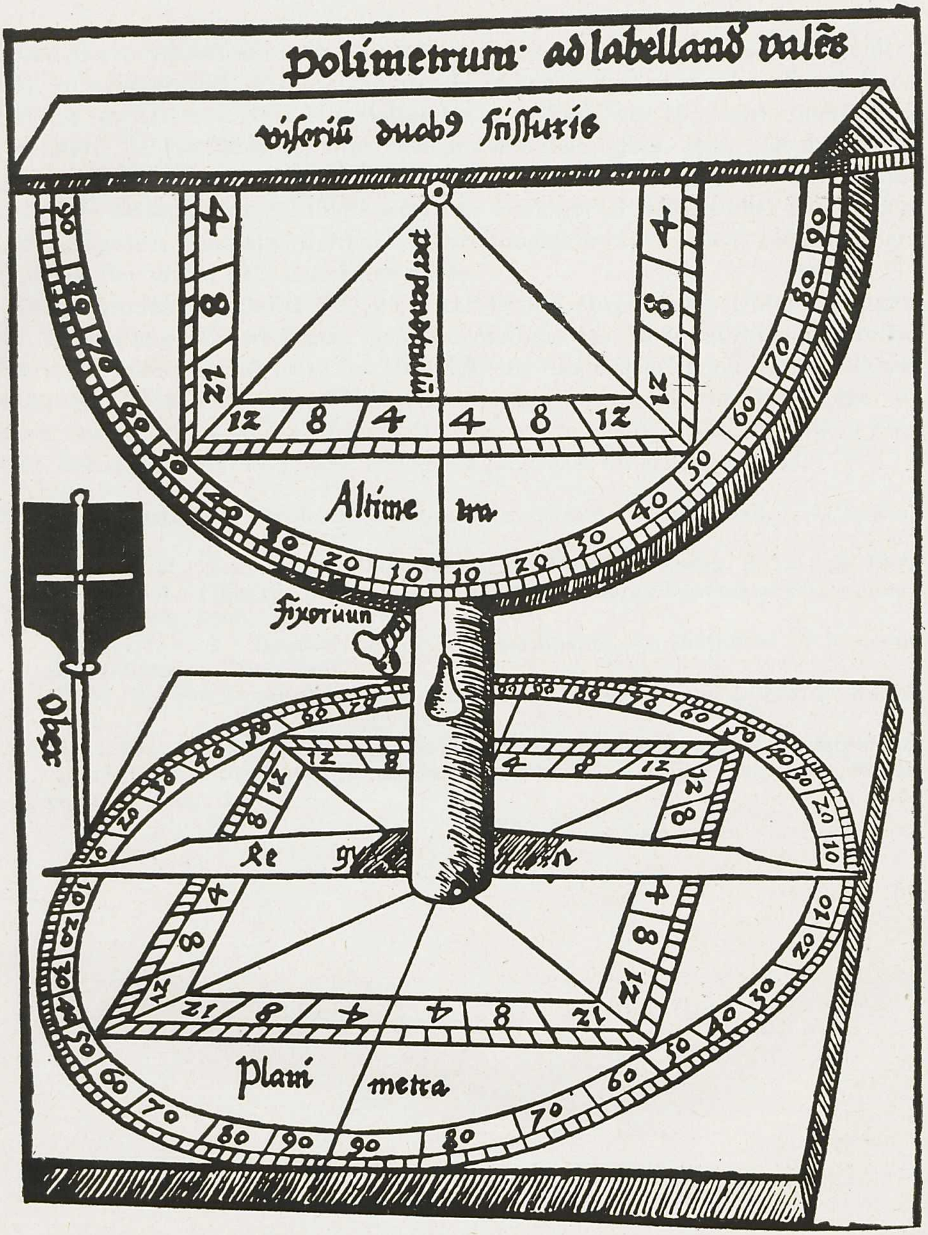


Bild 7
Das „Polimetrum“ von Waldseemüller
aus dem Jahre 1512 — Theodolit

Das ältere Schrifttum enthält nur vereinzelte Angaben über das Meßquadrat [23]. In neuerer Zeit berichtet Schmidt in seiner systematischen Darstellung [24] der im Altertum und Mittelalter bis zum Ende des 16. Jahrhunderts verwendeten Feldmeßinstrumente zusammenfassend über das ,,Geometrische Quadrat" und seine Anwendung mit Literaturangaben (S. 241—249 und 307 bis 322). Das Meßquadrat Schißlers wird nur erwähnt (S. 249), wobei zwei fehlerhafte Angaben gemacht werden (Herstellungsjahr 1570 statt 1569 und ein Hinweis, der unten [91] berichtigt wird).

Im folgenden Abschnitt (II) wird auf Grund eingehender Untersuchungen die Entstehung, Entwicklung und Anwendung des Meßquadrates in großen Zügen geschildert, und zwar im Hinblick auf das anschließend darzustellende Meßquadrat Schißlers. Es soll dadurch erreicht werden, daß die Grundzüge, die dieses Instrument mit den übrigen Meßquadraten gemein hat, vor allem aber seine Besonderheiten und seine Einzigartigkeit klar zu erkennen sind.

---

[23] Braunmühl, A.: Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie, 1. Leipzig 1900.
Cantor, M.: Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, 2. Leipzig 1900.
Curtze, M.: Über die im Mittelalter zur Feldmessung benutzten Instrumente (Bibl. math. 1896, S. 65—72).
Laussedat, A.: Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographique. Paris 1898.
Wolf, R.: Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur. Zürich 1890.

[24] Schmidt, F.: Geschichte der geodätischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter. Neustadt (Haardt) 1935 (Veröff. Pfälz. Ges. z. Förderung d. Wiss., 24).

II. ENTSTEHUNG, ENTWICKLUNG UND ANWENDUNG DES „QUADRATUM GEOMETRICUM“ ODER MESSQUADRATES

1. *Entstehung und Entwicklung des Meßquadrates*

In der Mathematik des Altertums und vor allem des Mittelalters gehören die Lehre von den Proportionen und von der Ähnlichkeit der Dreiecke zu den wichtigsten Hilfsmitteln für Berechnungen auf Grund geometrischer Zusammenhänge. Das gilt in besonderem Maße für die Verfahren der mittelbaren Strekcenmessungen. Schon die Ausmessung einer Höhe h mit dem einfachsten Meßinstrument, dem Meßstab [25], läßt dies erkennen (Bild 8); der Höhenfußpunkt F ist zugänglich, es kann also eine Strecke s ($= FO$) ausgemessen werden.

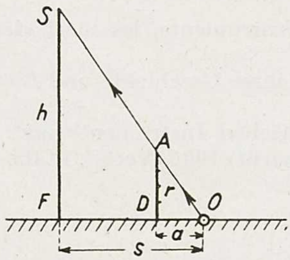


Bild 8

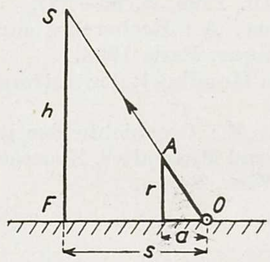


Bild 9

Der ausgeteilte Meßstab r wird senkrecht aufgestellt und nun der Ort O gesucht, von dem aus S über A eingezielt werden kann. Die ähnlichen Dreiecke SFO und ADO ergeben die Proportion $h : s = r : a$, aus der sich bei Kenntnis von s, a, r die Höhe h errechnen läßt: $h = \frac{s \cdot r}{a}$.

Neben dem Meßstab findet bei obiger Höhenmessung auch der Winkelhaken (vgl. Bild 5 unten unter dem Jakobstab), vor allem aber das schon von den römischen Feldmessern (Agrimensoren) [26] bevorzugte Meßdreieck Verwendung. Der Gebrauch entspricht ganz dem des Meßstabes (Bild 9); der

---

[25] Thales von Milet benutzte um 550 v. d. Z. diesen Meßstab zur Höhenmessung (Cantor [23] **1**, S. 144/45).

[26] Cantor [23] **1**, S. 438 und „Die römischen Agrimensoren“ (Leipzig 1875) S. 112.

Feldmesser konnte wegen der Starrheit des rechtwinkligen Dreiecks, dessen Katheten nur **ein** Verhältnis $r : a$ lieferten, nicht von einem beliebigen Ort der Waagerechten aus messen, sondern mußte so lange hin- und hergehen, bis er, von O aus längs der Hypotenuse AO zielend, S einvisiert hatte. Die Berechnung von h entspricht der bei Messung mit dem Meßstab.

Der Gedanke lag nahe, dieses starre rechtwinklige Dreieck beweglich zu machen (Bild 10), so daß man von einem beliebigen Ort aus messen konnte, ohne hin- und hergehen zu müssen. Durch eine um A drehbare ,,Ziel-Hypotenuse" (Al-idade) war dies zu erreichen; man konnte dann an der ausgeteilten Kathete CD, über die die Al-idade spielte, $a = DO$ ablesen und danach h berechnen.

In dem chinesischen Werk ,,Seeinsel" (3. Jahrhundert n. d. Z.) [27] werden 9 Vermessungsaufgaben behandelt; ein Instrument dieser Art ist hierbei verwendet worden.

Von dem Meßdreieck mit Al-idade ist es nun nur noch ein Schritt zu einem Instrument, das wir auf Grund dieses Zusammenhanges am besten mit **Meßquadrat** bezeichnen (Bild 11); es ist bisher unter dem Namen ,,Quadratum geometricum" [28] bekannt.

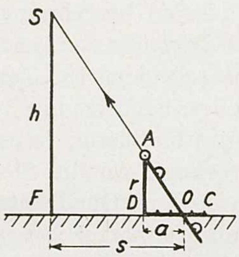


Bild 10

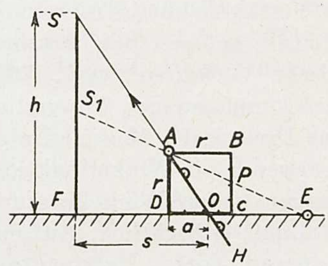


Bild 11

Dieses Instrument, ein Quadrat $ABCD$ in Gestalt einer Tafel oder eines aus 4 Stäben bestehenden Rahmens, besitzt 2 ausgeteilte Seiten BC und CD, über die die in A drehbar befestigte Al-idade AH spielen kann; die Zählung der Teilungen beginnt in B bzw. D. — Bild 11 zeigt eine Vermessung mit dem Meßquadrat, die genauso verläuft wie die entsprechende Messung mit dem Meßdreieck (Al-idade AH schneidet CD in O; $\triangle SFO \sim \triangle ADO$).

Die ausgeteilte Seite BC findet dann Verwendung, wenn $h < s$; dann schneidet die Al-idade diese Seite. In diesem Fall (Bild 11: $h = FS_1$, $s = EF$, $BP = a$, $AB = r$) wird durch die Al-idade das Dreieck ABP vom Quadrat abgeschnitten.

[27] Van **Hee**: La classique de l'île maritime. Quellen u. Studien Gesch. Math., Astr. u. Physik, Studien 2 (1932) S. 255.

[28] Zum Namen ,,Quadratum geometricum" vgl. Schmidt [24] S. 245.

Es ist nun $\triangle\ ABP \sim \triangle\ EFS_1$. Also ergibt sich $FS_1 = \frac{EF \cdot BP}{AB}$ oder $h = \frac{s \cdot a}{r}$. Die beiden Skalen machen es also möglich, mit dem Meßquadrat von einem beliebigen Standort aus rechtwinklige Dreiecke, bei denen $h \lesseqgtr s$ ist, auszumessen.

Wir haben den Zusammenhang des Meßquadrates mit einfacheren Meßgeräten erkannt. Das mathematische Prinzip, das stets dem Arbeiten mit dem Meßquadrat bei mittelbaren Streckenmessungen zugrunde liegt, läßt sich wie folgt formulieren: In jedem Fall muß die gesuchte Strecke Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks sein; die Länge der anderen Kathete ist ausmeßbar, also bekannt. Zielt man mit der Al-idade des Meßquadrates einen Eckpunkt dieses rechtwinkligen Dreiecks ein, so bildet die Zielgerade dessen Hypotenuse. Die Al-idade schneidet in der betreffenden Zielstellung vom Meßquadrat ein rechtwinkliges Dreieck ab, das dem auszumessenden Dreieck ähnlich ist. Da nun vom auszumessenden Dreieck eine Kathete und vom ähnlichen Dreieck auf dem Meßquadrat beide Katheten der Länge nach bekannt sind, so läßt sich mit Hilfe einer Proportion die noch unbekannte Kathete, d. h. die gesuchte Strecke, als 4. Proportionale berechnen.

Bei diesem Verfahren der Streckenmessung bzw. -berechnung, dem „Meßquadratverfahren“, müssen also 2 (ähnliche) Dreiecke vorhanden sein. Das „trigonometrische Verfahren“ (vgl. [73]), das seit dem 18. Jahrhundert für mittelbare Streckenmessungen Anwendung findet, benötigt nur 1 Dreieck; das 2. Dreieck, das Dreieck des Meßquadrates, wird überflüssig, da es im Einheitsdreieck der verwendeten Winkelfunktionen vorliegt. An die Stelle von Meßquadratmessungen treten Winkelmessungen mit dem Quadranten. Das Meßquadrat wird damit entbehrlich. Auf ein „halbtrigonometrisches Verfahren“, das den Übergang vom „Meßquadratverfahren“ zum „trigonometrischen Verfahren“ darstellt, wird unten (S. 79) eingegangen.

Der Zusammenhang des Meßquadrates mit einfacheren Meßgeräten führt zu der Vermutung, daß es früh, vielleicht schon zur Zeit der Agrimensoren (1.—5. Jahrhundert n. d. Z.), entstanden ist und gebraucht wurde. Das scheint aber nicht der Fall gewesen zu sein; es wurde uns jedenfalls nichts überliefert, was dafür spricht. Das Instrument muß vielmehr erst um 900 den Arabern bekannt gewesen sein, aber auch da nicht in der Form des selbständigen Meßquadrates, sondern in Verbindung mit dem Astrolabium. Das Astrolabium des arabischen Gelehrten Al-Zarkâlî (Arzachel, um 1080) [29] ist ein Beispiel hierfür (Bild 16). Wäre das Meßquadrat, aus dem Meßdreieck heraus entwickelt, dem Astrolabium beigefügt worden, so hätte man es sicher schon einmal vorher als selbständiges Instrument angetroffen. Das Meßquadrat wurde ursprünglich nicht zu Zwecken der Feldmessung in das Astrolabium hineingearbeitet, es

---

[29] Braunmühl [23] S. 80.

verdankt vielmehr seine Entstehung den trigonometrisch-astronomischen Arbeiten der Araber. Dafür sprechen die auf jedem Meßquadrat wiederkehrende 12- bzw. 60-Teilung der Seiten und die Bezeichnungen dieser ausgeteilten Quadratseiten mit „rechter" bzw. „verkehrter Schatten" (umbra recta bzw. umbra versa) [30].

Die bedeutendste mathematische Leistung der Araber ist die von ihnen begründete Schattenlehre. Sie hatten sich die Aufgabe gestellt, die Erhebungswinkel der Sonne, also die Sonnenhöhen, durch die Länge der Schatten, die ein senkrecht stehender Stab (Schattenstab oder Gnomon) wirft, zu messen. Lange vor ihnen dienten schon Schattenlängen, also Strecken, zur Zeitmessung. Hipparch (um 150 v. d. Z.) hatte als erster gelehrt, Winkel durch Strecken zu messen (Bild 12). Die Sehne BD mißt den Winkel 2α; später wählte man nur den halben Sehnenwinkel α. Um ihn zu messen, verwendete man nun die halbe Sehne BE und drückte sie in Teilen des Radius r (der 12- bzw. 60fach unterteilt war) aus. Mit den Halbsehnen hatte man die Sinusstrecken gewonnen ($\sin \alpha = BE : r$, d. h. für $r = 1$ ist $BE = \sin \alpha$). In Sinustafeln wurden Winkel und zugehörige Längen der Sinusstrecken zusammengestellt. Der Gedanke lag nahe, die verschiedenen Erhebungswinkel der Sonne durch Schattenstrecken auszudrücken, d. h. den von Grad zu Grad fortschreitenden Sonnenhöhen die Schattenstrecken zuzuordnen, also Schattentafeln aufzustellen [31]. Man hatte ein Verfahren der Zeitmessung damit der Winkelmessung dienstbar gemacht.

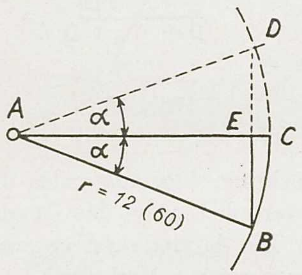


Bild 12

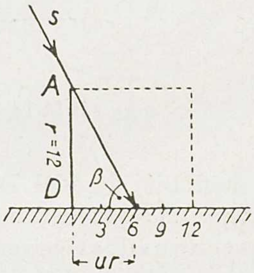


Bild 13

Al-Battânî (um 900) zerlegte den schattenwerfenden Stab $AD = r$ (Bild 13), entsprechend der Einteilung der alten indischen Gnomone in 12 Finger (5fach unterteilt), in 12 bzw. 60 Teile und drückte die Schattenlänge in diesen Teilen aus. Im gezeichneten Beispiel gehört also zum Winkel β des Sonnenstrahls s die Schattenstrecke oder Schattenlänge 6, d. h. die „Schattenzahl" ist 6.

[30] Die Bezeichnungen „latus rectum" und „latus versum" (d. h. rechte bzw. verkehrte Seite) sind auch gebräuchlich.

[31] Schoy, C.: Über den Gnomonschatten und die Schattentafeln der arabischen Astronomie. Hannover 1923.

Da man bei Winkeln unter 45° größere Schatten als die Länge des ganzen Stabes erhält, dies aber vermeiden wollte, führte man eine 2. Schattenlinie und damit 2. Schattenart ein (Abûl-Wafâ um 950), indem man den Schattenstab nach Bild 14, also waagerecht liegend, anordnete. Die Namen dieser beiden Schatten sind durch die Übersetzung der arabischen Werke in die lateinische Sprache in dieser Form bekannt geworden: Der 1. Schatten oder „rechte (richtige) Schatten" = umbra recta (hier abgekürzt: *ur*) — dieser Schatten erhält im 16. Jahrhundert den Namen „Cotangens" [32] (Bild 13: *ur* ist Ankathete von β; für $r = 1$ ist $\operatorname{ctg} \beta = ur$) — und der 2. Schatten oder „umgekehrte (verkehrte) Schatten" = umbra versa (*uv*); er wird zum „Tangens" (Bild 14: *uv* ist Gegenkathete von β; für $r = 1$ ist $\operatorname{tg} \beta = uv$).

Die Schattentafeln enthielten nun für die von Grad zu Grad fortschreitenden Winkel die zugehörigen Schattenzahlen; in diesen Schattentafeln der Araber besitzen wir die ersten tg- bzw. ctg-Tafeln.

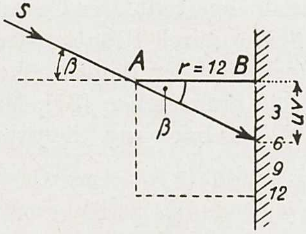


Bild 14

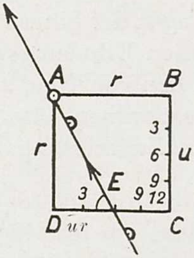


Bild 15

Bringt man Bild 13 und Bild 14 zur Deckung, fügt man also die beiden Schattenstäbe (r) senkrecht aneinander und vervollständigt das Quadrat, so ist das Schattenquadrat gewonnen (Bild 15). Die Al-idade AE entspricht jetzt dem Sonnenstrahl. Die bekannte und weitverbreitete Meßscheibe des Astrolabiums lieferte in ihren beiden Hauptachsen (Bild 16, AB, CD) sofort die aufeinander senkrecht stehenden Schattenstäbe. Auf diese Weise entstanden die 4 Schattenquadrate auf dem Astrolabium; später wurden 2 Quadrate weggelassen (vgl. Bild 5 unten). Die Schattenquadrate der Astrolabien fanden nun

[32] Finck, Th.: Geometria rotundi. Basel 1583. — Es ist hier noch zu bemerken, daß man ursprünglich bei der Verwendung der Begriffe Sinus und Schatten (tg, ctg) mit den betreffenden Strecken (Sinusstrecke, Schattenstrecke) arbeitete, aber nicht — wie wir heute — unter den trigonometrischen Funktionen sin, tg, ctg Streckenverhältnisse verstand. S. Klügel definiert erstmalig die trigonometrischen Funktionen als Verhältnisse der Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks (Analytische Trigonometrie. Braunschweig 1770).

bei astronomischen Winkelmessungen Verwendung, indem man nach der Ablesung der Schattenzahl den Winkel einer Schattentafel entnahm; Zeitmessungen waren mit Hilfe der abgelesenen Schattenstrecken ebenfalls durchführbar.

Man erkannte aber auch, daß mit den Schattenquadraten des Astrolabiums die Möglichkeit gewonnen war, Strecken so zu messen, wie man es bisher mit Hilfe des Meßstabes oder Meßdreiecks getan hatte. Das Schattenquadrat des Astronomen wurde damit zum Meßquadrat des Feldmessers. Die von den Schattenquadraten übernommene 12- bzw. 60-Teilung der Quadratseiten und ihre Bezeichnung (*ur*, *uv*) blieben diesen Meßquadraten bis in das 16. Jahrhundert erhalten.

Zusammenfassung: Das Meßquadrat verdankt den trigonometrisch-astronomischen Arbeiten der Araber seine Entstehung (um 900). Es wurde von ihnen zuerst als Schattenquadrat auf dem Astrolabium konstruiert und läßt sich

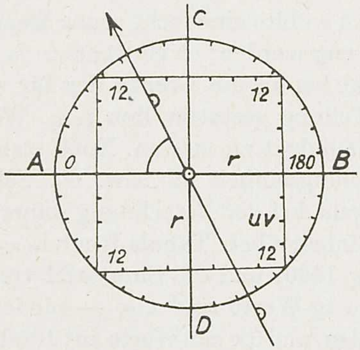


Bild 16

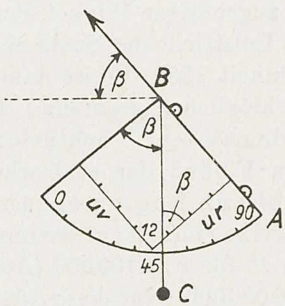


Bild 17

in dieser Form als Instrument zur Zeit- bzw. Winkelmessung auf den Schattenstab oder Gnomon, als Instrument zur 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 das Meß- bzw. Schattenquadrat kennengelernt. Hier entwickelte es sich nun weiter, und zwar als selbständiges Instrument, d. h. abgelöst vom Astrolabium [33], mit diesem vereinigt oder als ein Stück von ihm in der Gestalt des Quadranten mit dem Meßquadrat (Bild 17). Es diente in der Astronomie als Winkelmeßinstrument und als Gnomon zur Zeitmessung, in der Feldmeßkunst wurde es lediglich zur Streckenmessung benutzt.

[33] Als selbständiges Instrument kommt das Meßquadrat erstmalig in Gerberts „Geometria" (um 1000) vor (Schmidt [24] S. 245).

Diese Hervorhebung ist besonders wichtig, weil man immer wieder falsche bzw. ungenaue Angaben über das Meßquadrat des Feldmessers findet [34]. Das anschließend genannte „Quadratum" von Peuerbach hat vor allem diese fehlerhaften Angaben veranlaßt, weil es das bekannteste Quadratum ist, das aber nicht zur Streckenmessung, sondern als Schattenquadrat zur astronomischen Winkelmessung gebraucht wurde. Die Tatsache, daß man fälschlich glaubt, das Arbeiten mit dem Meßquadrat des Feldmessers trigonometrisch erklären zu können (vgl. S. 69), kann ebenfalls als Begründung angeführt werden.

Das der astronomischen Winkelmessung dienende Schattenquadrat fand in dem Instrument des Georg Peuerbach [35] seine höchste Entwicklung (Abhandlung dazu 1516, d. h. 55 Jahre nach Peuerbachs Tod, in Nürnberg erschienen). Das aus Holz gefertigte Instrument, ein selbständiges Quadratum, ist schwer und groß (Seite 2 Ellen, d. h. rund 1,5 m); es war für astronomische Messungen an einem Ort bestimmt. Mit Hilfe seiner Sinustafel (Sinuswerte von 10′ zu 10′ für $r = 60\,000$) legte sich Peuerbach für sein Instrument eine Schattentafel an; sie enthält links die am Quadrat abzulesenden Schattenzahlen und rechts die zugehörigen Winkel. Peuerbach wählte eine recht große Quadratseite, damit die Teilstriche der Skala nicht zu eng wurden; er verwendete ja die große Teilungseinheit 1200. Er ist damit wohl bis an die Grenze des für seine Zeit praktisch Möglichen gegangen; diese Teilung gestattet ihm nun, Winkel mit einer für damals sehr beachtlichen Genauigkeit zu messen. Noch steht er aber unter dem Einfluß der arabischen Teilungseinheit 12 bzw. 60. Sein großer Schüler Johann Regiomontan [36] geht bei der Berechnung seiner berühmten Tafelwerke endlich zur dezimalen Einheit über: Tabula fecunda = tg-Tafel von 1° zu 1° für $r = 100\,000$ (Augsburg 1490) und die Sinustafel von 1′ zu 1′ für $r = 10\,000\,000$ (Nürnberg 1541). Die tg-Werte sind also — modern ausgedrückt — auf 100000stel, d. h. auf 5 Stellen, und die sin-Werte auf 10000000stel, d. h. auf 7 Stellen, genau berechnet.

Peter Apian weist als erster bei Besprechung des Meßquadrates in seinem „Instrument-Buch" (Ingolstadt 1533) darauf hin, daß die Seite des Quadrates in 100 oder größere dezimale Einheiten zerlegt werden soll. Er wendet sich da-

[34] Die Bemerkung Rohdes ([1] S. 63), daß „die Renaissance sich zur Feststellung der Winkel des Quadratum geometricum bediente", ist falsch im Hinblick auf das von Rohde anschließend erwähnte Meßquadrat Schißlers; falsch ist ebenso die Bemerkung Engelmanns ([1b] S. 52) in bezug auf eine geodätische Meßscheibe mit Meßquadrat von Jamnitzer, wonach das Meßquadrat zur „Prüfung der Richtigkeit der unmittelbaren Winkelmessung" verwendet wurde. Nicht richtig ist schließlich auch die Erklärung Bobingers ([2] S. 52), daß mit Schißlers Instrument „Winkel durch Angabe von Zahlen gemessen werden".

[35] Braunmühl [23] S. 116.

[36] Wolf [23] 1, S. 170/71, und Zinner, E.: Leben und Wirken des Johannes Müller von Königsberg, genannt Regiomontanus. München 1938, S. 107/110.

mit — wie Regiomontan in seinen Tafeln — von der seit Jahrhunderten überlieferten 12-Teilung ab.

Die von den Feldmessern benutzten Meßquadrate waren einfache Holz-, bisweilen auch Metallinstrumente in Form eines 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 oder befestigte es an einem Stab; zur lotrechten Einstellung wurden Bleilote benutzt. Sehr oft verwendete man Meßinstrumente, denen ein Meßquadrat beigefügt war; der MPhS besaß eine Reihe solcher Instrumente. Als Beispiel sei hier die schöne Meßscheibe von W. Jamnitzer (1578) genannt [37].

Weiter erwähnen wir die Tatsache, daß die Feldmesser des Mittelalters für Höhenmessungen das mit dem Quadranten vereinigte Meßquadrat bevorzugten, weil dieses Instrument sehr handlich war; man zielte längs der Kante AB. Bild 17 zeigt die Einzielung einer Höhe bzw. die Messung des Winkels β zur Höhe; das Lot BC gibt die Schattenzahl ur am Quadrat bzw. den Winkel (50°) an der Gradskala.

Zum Abschluß sei noch auf Skalen mit ungleichmäßiger Teilung hingewiesen, die der Verfasser auf Meßinstrumenten des MPhS vorfand, die aber noch keine Erklärung gefunden hatten [38]. Es konnte festgestellt werden, daß es sich hier um auf Kreisbogen projizierte Meßquadratteilungen handelt [39]. An der Skala war sofort der Quotient der Katheten auszumessender rechtwinkliger Dreiecke abzulesen; kannte man die eine Kathete, so war also die andere, d. h. die auszumessende Strecke, das durch den Quotienten gegebene Vielfache jener Kathete.

Auf artilleristischen Richtgeräten des 16. und 17. Jahrhunderts wurden vom Verfasser ebenfalls Kreisbogenskalen festgestellt, die durch Projektion von Meßquadratteilungen entstanden waren [40]. Wir erkennen daraus, daß man im 16. Jahrhundert versuchte, das schwierige Richtproblem mit Hilfe von Meßquadratteilungen zu lösen (wobei man sich der Erkenntnis einer parabolischen Form der Flugbahn der Geschosse näherte!). Diese Tatsache, die bisher nicht bekannt ist, kann hier nicht näher erörtert werden.

2. *Anwendung des Meßquadrates*

Die Schriften über Feldmeßkunst aus dem Mittelalter (einschließlich des 16. Jahrhunderts) unterscheiden immer wieder die Messung von Höhen, Tiefen, Längen (= Entfernung vom Standpunkt zu einem Ort) und Breiten,

---

[37] Verlorengegangen; vgl. Engelmann [1b] und [1d].

[38] Beispiel: Meßstab von W. Jamnitzer (1575); verlorengegangen.

[39] Schißler verwendet auch auf einen Quadrantbogen projizierte Meßquadratteilungen (vgl. [71]).

[40] Beispiele: Richtquadrant (in quadratischer Form) für Mörser nach P. Buchner (vermutlich von Chr. Trechsler d. Ä., 1576; Kat.-Nr.: CV 9/A 390, IV 63) und Geschützaufsatz von Chr. Trechsler d. Ä., 1622; dieser ist verlorengegangen.

bei Schißler auch ,,Weytten" genannt (= Breite eines Flusses oder Gebäudes, Entfernung von 2 fernen Ortschaften, bei Schißler: ,,Distantia der Stätt und Flecken"; vgl. S. 50).

Einige Beispiele sollen die Verfahren kennzeichnen, damit danach die neuen, von Schißler eingeschlagenen Wege verständlich werden. Zur Anwendung kommt ein Meßquadrat mit 12-Teilung.

Bei Höhenmessungen (h bzw. h_1 in Bild 18, F und der Standort der Messung in derselben Höhe) hat man die beiden Fälle zu unterscheiden: Fußpunkt F, also 1 Endpunkt der zu messenden Strecke, ist zugänglich (Messung von 1 Standort) oder nicht zugänglich (Messung von 2 Standorten).

Im 1. Fall kann bei der Einzielung von H folgendes eintreten:

1. Bild 18a: Senkungswinkel $A_1HF < 45°$, d. h. ur-Seite des Quadrates wird von der Al-idade geschnitten; es werden ur_1 ,,Punkte" abgelesen [41]. Es ist dann:

$$h_1 = \frac{12 \cdot s_1}{ur_1}.$$

2. Bild 18b: Senkungswinkel $= 45°$, es ist $h_1 = s_2$.

3. Bild 18c: Senkungswinkel $A_2HF > 45°$, d. h. uv-Seite des Quadrates wird geschnitten. Es ist $h_1 = \frac{uv \cdot s_3}{12}$.

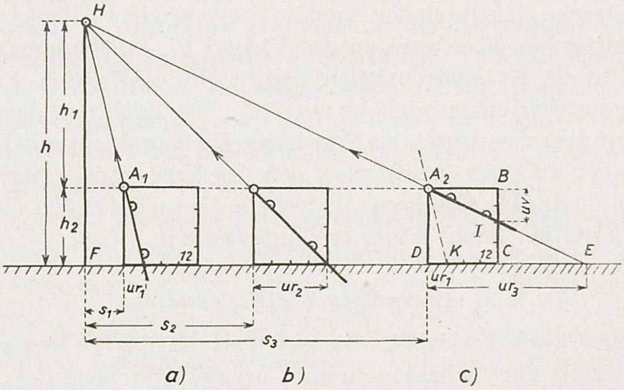


Bild 18

[41] Mathematisch gesehen werden ja auch ,,Punkte" bestimmt, nämlich die Schnittpunkte der Al-idade mit der ur- bzw. uv-Seite des Quadrates. Die Austeilung der Skalen ur und uv geschah auch praktisch tatsächlich oft dadurch, daß man nur Punkte, nicht Teilstriche, eintrug (vgl. die 1000-Punkt-Skala des Meßquadrates von Schißler: Bild 37).

Die Formeln für h_1 wurden in den Feldmeßschriften nicht angegeben, sondern der Berechnungsweg an Hand eines Beispiels geschildert; die abkürzende Formelsprache war noch nicht gebräuchlich.

Im 2. Fall ist die Messung zweimal auszuführen, d. h. man hat 2 Standorte zu wählen, von denen aus H eingezielt wird; es seien dies Bild 18 a und c. Man liest hierbei ur_1 und uv Punkte ab. Zur Berechnung von h_1 werden auch hier der Reihe nach die zum Ergebnis führenden Rechenwege angegeben; eine Begründung fehlt stets. Die in der Berechnungsvorschrift steckende Formel lautet:

$$h_1 = \frac{12\,(s_3 - s_1)}{ur_3 - ur_1}$$

oder als Proportion:

$$h_1 : (s_3 - s_1) = 12 : (ur_3 - ur_1).$$

Die ähnlichen Dreiecke HA_1A_2 und A_2KE liefern in der Tat diese Gleichung (ur_3 berechnet sich aus uv, das abgelesen wird, auf Grund der Formel $ur_3 = 144 : uv$. Die ähnlichen Dreiecke A_2BI und A_2DE liefern diese Beziehung; $s_3 - s_1$ ist die Entfernung der beiden Standorte).

In Bild 19 ist die Messung einer Tiefe t $(= t_1 - r)$ dargestellt. Die Breite b des Grabens, Brunnens oder dgl. ist unmittelbar auszumessen und dann der Tiefpunkt P — dieses Mal vom Drehpunkt A der Al-idade aus — einzuzielen. Dann ist $t_1 = \frac{12b}{ur}$ oder für den Fall $b > t_1$, also bei Ablesung von uv-Punkten: $t_1 = \frac{b \cdot uv}{12}$.

Bild 20 zeigt, wie bei der Messung einer Länge bzw. Entfernung s zu verfahren ist. Die zur Berechnung benötigten ähnlichen Dreiecke sind ABE und PSA; es ist $s = \frac{12h}{uv}$ oder für den Fall $h > s$, also bei Ablesung von ur-Punkten: $s = \frac{h \cdot ur}{12}$.

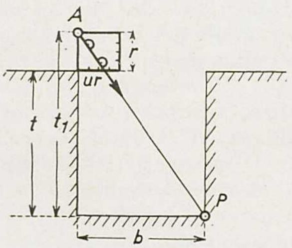


Bild 19

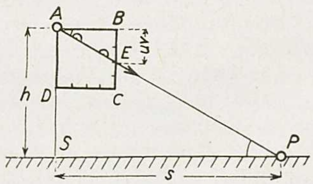


Bild 20

Denkt man sich in Bild 18 die Höhe h (und mit ihr die ganze Figur) in die Horizontalebene geklappt, dann ist ersichtlich, daß die Ausmessung einer Breite $b = h$ entsprechend dem Verfahren der Höhenmessung durchzuführen ist; das Meßquadrat muß in diesem Fall bei der Messung horizontal gehalten bzw. gelagert werden.

Man sieht, daß der Feldmesser bei diesen mittelbaren Streckenmessungen mit dem gewöhnlichen Meßquadrat von Fall zu Fall einen anderen Berechnungsweg einzuschlagen hatte; er mußte diesen sofort erkennen und in der Lage sein, ihn richtig durchzuführen. Schißler geht beim Aufbau seines Meßquadrates, dem wir uns nun im folgenden zuwenden, eigene Wege; ihn leiten die Grundgedanken, den Feldmesser von vielen Berechnungswegen und Rechenarbeiten soweit als möglich zu befreien, sein Instrument besonders handlich zu gestalten und mit ihm recht genaue Messungen durchführen zu können.

III. DAS DRESDNER „QUADRATUM GEOMETRICUM" VON CHRISTOPH SCHISSLER

1. *Christoph Schißler und sein Werk im geschichtlichen Zusammenhang*

Der Meister und sein „Quadratum". Der Hintergrund, von dem sich Christoph Schißlers Leben und Werk abheben, wurde oben (Teil I) aufgezeichnet. Wir dürfen Schißler wie Jamnitzer als „Mathematiker und Künstler" bezeichnen; ist der Nürnberger Jamnitzer an erster Stelle Künstler, so überwiegen bei dem Augsburger Schißler die mathematischen Fähigkeiten. In seiner Handschrift „Geometria" nennt sich „Christoffer" Schißler „Geometrischer und Astronomischer Werkhmeister zu Augspurg" (vgl. Bild 29) und ebendort in übergroßer Bescheidenheit einen „Klain verstendigen inn diser Khunst Geometria", der sich „durch Gottes gnaden um diese löbliche und altherkommende Khunst, damit sie nicht erlösche und geringer würde, ein wenig bemühen wollte".

Schißler, von Beruf Gürtlermeister, gehört zu den bedeutendsten und schaffensfreudigsten Mechanikern seiner Zeit. „Phantastischer Geist!" (spiritus fantasticus) bemerkt spöttelnd ein kurfürstlicher Kanzlist in seiner Unfähigkeit, den Meister zu verstehen, auf einem Schreiben Schißlers an Kurfürst August (vgl. [45] Nr. 5), in dem er diesem seine nicht alltäglichen Arbeitspläne mitteilt. Wie viel richtiger wäre die Bemerkung „Phantasiereicher Kopf!" gewesen! Schißler hat sich auf allen Gebieten des Instrumentenbaues hervorgetan [42].

---

[42] Bobinger ([2] S. 132—136) führt in einem Verzeichnis über 100 Instrumente und sonstige Werke Schißlers (wenn bekannt mit Angabe des jetzigen Standortes) an; es befinden sich außerdem einige von ihm nicht genannte Instrumente in Florenz (nach Angabe von [3b]; S. 64: ein Astrolabium von 1560, S. 77: ein „Quadratum" mit Stundenquadrant von 1599, S. 135ff.: ein vielteiliges Meßbesteck von 1596/99, S. 141ff.: ein Wegmesser, der Schißler zugeschrieben wird, S. 243 und 255f.: Bussolen — die letzten Instrumente ohne Zeitangabe. Bei Boffito, G., Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti, Firenze 1929, sind einige dieser Instrumente auch angeführt; vgl. hierzu Anhang S. 86). — Die späteste von den bekanntgewordenen Arbeiten Schißlers ist nicht die Ringkugel von 1605, wie Bobinger angibt ([2] S. 79), sondern ein astronomisches Besteck, von Schißler in seinem Todesjahr 1608 gefertigt. Es befindet sich in Oxford (Museum of the History of Science; vgl. Report for 1955/56 of the Museum of the History of Science, Oxford, S. 9). — Vor dem Krieg waren von allen Werken Schißlers noch etwa 80 vorhanden, verteilt in 32 europäischen und 2 amerikanischen Sammlungen.

Auf Grund eigener Studien besaß er hervorragende Kenntnisse auf dem Gebiet der mathematischen Wissenschaften, er war Künstler in der Beherrschung und Formung des Werkstoffes und schuf beachtliche mathematisch-technische Werke. Jedes von ihnen trägt den Stempel seiner schöpferischen Persönlichkeit, wenn auch nicht jede Einzelheit von seiner eigenen Hand gestaltet sein wird; in seiner Augsburger Werkstatt haben tüchtige Mitarbeiter dem Meister bei der Ausführung seiner Pläne helfend zur Seite gestanden.

Das schönste und wertvollste mathematische Instrument Schißlers ist sein „Quadratum geometricum" (Bild 1), das er im Jahr 1569 fertigte (vgl. Bild 29); es ist gleichzeitig das schönste und bedeutendste Instrument dieser Art. Zu ihm gehört die schon angeführte Handschrift Schißlers: „Geometria", Augsburg 1569. Diese Handschrift gehörte zu den Kostbarkeiten der Bücherei des MPhS; sie wird auch von Bobinger ([2] S. 58f.) angeführt. Im Ausstellungsraum war Schißlers „Quadratum geometricum" aufgestellt; die heute noch vorhandene quadratische Tafel (Bild 25 und 26; Kat.-Nr.: C I 1/A 363, II 140) hat auch dort wieder ihren Platz gefunden.

Schißler hat sein Meßquadrat, wie aus der „Geometria" hervorgeht, dem Kurfürsten August von Sachsen 1569 gewidmet. Dieser nahm es in seine Kunstkammer auf; der Zeitpunkt ist nicht festzustellen. In dem ersten Inventarverzeichnis dieser Kunstkammer von 1587 [43] ist es angegeben unter dem Titel: „Ahn andern Geometrischen und mathematischenn Instrumenten zum Abmeßen der Weiten, höhen und tieffen, auch Bergk und Thallmessens" [44].

Schißler hat schon vor Gründung der Kunstkammer (1560) mit Kurfürst August in Verbindung gestanden. Vielleicht hat der junge Meister (Meistertitel 1553) den fast gleichaltrigen Kurfürsten schon 1554 bei dessen Aufenthalt in Augsburg (Verleihung der Kurwürde vor Kaiser und Reich auf dem Augsburger Reichstag) persönlich kennengelernt; es ist sogar möglich, daß damals des Kurfürsten Lehrer, der Arzt und Mathematiker Rivius [11] aus Nürnberg, die Bekanntschaft vermittelt hat.

---

[43] Dieses älteste Inventarverzeichnis der Kunstkammer befand sich im Archiv des „Grünen Gewölbes" in Dresden (verlorengegangen); es wurde 1837 abgedruckt (Klemm u. Hilscher, Sammler **1**, S. 210ff.).

[44] Die hierauf im Verzeichnis folgende eingehendere Beschreibung lautet: „1 Moßen vorguldter Geometrischer und Mathematischer Quadrant ahn einer mößenen vorguldten abgeteilten Seulenn (‚moßen' = messingen; es handelt sich nicht um mathematische, sondern um schmückende Teilungslinien der Säule. D. Verf.) mit einer mößenen vorguldten Zwinge und Schraube an welchen der Quadrant henget, und hoch und nieder kan gesenket werden. Oben uf der Seulen ein Captell und Mänlein, und unden drey holzerne vorguldte Löwen, sambt einem holzern mitt Leder verzogenem futter darbey." — In dem Inventarverzeichnis der Kunstkammer von 1597 (verlorengegangen) werden auch das Medial (vgl. S. 55) und die Pendelsetzwaage (vgl. S. 55) angeführt.

Von der engen Beziehung Schißlers zu Dresden zeugten 13 bis 1945 im MPhS befindliche Instrumente des Meisters (Entstehung zwischen 1558 und 1575); heute sind hiervon neben dem beschädigten „Quadratum“ nur noch 4 vorhanden (Zirkel, Horizontal-Sonnenuhr, Geschützaufsatz, Wegmesser).

Schißler stand im Briefwechsel mit Kurfürst August; er hat aber auch selbst Dresden besucht [45]. In diesem Zusammenhang ist noch erwähnenswert, daß Schißlers kurfürstlicher Gönner mehrfach mit sehr bewegten Worten zur Bezahlung der gelieferten Werke aufgefordert werden mußte (vgl. die in [45] unter 4. und 5. angeführten Bittschriften). So bittet Schißler am 2. Dezember 1571 um die „. . . zweytaussent thaller (für ein geliefertes ‚musicalisch Instrument‘; über das Schicksal dieses interessanten Instrumentes — vgl. [45, 1 u. 3] — ist nichts bekannt), sammt den neunzig thaller von wegen der geometrischen Wercke, so biß anher zway Jhar lanng unbezahlt angestanden . . .“. Es handelt sich bei den genannten „geometrischen Werken“ sicher um das „Quadratum“ und sein Zubehör, da andere Instrumente Schißlers aus dem Jahr 1569 in Dresden nicht vorhanden waren.

Durch das Kurfürst August gewidmete Meßquadrat wurden die interessierten Kreise auf die Fähigkeiten Schißlers auf dem Gebiete der Feldmeßkunst aufmerksam. Als Kaiser Rudolf II. von dem „Quadratum“ Schißlers hörte, scheint er den Wunsch gehabt zu haben, ein ebenso schönes Instrument wie der sächsische Kurfürst zu besitzen. Schißler hat dann für ihn auch bald ein solches Meßquadrat gefertigt. Wir besitzen jedenfalls eine Anweisung des Kaisers von 1579 an den Landvogt Georg Ilsung von Schwaben, Schißler 300 Taler für sein

[45] Im Sächs. Landeshauptarchiv (SLHA) vorhandene Archivalien:

1. Loc. 8532, fol. 88—90: eigenhändiges Schreiben Schißlers v. 7. 4. 1570 (Angebot eines musikalischen Instrumentes).
2. Loc. 4418, 1. Buch, 1. Hälfte, fol. 194 f.: eigenhändiges Schreiben Schißlers mit beiliegender mehrfarbiger Zeichnung v. 17. 6. 1570 (Angebot eines Instrumentes).
3. Loc. 10409, fol. 39: Schutzbrief des Kurfürsten v. 26. 3. 1571 für Schißler zum Zweck der Überbringung von einem „musicalisch Instrument“ nach Dresden.
4. Loc. 4418, 1. Buch, 1. Hälfte, fol. 226 f. u. 230 f.: Bittschreiben Schißlers und Augsburger Mitbürger v. 2. 12. 1571.
5. Loc. 8679, fol. 44f.: eigenhändiges Bittschreiben Schißlers aus Dresden von Ende 1572.
6. Copial 432, fol. 13f.: Schreiben des Kurfürsten an Schißler v. 19. 1. 1577 betr. einen 1575 gelieferten Wegmesser.
7. Loc. 9762, fol. 126: Schreiben Feyels, eines ehemaligen Mitarbeiters von Schißler, an Kurfürst August v. 8. 7. 1578; Schißler wird hierin erwähnt.
8. Loc. 7319, fol. 85: betr. den Sohn Schißlers (Hans Christoph) [47] in Prag, 1609.
9. Loc. 8694, fol. 153: betr. Hans Christoph Sch., 1626.

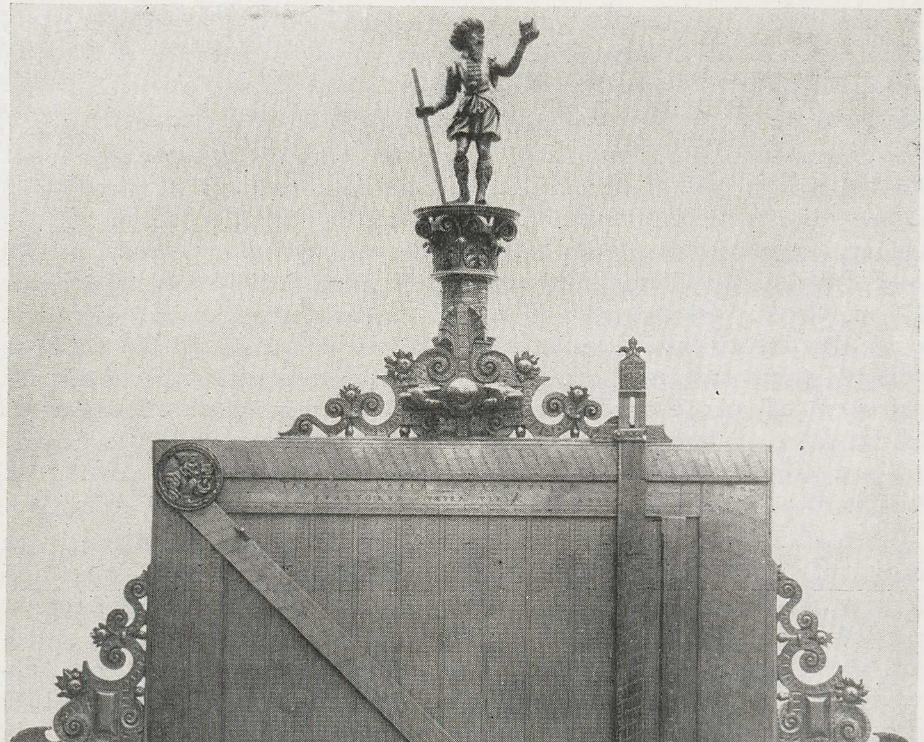
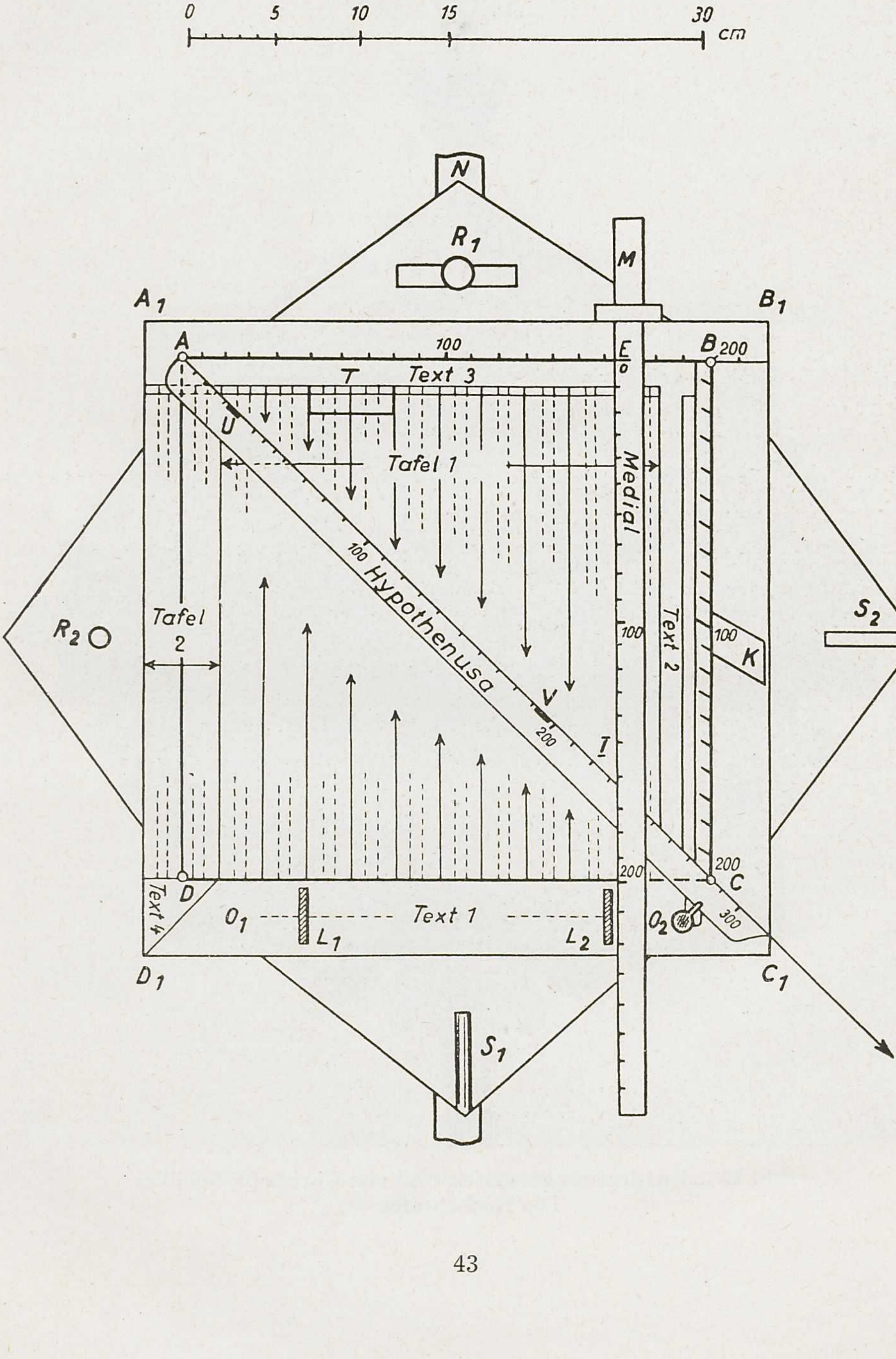


Bild 21
„Quadratum geometricum“ von Christoph Schißler
Die Meßtafel

Bild 22


0
5
10
15
30
cm
N
R1
M
A1
B1
A
100
E
B
200
T
Text 3
U
Tafel 1
Medial
100 Hypothenusa
Tafel
2
R2
Text 2
100
K
S2
V
200
I
200
200
C
D
Text 4
O1
Text 1
L1
L2
O2
300
D1
C1
S1

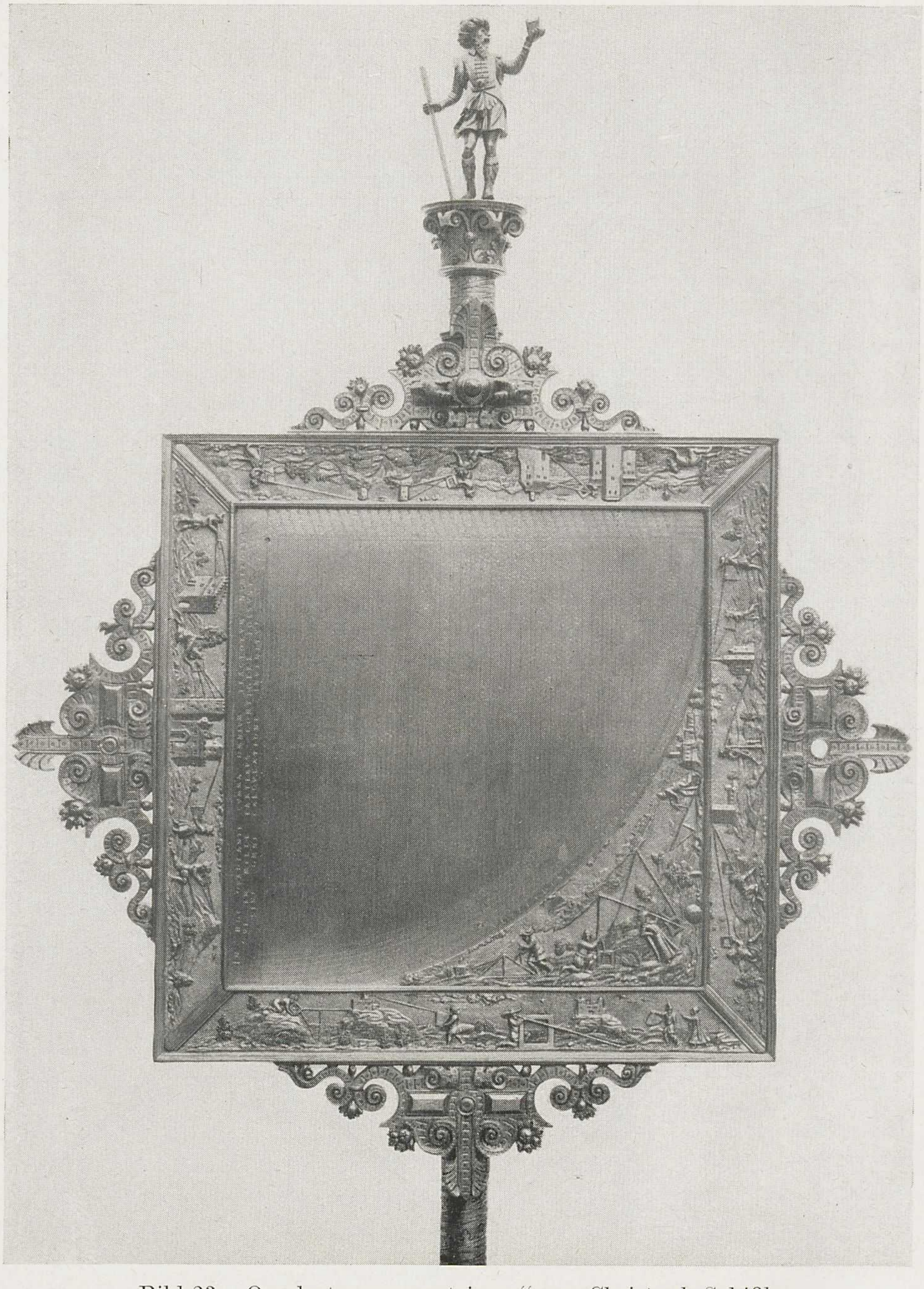


Bild 23 „Quadratum geometricum" von Christoph Schißler
Die Rechentafel

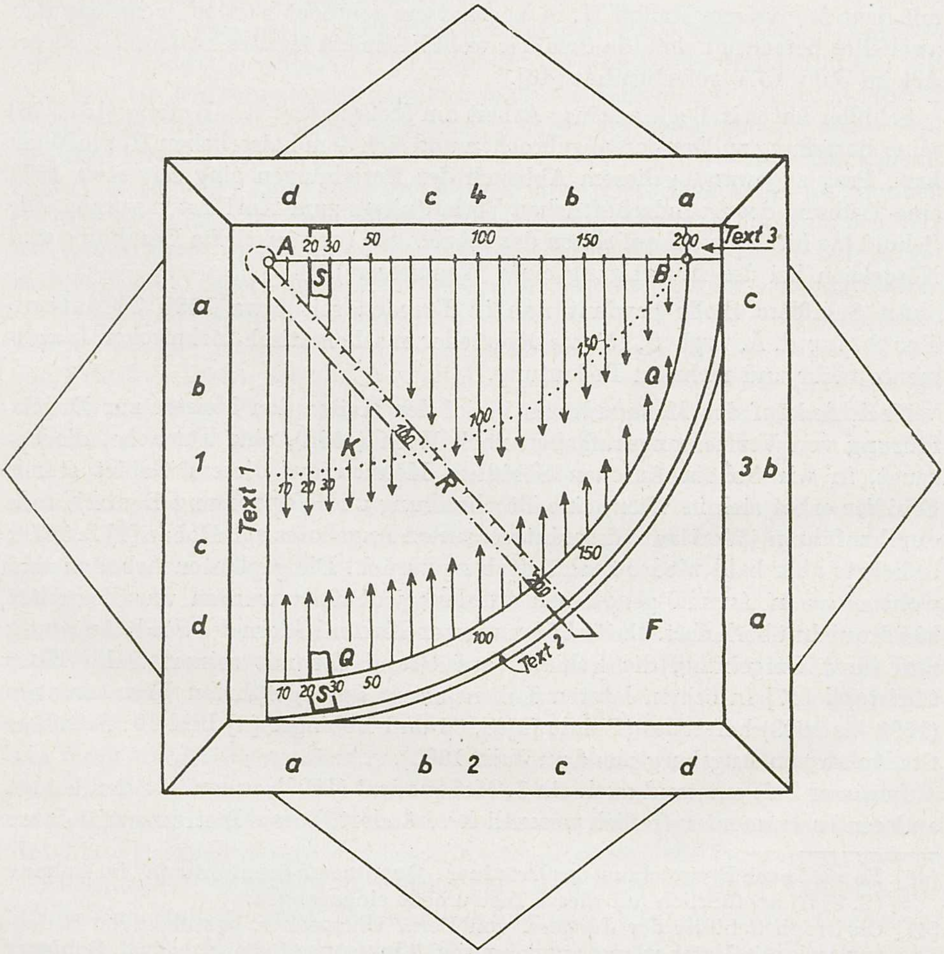

d c 4 b a
20 30 50 100 150 200
Text 3
A B
S
a b 1 c d
c 3 b a
Text 1
K
R
Q
150 100
10 20 30
150 100
F
Text 2
Q
10 20 S 30 50
a b 2 c d

Bild 24

„Quadratum geometricum“ auszuzahlen (Rohde [1] S. 55f.). Dieses Meßquadrat muß nach England (Oxford) gelangt sein, wo heute noch die quadratische Tafel (Bild 43 und 44) und die zugehörige Pendelsetzwaage (Bild 34) vorhanden sind. Aus der auf der Tafel angebrachten Inschrift „Chr. Schissler, Geometricus ac Astronomicus Artifex Augustae Vindelicorum faciebat a. D. 1579“ geht hervor, daß das englische Instrument 1579 von Schißler in Augsburg hergestellt wurde; es kann sich also hierbei nur um das für Kaiser Rudolf II. gefertigte Meßquadrat handeln. Bisher ist das englische Meßquadrat noch nicht mit dem des Kaisers Rudolf II. in Verbindung gebracht worden, wozu wir aber zweifellos berechtigt sind, da Schißler wohl kaum ein zweites Instrument dieser Art im Jahr 1579 gefertigt hat [46].

Schißler hat seit Beginn seiner Arbeit am Meßquadrat des Kaisers (1577/78) seine Beziehung zu Dresden abgebrochen und sich dem kaiserlichen Hof in Wien bzw. Prag zugewandt; diesem Abbruch der Beziehungen ging seit etwa 1572 eine Trübung des freundschaftlichen Verhältnisses zum Kurfürsten voraus. Die Schuld lag hierbei wohl auf seiten des Kurfürsten (unpünktliche Bezahlung und Nörgeleien bei der Anfertigung eines Wegmessers).

An Schißlers Stelle gewinnt nun in Dresden seit etwa 1580 Christoph Trechsler d. Ä. (vgl. S. 15) als Hersteller mathematisch-technischer Instrumente mehr und mehr an Bedeutung.

Nach Ankauf des Meßquadrates berief der Kaiser den Meister zur Durchführung von Vermessungsaufgaben nach Wien (1583), eine Tatsache, die bezeugt, in wie hohem Ansehen Schißlers Können auf diesem Gebiet stand. Schißler erbot sich in Wien, eine Beschreibung und Vermessung Deutschlands durchzuführen (Wortlaut dieses interessanten Angebotes vgl. Rohde [1] S. 56f.); er kehrte aber bald wieder nach Augsburg zurück. Die geplanten Arbeiten sind wohl nicht in Angriff genommen worden; jedenfalls wurden uns Zeugnisse hierfür nicht überliefert. Dafür hören wir von Kartenbildern der Stadt Augsburg und ihrer Umgebung, die Schißler auf Grund der mit seinem Sohn Hans Christoph [47] in seinen letzten Lebensjahren durchgeführten Vermessungen (1598 bis 1603) herstellte (Rohde [1] S. 53 und Bobinger [2] Bild 19: Schißlers Stadtplan von Augsburg aus dem Jahr 1602).

In dieser Zeit entstand auch ein 3. Meßquadrat (1599), gegenüber den beiden anderen Instrumenten freilich wesentlich verändert. Dieses Instrument, 9 Jahre

[46] Es wird nach Besprechung des Dresdner „Quadratum geometricum“ im Anhang (S. 81ff) ausführlich auf dieses Instrument eingegangen.

[47] Christoph Schißler der Jüngere, von Beruf Uhrmacher, hat nicht die Bedeutung wie sein Vater erlangt; von ihm sind 5 Instrumente bekannt (vgl. Bobinger [2] S. 24—26; zu den 3 von Bobinger S. 136 angeführten Werken kommen noch 2 in Florenz befindliche Instrumente: ein Quadrant von 1595 und eine Uhr — Herstellungsjahr unbekannt; zu diesen Instrumenten vgl. [3b] S. 134 und S. 98).

vor seinem Tod gefertigt, ist eine seiner letzten großen Arbeiten; es befindet sich in Florenz. Im Anhang (S. 86 ff.) wird ausführlich hierauf eingegangen.

Schißlers Quellen. Die lebhaften Handelsbeziehungen der beiden Städte Augsburg und Nürnberg werden es mit sich gebracht haben, daß Schißler auch an dem geistigen, vor allem an dem mathematischen Leben Nürnbergs regen Anteil nahm und die dort erschienenen Werke ebenso studierte wie die in Augsburg veröffentlichten Schriften; wahrscheinlich hat er auch mit den Nürnberger Mathematikern und Künstlern in persönlicher Verbindung gestanden und von ihnen mancherlei Anregungen erhalten.

Aus welchen wissenschaftlichen Quellen hat nun der Meister seine Kenntnisse vom Meßquadrat geschöpft? Ehe Schißler den Bau seines Meßquadrates, mit dem er diese Instrumentengattung zur höchsten Vollendung führte, in Angriff nahm, muß er sich die theoretischen Grundlagen erarbeitet und ein klares Bild von dem bisher auf diesem Gebiet Geleisteten verschafft haben. Schißler nennt in der „Geometria" keine Quellen; wenn er aber dort (Einleitung) im Hinblick auf die mit seinem Instrument zu lösenden Aufgaben sagt, daß „bißher bey anndern Authorn so von dieser Khunst geschrieben nit vil befunden und im gebrauch gewest", so erkennen wir hieraus seine Vertrautheit mit dem Schrifttum.

Das Instrument selbst verrät uns das Werk, das Schißler vor allem vorgelegen haben muß. Die beiden Flächen der quadratischen Tafel, des wichtigsten Teiles von Schißlers Instrument, sind in Bild 21 und 23 wiedergegeben [48]. Die auf Bild 23 sichtbare Fläche der Tafel erregt infolge ihres reichen künstlerischen Schmuckes zuerst die Aufmerksamkeit des Beschauers. Schißler stellt hier auf den vier, die innere Quadratfläche einschließenden Randleisten (1, 2, 3, 4), außerdem in dem Flächenstück F dieses Quadrates, Messungen mit einem einfachen Meßquadrat und mit anderen Instrumenten in Reliefform dar. Vergleicht man diese Reliefs mit den Holzschnitten der „Perspectiva" von 1547 (Geometrische Messung) von Rivius, auf denen dieser ebenfalls Messungen mit dem Meßquadrat und anderen Instrumenten darstellt, so findet man zu jedem Relief Schißlers (ausgenommen 2) ein entsprechendes Bild bei Rivius. Jedoch stimmen Bild und Relief nicht immer genau überein; z. B. beobachtet man mehrmals Seitenvertauschungen. Der Schluß, daß Schißler sich besonders auf das Werk von Rivius gestützt hat, ist also nicht berechtigt. Berücksichtigt man nun aber die „Protomathesis" von Finaeus (1532), eine der Quellen von Rivius, so findet man, daß die Reliefs auf dem „Quadratum" mit den entsprechenden Abbildungen dieser Schrift viel besser übereinstimmen. Die Vermutung, daß die „Protomathesis" Schißler vorgelegen hat, wurde bei genauem Vergleich der Bilder und Reliefs durch Entdeckung folgender Kleinigkeit zur Gewißheit. Auf dem Bild: „Messung der Breite eines Gebäudes mit dem Jakobstab" (Mes-

[48] Um im Text genannte Einzelheiten der beiden Flächen der Tafel rasch auffinden zu können, wurden mit Texthinweisen versehene Umrißzeichnungen der wiedergegebenen Tafelflächen beigefügt (Bild 22 und 24).

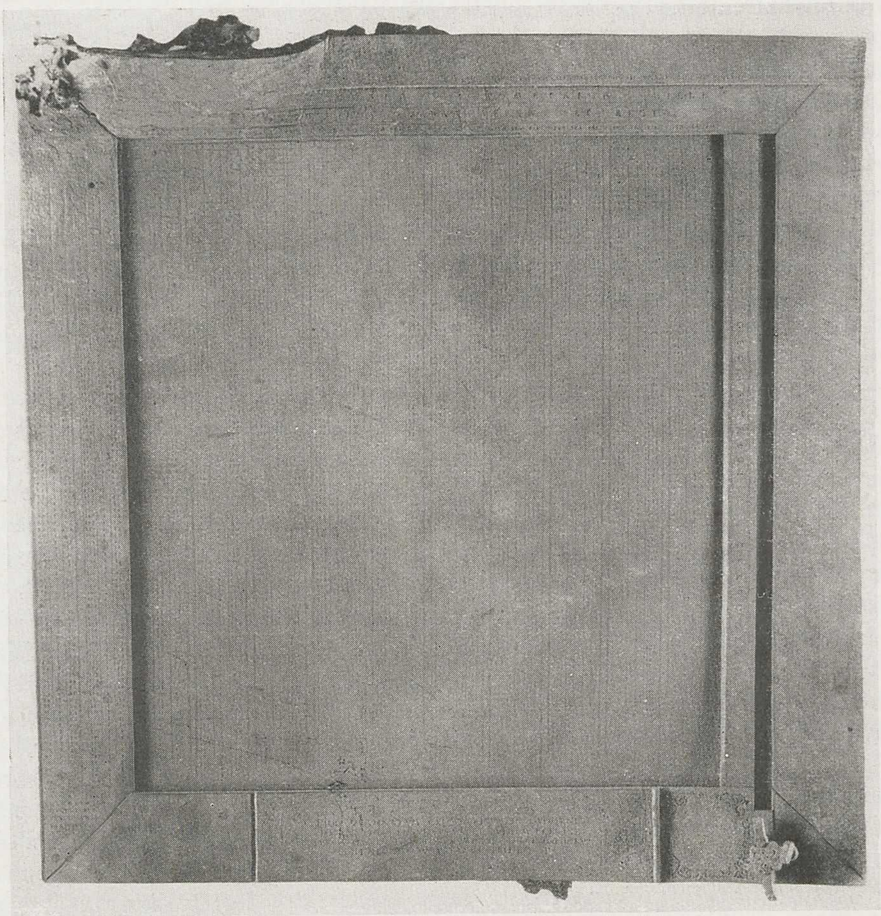


Bild 25
Die Meßtafel (heutiger Zustand)

Bild 26
Die Rechentafel (heutiger Zustand)

4 Wunderlich, Quadratum geometricum

sung von 2 Standorten [21]) liegt bei Finaeus (Bild 27) [49] zu Füßen des vordersten Feldmessers ein Winkel; dieser Winkel fehlt auf dem entsprechenden Holzschnitt bei Rivius (Bild 28) [50], er ist aber bei Schißler vorhanden (Bild 23, Randleiste 1 bei a). Außerdem zeigt das von Schißler im Relief dargestellte Gebäude deutlich, daß das Bild von Finaeus vorgelegen haben muß. Freilich hat Schißler, wohl aus Raummangel, nur einen Feldmesser in das Relief aufgenommen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß Schißler, der vielleicht mit Rivius persönlich bekannt war (vgl. S. 17), erst nach dem Studium der „Perspectiva" die „Protomathesis" kennenlernte. Er verwendete dann die Zeichnungen dieses Werkes als Vorlagen, da sie für die Wiedergabe im Reliefguß geeigneter waren als die Bilder bei Rivius. Jedenfalls ist anzunehmen, daß er die „Perspectiva" gut gekannt hat; gleiche sprachliche Wendungen mathematischer Art bei Schißler und Rivius lassen diese Annahme als ziemlich gewiß erscheinen. Auf weitere mögliche Quellen Schißlers wird unten hingewiesen.

Schißlers „Geometria". Schißlers Handschrift „Geometria, das ist die Distantia der Stätt und Flecken und was dergleichen zu messen ist", war eine sehr saubere und durch die beigefügten Illustrationen künstlerisch besonders wertvolle Arbeit. In Bild 29 ist eine Seite dieser Schrift mit dem Namenszug Schißlers (links oben), der Jahreszahl 1569 und seinem (?) Wappen wiedergegeben. Ein Jakob-Krause-Einband (20 × 28 cm) umschloß die mit Goldschnitt versehenen Pergamentblätter; er trug in Goldpressung die Aufschrift „Geometria MDLXX" (Jahreszahl des Einbindens). Der Text begann mit Worten der Widmung; Schißler überreichte hiermit in Ehrerbietung sein „Quadratum" Kurfürst August. In den folgenden 20 Kapiteln mit „Beschluß" auf 41 Schriftseiten wurde Kurfürst August stets persönlich angesprochen: „E. C. F. G." (Euere Chur-Fürstliche Gnaden). Dem Werk waren neben der Abbildung des ganzen Instrumentes (Bild 1) und einer Zeichnung der auf Bild 23 sichtbaren Fläche der Tafel 18 ganz- und 4 halbseitige Aquarelle beigefügt; sie waren in äußerst kontrastreichen, oft der Natur nicht ganz entsprechenden Farben ausgeführt. Diese Aquarelle, von denen 3 in Bild 30, 31 und 32 wiedergegeben sind, wurden wahrscheinlich von Schißler selbst gezeichnet [51]. Es waren hierauf Messungen mit dem Instrument dargestellt,

---

[49] „Protomathesis", fol. 68 (Landesbibliothek Dresden: Math. 22).

[50] „Perspectiva" (Geometrische Messung), fol. VI.

[51] Die Punktbezeichnungen wurden beigefügt. — Da die Aquarelle der „Geometria" nicht alle aufgenommen worden sind, können uns nur noch die wiedergegebenen Abbildungen eine Vorstellung von Schißlers lebendiger Darstellung seiner Vermessungsszenen geben; aber ihnen fehlt die im Original so reizvolle Kolorierung! Die in einem Schreiben Schißlers (SLHA) aufgefundene Instrumentenzeichnung (vgl. [45] Nr. 2) zeigt eine ähnliche farbenfreudige Ausführung. — Von Bobinger ([2] Abb. 14—18) werden auch einige (stark verkleinerte) Zeichnungen aus der „Geometria" wiedergegeben, ebenso von Rohde ([1] Abb. 85—88).

Bild 27
Abbildung aus Finaeus, Protomathesis

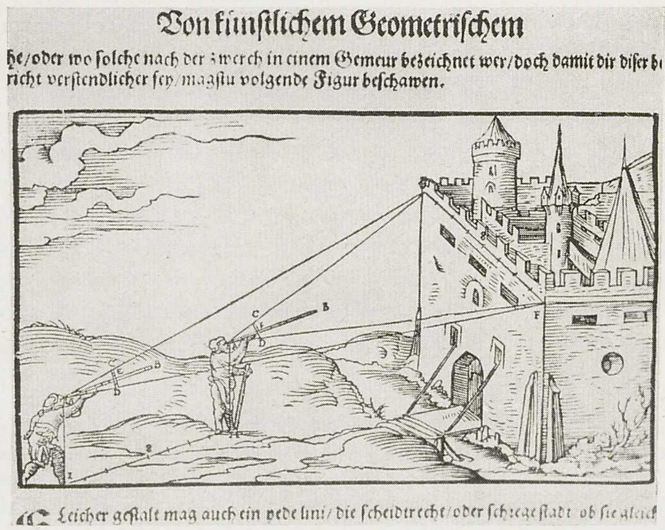


Bild 28
Abbildung aus Rivius, Perspectiva

wobei die jeweilige Landschaftsszene in allen Einzelheiten ausgeführt wurde. Bild 30 zeigt die Messung der waagerecht (vgl. [63]) und Bild 31 der geneigt liegenden Strecke *PS* (vgl. [64] u. S. 73). In Bild 32 werden Messungen von Turmhöhen durchgeführt (links vom Turm und rechts von der Nähe des Fußes aus); vgl. [85] u. [91].

Schißler wollte mit seiner „Geometria" dem Feldmesser, der mit seinem neu entwickelten Meßquadrat arbeitete, eine Anleitung zum Gebrauch an die Hand geben. Er beschreibt sein Meßquadrat nicht im Zusammenhang, behandelt vielmehr in den 20 Kapiteln einige Aufgaben, die mit dem Instrument gelöst werden können. Er wiederholt hierbei in mehreren Fällen dieselbe Aufgabe in etwas abgewandelter Form (andere Maße, andere Meßziele usw.) in einem späteren Kapitel. Über den Inhalt der einzelnen Kapitel gibt eine Zusammenstellung Auskunft, die den Abschnitt 3 beschließt (vgl. S. 78).

Schißler wählt bei seinen Aufgaben, wie zu seiner Zeit üblich, bestimmte Zahlenbeispiele und beschreibt dann den Lösungsweg; er muß dabei oft auf sein Instrument verweisen. Er begnügt sich freilich meist mit kurzen Andeutungen; man vermißt eine Schilderung des Aufbaues seines Instrumentes, des Zweckes der auf dem Meßquadrat angebrachten Tafeln und Skalen, sowie der Grundgedanken seines Meß- und Rechenverfahrens. Es ist noch zu bemerken, daß Schißler abkürzende Bezeichnungen für Punkte und Strecken nicht verwendet und selbstverständlich auch Formeln nicht kennt. — Die in den folgenden Abschnitten 2 und 3 gegebene systematische Darstellung des Aufbaues des Instrumentes und der mit ihm zu lösenden Aufgaben liegt also bei Schißler nicht vor; aus dem eingehenden Studium der von Schißler besprochenen Aufgaben erwuchs diese systematische Darstellung.

2. *Aufbau und Handhabung des Instrumentes*

a) Hauptteile und schmückendes Beiwerk

Schißlers Meßquadrat (Bild 1) bestand bis 1945 aus [52]:

1. einer Standsäule, die durch Gravierungen (Spiral-, Kreislinien und Ornamente — vgl. Bild 21/22 bei N) verziert war. Diese Säule war aus zwei fest miteinander verschraubten Teilen zusammengesetzt. Es ist möglich, daß früher die beiden Stücke nur ineinander gesteckt wurden; dadurch wäre jedenfalls die Säule rasch auseinander zu nehmen und auf diese Weise bequemer fortzubringen gewesen. Die Säule endet in einem korinthischen Kapitell mit der kleinen Figur eines Geometers. Der ursprüngliche, vergoldete Holzsockel [53] zur Säule befand sich auch vor 1945 nicht mehr am Instrument; es war ein einfacher Holzdreifuß an seine Stelle getreten. Bild 1 zeigt uns die ehemalige Gestalt dieses Sockels: drei Löwen halten die Säule; jeder von ihnen trägt auf der Schulter ein Schwert. Das Pendel am Ende der Säule war vorhanden. Die Säule ließ sich wahrscheinlich ursprünglich vom Sockel abnehmen; für diesen Sockel war nach Angabe des Inventarverzeichnisses von 1587 ein Futteral vorhanden. Das ganze Instrument wird einst vom Sockel bis zur Spitze etwa 1,5 m gemessen haben.
2. einer an der Säule abnehmbar befestigten quadratischen Tafel $A_1B_1C_1D_1$, deren 4 Seiten außen Verzierungsstücke (bei R_1, R_2, S_1, S_2) tragen; 2 von ihnen besitzen eine kreisrunde Öffnung (R_1 und R_2) zum Aufhängen der Tafel (Gesamtgewicht der Tafel 6,248 kg; Seite $A_1B_1 = 37{,}4$ cm). Die eine Fläche dieser Tafel wird im folgenden Meßtafel (Bild 21 und 25), die andere Rechentafel (Bild 23 und 26) genannt; auf der Meßtafel ist das eigentliche Meßquadrat $ABCD$ eingetragen. Dort war auch die Al-idade, auf der Rückseite mit „Hypothenusa" bezeichnet [54], in A drehbar befestigt. Diese Fläche der Tafel diente also für die Vermessungsarbeiten; die Rechentafel brauchte man, um auf graphisch-mechanischem Wege Berechnungen durchzuführen.

---

[52] Vgl. auch [44] (Inventarverzeichnis von 1587).

[53] Schißler wählte wahrscheinlich Holz an Stelle von Metall für den Fuß, damit das Gewicht des Instrumentes nicht zu groß wurde.

[54] Auf der Al-idade des englischen Meßquadrates dagegen „Regula perspiciendi", d. h. „Regel (Lineal) des Durch- oder (hier besser) Absehens". — Die Kante AI der Al-idade = „Hypothenusa" bildet im rechtwinkligen Dreieck AEI die Hypotenuse, die Kante EI des Medials = „Linea Cathetus" die eine Kathete.

zaigen. Die alle Rechnung aufgehebt, die zögen zu zalen gerad oder
ungerad, die sonst durch die Rechnung, nit mogen oder khonden
aufgelöst werden, die sollen zu dem facit durch ersuechung diser
Instruments und erweissung der In-
struction ein grundtlichen
Namen bekhomen.

Durch Christoffen Schißler Geometrischen und Astronomischen
Werckhmaister zu Augspurg gemacht und be-
schriben. Anno domini 1569

Bild 29
Textseite mit Unterschrift Schißlers und Wappen
aus seiner „Geometria“ von 1569

3. Zubehör:

a) eine Meßlatte aus Holz, einst in der hohlen Standsäule untergebracht (auch vor 1945 nicht mehr vorhanden);

b) ein in der „Geometria“ mit Medial [55], auf der Rückseite mit „Linea Cathetus“ [54] bezeichnetes langes Lineal aus Messing; dieses mit einer Teilung versehene Lineal, eine Art Reißschiene, liegt in Bild 21 an der oberen Kante $A_1 B_1$ der Tafel an;

c) ein auch vor 1945 nicht mehr vorhandenes Medial aus Holz, das dem Medial aus Metall ähnlich gewesen sein muß. Es trug dieselbe Teilung, besaß aber noch ein an dem einen Ende (Bild 21: Metall-Medial bei M) aufgehängtes kleines Lot, das in einer dort angebrachten Vertiefung oder Öffnung spielen konnte; dadurch war es möglich, das Medial genau lotrecht zu halten bzw. einzustellen (vgl. Bild 41, wo die Verwendung dieses Medials gezeigt ist);

d) eine Pendelsetzwaage, in der „Geometria“ von Schißler „Blei- oder Bergwaage“ genannt. — Die bis 1945 in Dresden vorhandene Setzwaage (Bild 33) entsprach nicht der Beschreibung und den Zeichnungen Schißlers (vgl. Bild 30 und 31, wo die Pendelsetzwaage zu sehen ist). Die zum englischen Instrument gehörige Setzwaage (Bild 34; [56]) zeigt den Doppelbogen, der auf Schißlers Zeichnungen zu erkennen ist; die Ziffern auf

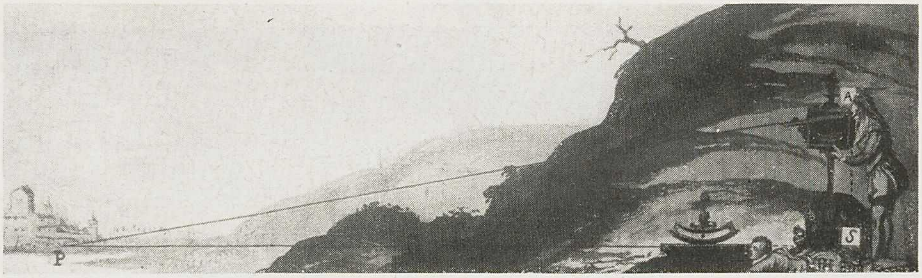


Bild 30
Darstellung einer Vermessung mit dem „Quadratum“
Zeichnung aus Schißlers „Geometria“ von 1569

[55] Die Ableitung des Namens läßt sich nicht mit Sicherheit angeben; vielleicht von medium = Hilfsmittel (zur Dreiecksmessung; vgl. S. 73). — Zu Beginn seiner Arbeiten fand d. V. das Medial in der Abteilung „Rechenhilfsmittel“ des MPhS; seine Zugehörigkeit zum „Quadratum“ war nicht bekannt gewesen, obgleich es einen sehr wichtigen Bestandteil dieses Instrumentes darstellt.
[56] Aus Gunther [3a] S. 328.

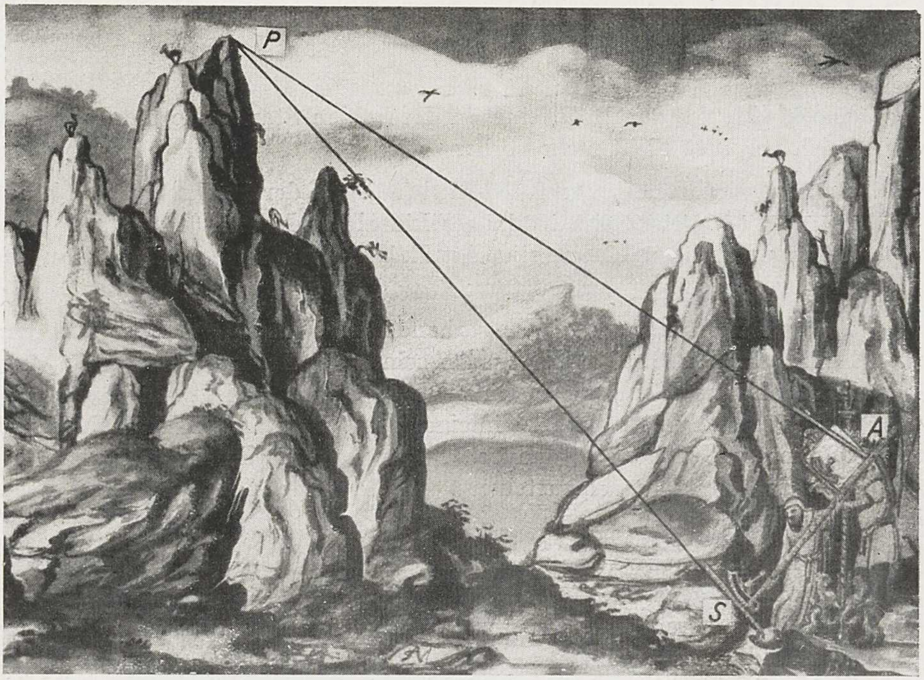


Bild 31
Darstellung einer Vermessung mit dem „Quadratum“
Zeichnung aus Schißlers „Geometria“ von 1569

Bild 32
Darstellung von Vermessungen mit dem „Quadratum“
Zeichnung aus Schißlers „Geometria“ von 1569

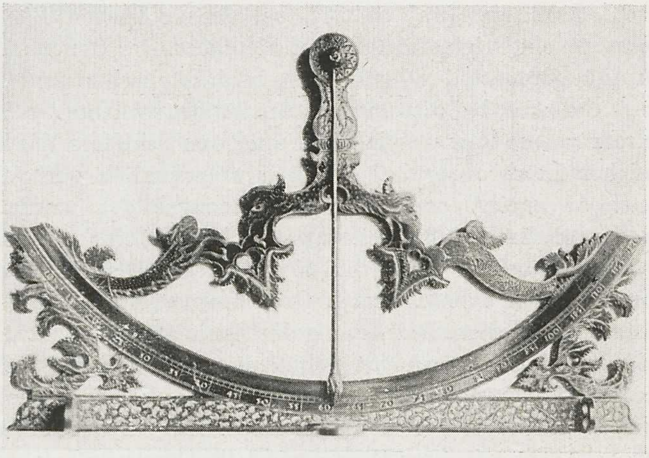


Bild 33
Die Dresdner Pendelsetzwaage

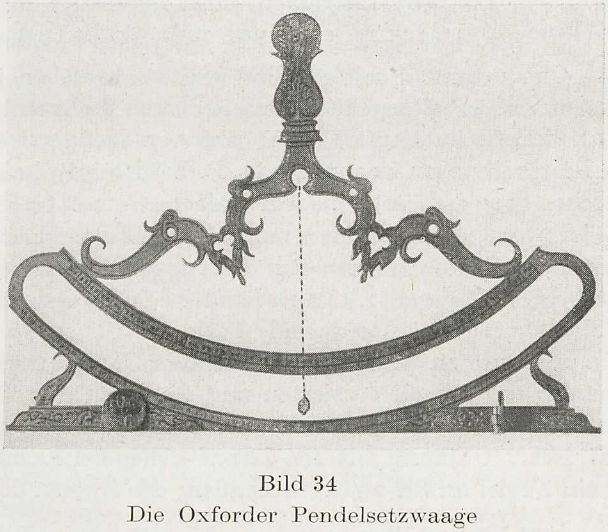


Bild 34
Die Oxforder Pendelsetzwaage

diesem Instrument haben die gleiche Form wie die auf der Tafel (ebenso beim Dresdner Instrument). Es handelt sich also, im Gegensatz zu der Annahme Gunthers ([3a] S. 328), bei der englischen Pendelsetzwaage bestimmt um ein Originalinstrument Schißlers. Der Linienzug vom Bogen zum Aufhängepunkt des Pendels ist beim englischen und Dresdner Instrument derselbe, bei diesem nur künstlerisch vollendeter. Die Dresdner Pendelsetzwaage stammte vielleicht auch aus Schißlers Werkstatt; wahrscheinlicher ist es aber, daß sie einer ursprünglich vorhandenen, dann unbrauchbar gewordenen Setzwaage nachgebildet wurde. Der obere Bogen der englischen Pendelsetzwaage besitzt eine Gradskala (in der Mitte 0°, nach beiden Seiten bis 45° beziffert). Der Bogen des Dresdner Instrumentes war ebenfalls nach Grad ausgeteilt (links 0°, in der Mitte 60°, rechts 120°); diese Bezifferung der Skala spricht nicht dafür, daß die Waage ein Originalinstrument Schißlers war. Am Fuße der Pendelsetzwaage sind 2 Diopter [57] angebracht (beim englischen Instrument umklappbare Lochdiopter, die den Lochdioptern L_1, L_2 der Meßtafel [Bild 21] entsprechen). Die mit ihrer Hilfe eingezielte Gerade lief waagerecht, wenn das Pendel der Waage auf die Mitte des Gradbogens einspielte; war die Gerade geneigt, so gab das Pendel den Neigungswinkel am Gradbogen an [58].

Vor Behandlung des meßtechnischen Teiles sei auf den wundervollen Gesamteindruck, den Schißlers Instrument einst hervorrief, hingewiesen und auf das schmückende Beiwerk im einzelnen aufmerksam gemacht.

Neben dem „Quadratum" Schißlers sind heute, abgesehen von einfachen Meßquadratskalen auf erhaltengebliebenen anderen Meßinstrumenten (z. B. Quadranten, artilleristische Geräte) keine weiteren Meßquadrate mehr vorhanden. Nach Beschreibungen zu urteilen (z. B. bei Rivius), haben diese Meßquadrate, wie schon oben erwähnt, eine sehr einfache Gestalt besessen. Das Meßquadrat Schißlers war dagegen im unversehrten Zustand ein vollendetes Renaissance-Kunstwerk, zum größten Teil aus vergoldetem Messing. Eine Vorstellung seiner Schönheit vermittelt auch heute noch die Zeichnung Schißlers (Bild 1). Den Beschauer entzückte die edle Form des Ganzen, wenn sein Auge längs der schön gearbeiteten Säule von dem breiten Unterbau über den natürlichen Mittelpunkt, der stilvoll verzierten und geschmückten Tafel mit ihrer strengen, aber doch in den Rahmen passenden Linienführung, bis empor zum Kapitell korinthischer Ordnung mit der darauf stehenden kleinen Figur glitt. Nirgends war ein Zuviel an Schmuck vorhanden; der Zweck, dem das Instru-

[57] Die Diopter sind Kreisscheiben mit einem feinen Loch im Mittelpunkt. Man visierte von der einen Scheibe durch das Loch der anderen.

[58] Bobinger beschreibt die Dresdner Pendelsetzwaage ausführlich; es werden auch beide Seiten des Instrumentes im Bild wiedergegeben ([2] S. 58 u. Abb. 12, 13).

ment zu dienen hatte, wurde betont. Alle freien Flächen gaben dem Meister reichlich Gelegenheit, in künstlerischer Freiheit dem Metall Darstellungen von Vermessungen mit dem „Quadratum“ und verschiedenen anderen Instrumenten aufzuprägen. Er bediente sich bei der Ausschmückung seines Werkes aller bei Metallen möglichen Ziertechniken, wie Reliefguß, Aussägearbeit, Gravierung und Ätzung; reiche Verwendung fand die Schmuckform des Rollwerks (Muschel- oder Schneckenlinie; vgl. die an den 4 Seiten angebrachten Verzierungsstücke: Bild 21 und 23) und der Maureske (Ranken- und Blätterspiel; vgl. Bild 33 und 34).

Auf der Meßtafel blieb wegen der vielen, hier untergebrachten Zahlenreihen und Teilungen für Verzierungen nur wenig Raum. Die untere Leiste trägt, in einem schönen Rahmen eingeschlossen, die Hauptinschrift der Tafel (Text 1). Diese Inschrift nennt uns 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.“ — Links und rechts neben dieser Inschrift (bei O_1 und O_2) sind auf engem Raum eine Vermessungsszene (Messung astronomischer Größen) und ein Wappen (von Schißler?), zum Teil durch das aufgelegte Medial verdeckt, eingearbeitet. Ein Medaillon fällt auf der Meßtafel (bei A) noch auf; es zeigt das Brustbild eines Mannes, der einen Quadranten in der linken Hand hält. Die Scheibe war auf einen kleinen, mit Gewinde versehenen Stift (in A), der gleichzeitig Drehachse der unter der Scheibe liegenden Al-idade war, aufgedreht; die Al-idade konnte demnach durch diese Scheibe mehr oder weniger fest an die Tafel angedrückt, ihre Beweglichkeit also dadurch geändert werden.

Auf der Rechentafel tragen die 4 Randleisten (1—4) die schon oben (S. 47) erwähnten Reliefs. Die hierauf dargestellten Vermessungsarbeiten werden im folgenden der Reihe nach von links nach rechts genannt; die Zahlen der Seiten auf denen bei Finaeus bzw. bei Rivius die entsprechenden Bilder und nähere Erklärungen zu finden sind, werden beigefügt.

Leiste 1:

a) Messung der Länge eines Gebäudes mit dem Jakobstab (von 1 Standort) — Finaeus fol. 68; Rivius fol. VI; es wurde schon oben (S. 50) bemerkt, daß bei F. und R. die Messung von zwei Standorten aus durchgeführt wird.

b) Messung der Höhe eines Turmes bzw. eines Teiles dieser Höhe mit dem Meßquadrat — F. 69; R. VII.

c) Messung der Höhe eines Gebäudes mit dem Meßquadrat des Quadranten [59] (von 1 Standort) — F. 70; R. IX.

d) Messung der Entfernung zu einem Gebäude mit dem Meßquadrat — F. 75; R. XIV.

Leiste 2:

a) Messung der Tiefe eines Tales mit dem Meßquadrat — F. 77; R. XVII.

b) Höhenmessung mit dem Meßquadrat des Quadranten [59, 60] (von 1 Standort) — F. 71; R. X.

c) Messung einer Entfernung mit dem Meßquadrat — F. 65; R. II.

d) 2 Feldmesser besprechen eine Messung mit dem Quadranten — bei F. und R. nicht vorhanden.

Leiste 3:

a) Messung der Höhe eines Turmes mit dem Meßquadrat (von 2 Standorten); danach Berechnung der Entfernung — F. 73; R. XII.

b) Messung einer Entfernung mit dem Winkelhaken — F. 67; R. V.

c) Messung der Höhe eines Turmes mit dem Meßquadrat des Quadranten [59] (von 2 Standorten); danach Berechnung der Entfernung — F. 73; R. XIII.

Leiste 4:

a) Messung der Höhe eines Turmes mit einem Meßstab [59, 60] — F. 72; R. XI.

b) Messung der Höhe eines Hauses von einem Turm aus mit dem Meßquadrat — F. 74; R. XIII.

c) Messung der Höhe eines auf einem Berg stehenden Turmes mit dem Meßquadrat (die Entfernung ist bekannt) [60] — F. 75; R. XV.

d) wie c); hier mit dem Meßquadrat des Quadranten [59] — F. 76; R. XVI.

Im Eck F:

Messung der Entfernung zweier Orte mit dem Meßquadrat [60]; rechts und links davon sind Meßgehilfen damit beschäftigt, Dreiecke auszumessen; bei F. und R. nicht vorhanden.

Menschen in arabischer Kleidung läßt Schißler diese Messungen durchführen. Das ist bemerkenswert, da dies auf seinen Vorlagen (vgl. Bild 27), ebenso auf den Bildern seiner „Geometria", die ja dem Zeitgenossen die Meßverfahren illustrieren sollten, aber keinen Schmuck darstellten, nicht der Fall ist! Schißler wußte also von den mathematischen Leistungen der Araber. Eine wundervoll

[59] Die Erklärung von Bobinger ([2] S. 57) ist nicht richtig.
[60] Die Erklärung von Gunther ([3a] S. 342) ist nicht richtig.

durchgearbeitete kleine Figur (11,7 cm hoch), die einen Araber mit Quadrant und Meßstab darstellt (es ist kein deutscher Mensch, wie Bobinger annimmt, [2] S. 125), krönte das Werk. Damit wollte Schißler 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. Das ,,Quadratum" ist damit auch das seltene Beispiel eines aus Erz geformten Blattes aus dem großen Buch der Geschichte der Mathematik, das sogar das grausige Inferno eines modernen Krieges bis zu einem gewissen Grad überstanden hat.

b) Das Grundverfahren

Die Erläuterung der Einzelheiten des Instrumentes und seiner Handhabung geschieht am zweckmäßigsten im Zusammenhang mit der Besprechung der beiden Verfahren [61], die Schißler bei allen seinen mittelbaren Streckenmessungen anwendet; wir wollen sie Grundverfahren und mechanisch-graphisches Verfahren nennen.

Wir haben oben (S. 30) festgestellt, daß das Meßquadrat zur Ausmessung 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. Zur Ausmessung dieser Dreiecke 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 Falles, daß die kleinere Kathete gesucht und die größere bekannt ist; es wird aber auch bei der Ausmessung beliebiger Dreiecke angewendet.

Um das Grundverfahren, dem das oben (S. 30) beschriebene ,,Meßquadratverfahren" zugrunde liegt, am klarsten darstellen zu können, wählen wir das folgende Vermessungsbeispiel (Bild 35), in dem das auszumessende rechtwinklige Dreieck APS eine besondere Lage einnimmt, die auch praktisch sehr häufig vorkommt (die kleinere Kathete senkrecht, die größere waagerecht gelegen) [62]:

[61] Bei dieser Besprechung wollen wir annehmen, daß uns das ursprüngliche ,,Quadratum" Schißlers mit allen seinen Einzelheiten und seinem Zubehör zur Verfügung steht und wir mit ihm jetzt die Arbeiten durchführen.

[62] Es handelt sich um das in Bild 20 bei Besprechung der mit dem einfachen Meßquadrat zu lösenden Grundaufgaben dargestellte Vermessungsbeispiel. — Schißler bespricht diese Vermessung in der ,,Geometria", Kap. 1—5.

Bestimmung der Entfernung $s = PS$ eines Punktes P, der in derselben Höhe wie der Standpunkt S des Feldmessers liegt [63].

Wir gelangen nicht sofort zum Ziel, sondern nähern uns schrittweise der Endlösung; wir werden dadurch nach und nach mit den verschiedenen, im Zusammenhang stehenden Einzelheiten des Meßquadrates vertraut; die Schilderung der Einzelheiten ohne Bezug auf ein bestimmtes Vermessungsbeispiel führt zu keiner restlosen Klarheit.

α) Aufstellung des Instrumentes und Einstellung der Tafel

Es ist zuerst das Instrument lotrecht aufzustellen. Die Säule steht in dem Augenblick genau lotrecht, wenn das am Fuß angehängte Pendel einspielt; um dies zu erreichen, ist unter Umständen am Fuß etwas unterzulegen. In unserem Beispiel ist bei der Aufstellung noch zu beachten, daß der Drehpunkt A der Al-idade genau lotrecht über S zu liegen kommt, wenn S festliegt [64].

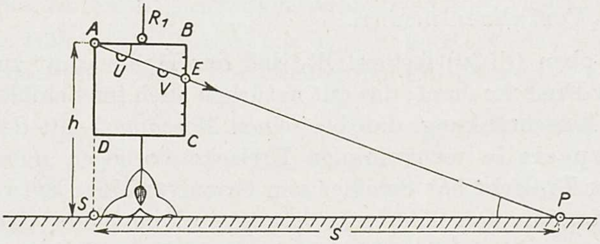


Bild 35

Die Tafel ist nun einzustellen; sie ist an der Säule verschiebbar befestigt. Ihre Ebene läuft parallel zur Säule und ist mit dieser ebenfalls lotrecht eingestellt. Sie hängt in der Öffnung R_1 des Verzierungsstückes der Seite A_1B_1 an einer

[63] Bild 30 zeigt dasselbe Beispiel. Der liegende Feldmesser bestimmt mit Hilfe der Pendelsetzwaage den Punkt P der fernen Stadtmauer, der mit S in derselben Höhe liegt; der stehende Feldmesser zielt P mit der Al-idade ein. Die Aufhängung der Meßtafel ist bei diesem Vermessungsbeispiel vom Zeichner nicht richtig dargestellt. Auf Grund ihrer Konstruktion muß die Tafel bei der vorliegenden Vermessung hinter der Säule erscheinen; die Al-idade liegt also auf der Rückseite der Tafel (vom Bildbetrachter aus gesehen) auf, und es dürfte nur der über die Tafel hinausragende Teil der Al-idade sichtbar sein. — Auf diese Genauigkeit kam es aber Schißler nicht an; es war ihm wohl wichtiger, die ganze Al-idade beim Einzielen zu zeigen.

[64] Liegt PS — und damit auch das auszumessende Dreieck APS — schief (Bild 31), so ist AS nicht lotrecht; es muß also — von S ausgehend — mit Hilfe der Pendelsetzwaage die Tafel so eingestellt werden, wie aus Bild 31 klar ersichtlich ist.

Schraube (Schraubenkopf und Feststellmutter in Bild 21 sichtbar; [65]), die ihrerseits an einer über die Säule gesteckten und dort in beliebiger Höhe festzuschraubenden Hülse (im Inventarverzeichnis von 1587 „Zwinge" genannt) angebracht ist.

Man kann die Tafel auf diese Weise an der Säule so befestigen, daß $AS = h$ Schuh, Zoll usw. lang ist; man kann sie aber natürlich auch in beliebiger Höhe festschrauben und nachher $h = AS$ messen. Zur Ausmessung von h ist die Meßlatte zu benutzen.

Schon diese geschickte Befestigung des Meßquadrates an einer Säule, bei der es seine Beweglichkeit in keiner Weise einbüßt, die Genauigkeit der Einstellungen und Messungen im Gegenteil nur erhöht wird (man kann z. B. Punkt A, von dem aus gezielt wird, in Augenhöhe einstellen), zeichnet das Instrument Schißlers vor allen anderen Meßquadraten aus [66]. Punkt A muß möglichst hoch über S gelegt werden, da sich dann der Punkt P — besonders wenn er recht fern gelegen ist — genauer einzielen läßt (SP und AP schneiden sich dann weniger schleifend). Schißler schlägt deshalb im „Beschluß" seiner Schrift eine Art Treppenleiter vor (14 Schuh hoch, d. h. $h \approx 4$ m), auf der das Instrument aufgestellt werden soll, „denn je größer oder höher die Station ist, je gewisser man messen kann" [67]. — Auf einem bei Rohde ([1] Abb. 88) und Bobinger ([2] Abb. 15b) wiedergegebenen Bild zeigt uns Schißler, wie man zum Zwecke einer sicheren Aufstellung des Instrumentes und einer Erhöhung der Meßstation einen kleinen Treppenuntersatz verwenden kann.

Wenn die Mutter R_1 nicht angezogen ist, wirkt die Tafel wie ein Pendel. Es stellt sich also CD nahezu waagerecht ein; nur nahezu deshalb, weil die Tafel nicht genau ausbalanciert ist [68]. Um nun CD genau waagerecht einzustellen, wird die Pendelsetzwaage benutzt. Man setzt sie (vgl. Bild 30 und 31, wo die Waage auf der Tafel sichtbar ist) auf zwei Metallscheiben (Bild 22: L_1, L_2), die senkrecht zur Tafel stehen und bei Nichtgebrauch umgeklappt werden können. Diese Scheiben sind gleichzeitig Lochdiopter; ihre Zielachse läuft

---

[65] Für andere Vermessungsaufgaben ist auch die Möglichkeit gegeben, die Tafel in der Öffnung R_2 des Verzierungsstückes der Seite A_1D_1 aufzuhängen; dann liegt die Seite BC des Meßquadrates waagerecht (vgl. S. 68).

[66] Es sind natürlich auch Messungen aus der Hand oder von einem Tisch aus mit dem „Quadratum" möglich; Schißler zeigt z. B. solche Messungen aus der Hand in Bild 32. — Die Tafel muß nicht immer lotrecht stehen, sondern kann bei bestimmten Messungen auch waagerecht bzw. geneigt liegen (vgl. [88]). — Schißler hat die Anregung zur Befestigung seines Meßquadrates an einer Säule vielleicht von N. Rensberger („Geometria", Augsburg 1533, fol. 4) erhalten.

[67] Schißler erbietet sich, bei einer Stationshöhe von $h = 30$ Schuh eine Entfernung bis 30000 Schuh (etwa 8 km) genau zu messen.

[68] Das in Bild 21 sichtbare Medial wird während der Einstellung und der danach folgenden Zielung nicht angelegt.

parallel der Kante CD (Verwendung vgl. S. 77). Die Tafel ist nun so lange zu drehen, bis das Pendel der Setzwaage auf die Mitte des Gradbogens einspielt; es liegen dann CD bzw. AB waagerecht. Die Mutter R_1 kann nun angezogen werden [69]; die Tafel ist damit für die folgende Vermessungsarbeit ein- und festgestellt. Hierbei wird der Punkt P mit der Al-idade eingezielt und der Punkt E der Meßquadratseite BC (Schnittpunkt der Kante der Al-idade mit der Seite BC) bestimmt. Diese Aufgabe führt zu einer näheren Betrachtung der Meßtafel (mit Al-idade, Meßquadrat $ABCD$ und Zahlentafeln) und anschließend der Rechentafel.

β) Die Meß- und die Rechentafel

Die Al-idade (Bild 21 und 36)

Die Al-idade oder „Hypothenusa" trägt an der durch A laufenden Kante zwei kleine Metalldreiecke (U und V), an deren Spitze ein kleiner Metallknopf sitzt. Diese Dreiecke können bei Nichtgebrauch umgeklappt werden; sie stehen während der Zielung senkrecht zur Ebene der Al-idade, wie Bild 36 zeigt.

Um Punkt P einzuzielen (Bild 35), bringt man das Auge nahe A, blickt über U und V und hebt oder senkt die Al-idade solange, bis P in der Zielgeraden erscheint. Die Al-idade wird in dieser Stellung durch einen „Läufer" oder „Cursor" festgehalten. Dieser Läufer aus Messing (Bild 22 bei O_2) gleitet in einer Rinne parallel der Kante BC und kann durch eine kleine Schraube in jeder Lage festgestellt werden. Auf diesem Läufer liegt die Al-idade auf.

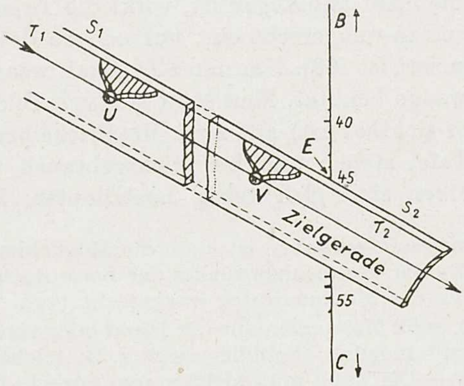


Bild 36

[69] Auf entsprechende Weise können AB bzw. CD so eingestellt werden, daß diese Richtungen einen bestimmten Neigungswinkel zur Waagerechten besitzen; diese Stellung ist erreicht, wenn das Pendel der Setzwaage auf den betreffenden Winkel einspielt (vgl. S. 77 u. Bild 31).

Die Zielgerade UV läuft parallel der Kante S_1S_2 bzw. T_1T_2 der Al-idade und liegt mit ihnen in einer Ebene. Man kann nun den Schnittpunkt E der Kante (S_1S_2) mit der Teilung von BC bestimmen.

Das Meßquadrat und die Transversalteilungen

Das eigentliche Meßquadrat $ABCD$ ist auf der Meßtafel nicht besonders hervorgehoben; bei näherer Betrachtung erkennt man die Begrenzungen. Die bei jedem Meßquadrat üblichen Seitenbezeichnungen ,,umbra recta" (Seite CD) und ,,umbra versa" (Seite BC) findet man bei Schißlers Instrument nicht;

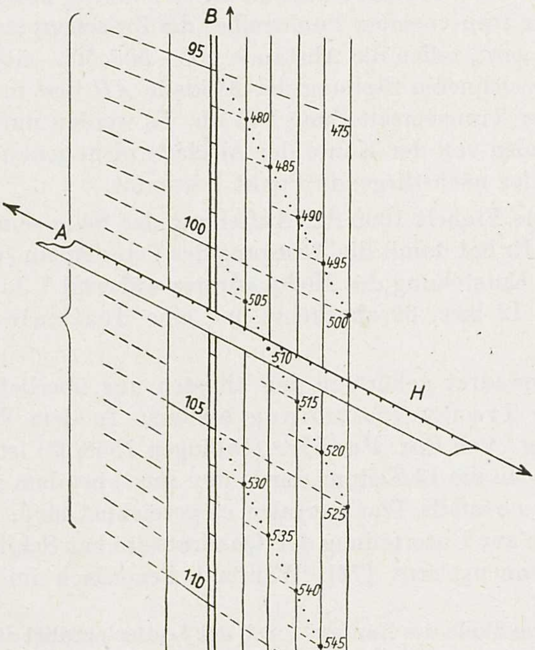


Bild 37

es ist aber an den senkrecht zu den Seiten CD bzw. BC in den Schmuckstücken S_1 bzw. S_2 eingetragenen Linien mit kleiner Schrift angeschrieben: ,,Perpendiculum Linea recta umbra" (Lot zur Linie ur) bzw. ,,Perpendiculum Linea versa umbra" (Lot zur Linie uv).

Die wichtigste Seite des Quadrates ist *BC*, die ,,Scala Geometrici Cursoris" [70] (Text 2), über die die Al-idade gleitet und an der nach einer Zielung abgelesen wird. Diese Seite ist in 200 gleiche Teile, von 5 zu 5 beziffert, zerlegt. Transversale Teilungen, d. h. schräg zu einer Parallelenschar verlaufende Punktreihen (vgl. Bild 37: 95—500, 100—525 usw.), gestatten nun, noch Fünftel dieser 200 Teile abzulesen. Diese Transversalteilung (Skala der 1000 Punkte) ist rechts neben *BC* sichtbar; sie ist in Gestalt feiner Punkte eingetragen und stellt eine ausgezeichnete feinmechanische Arbeit dar. Bild 37 zeigt vergrößert das bei *K* liegende Stück der Teilung. 95, 100, 105, 110 sind Teilpunkte der Hauptskala (Skala der 200 Punkte); zu *BC* sind 5 Parallelen in gleichen Abständen gezogen. Schneidet die Kante der Al-idade die Hauptskala im Punkt 100 oder 101, 102 usw., so läuft sie gleichzeitig durch Punkt 500 bzw. 505, 510 usw. der transversalen Punktreihe; die Zwischenpunkte, z. B. 501 bis 504, 506 bis 509 usw., teilen die Abstände 100—505, 505—510 usw. in 5 gleiche Teile. Bei der gezeichneten Stellung der Al-idade *AH* liest man an der Hauptskala 102, an der Transversalteilung 509 ab. Es werden nur ganze ,,Punkte" abgelesen; wird also von der Kante der Al-idade nicht genau ein Teilpunkt getroffen, so wird der nächstliegende Punkt bestimmt.

Schißler hat die Einheit 1000 der Aufteilung der Seite seines Meßquadrates zugrunde gelegt. Er hat damit die Anregung des Peter Apian (vgl. S. 34) befolgt, sich von der seit Entstehung des Meßquadrates während 7 Jahrhunderte überlieferten Einheit 12 bzw. 60 abgekehrt und eine dezimale Einheit eingeführt [71].

Schißlers Meßquadrat gehört zu den ältesten uns überlieferten Meßinstrumenten, die eine Transversalteilung besitzen. In dem Werk ,,Geometria oder Feldmessung" von Chr. Puehler (Dillingen 1558/63) ist ein Meßquadrat abgebildet, das noch die 12-Teilung der Seiten zeigt, bei dem aber zum Zwecke der Unterteilung ebenfalls Transversalen eingezeichnet sind. Die Verwendung der Transversalen zur Unterteilung der Quadratseite hat Schißler vielleicht aus diesem Werk kennengelernt [72]. Während Peuerbach im 15. Jahrhundert

---

[70] ,,Geometrische Skala des Läufers", weil der Läufer parallel dieser Skala gleitet. — Bezeichnung beim Oxforder Instrument: ,,Scala deferentis qui regulam hypothenusa adducit atque abducit" (Skala des Trägers, der die Al-idade festhält und führt).

[71] Auch Bobinger ([2] S. 128) bemerkt in bezug auf andere Instrumente, daß Schißler die Werke Peter Apians gut gekannt haben muß. — Erwähnt sei noch ein auch 1569 von Schißler gefertigter Sonnenquadrant (nach P. Apian). Er besitzt auf den Quadrantbogen projizierte Meßquadratteilungen mit der Einheit 100 (vgl. Bobinger [2] S. 101f.). Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch das große Zirkelinstrument Schißlers von 1586. Es enthält ein zusammenklappbares Meßquadrat mit der Einheit 100 (vgl. Bobinger [2] S. 45f.).

[72] Zur Geschichte der Transversalteilung vgl. Schmidt [24] S. 279 und 352 f.

eine recht lange Quadratseite (2 Ellen) benötigte, um seine 1200-Teilung anbringen zu können (vgl. S. 34), Finaeus ebenfalls ein großes Quadrat empfiehlt, kommt Schißler bei 1000 Punkten dank der Transversalteilung mit einer Seitenlänge von $BC = AB = 30{,}6$ cm aus.

Die Seite CD (= umbra recta) des Meßquadrates wird bei Schißler nicht verwendet, sie ist deshalb auch nicht ausgeteilt. Dafür wird AB, die ,,Basis'', für das mechanisch-graphische Verfahren gebraucht (vgl. S. 73). AB ist wie BC 200- bzw. 1000fach unterteilt; die Teilung ist über B hinaus bis zum Teilpunkt 220 bzw. 1100 geführt.

Schißler verwendet noch an 5 anderen Stellen Transversalteilungen. Die Kante AUV der Al-idade und die Kante des Medials (in Bild 21 linke Kante des Medials) sind in dem Maß ausgeteilt, das sich durch die Teilung von BC bzw. AB in 200 Teile ergeben hat; auch hier sind Transversalteilungen angebracht. Auf der Rechentafel (Bild 23) sind die Kante AB, die von A ausgehende Kante der Regel R und der Quadrantbogen Q ausgeteilt und mit Transversalteilungen versehen.

Die Quotiententafeln

Nach Einzielung von P (Bild 35) kann E an der 200-Punkt-Skala oder — wenn genauer gemessen werden soll — an der 1000-Punkt-Skala abgelesen werden; man findet also Punkt u der 200- bzw. Punkt u' der 1000-Punkt-Skala. Es gilt nun:

$$s : h = AB : BE = 200 : u \text{ oder } s : h = 1000 : u';$$

hieraus ergibt sich:

$$s = (200 : u) \cdot h \quad \text{bzw.} \quad s = (1000 : u') \cdot h \qquad [73]$$

Schißler will nun dem Feldmesser die zu seiner Zeit unangenehme Divisionsarbeit, d. h. die Berechnung der Quotienten $200 : u$ bzw. $1000 : u'$, ersparen; er hat deshalb die Quotienten für alle Werte $u = 1 — 200$ und $u' = 1 — 1000$ berechnet und die Ergebnisse auf der Meßtafel in Gestalt von 2 Tabellen oder Tafeln eingetragen:

1. Tafel: ,,Tabula Scalae Geometricae Mille Punctorum Umbrae Versae Et Rectae'' (Text 3), d. h. ,,Tafel der geometrischen Skala der 1000 Punkte des verkehrten und rechten Schattens''; 2. Tafel: ,,Tabula Scalae Geometricae Ducentorum Punctorum Utriusque Umbrae'' (Text 4), d. h. ,,Tafel der geometrischen Skala der 200 Punkte beider Schatten''. — Man braucht beim Arbeiten mit Schißlers Meßquadrat nur die Punktzahl; die Kenntnis der betreffenden Punktart ist nicht erforderlich, ein sehr beachtlicher Vorteil. Bei Verwendung eines gewöhnlichen Meßquadrates hatte der Feldmesser genau zu beachten,

[73] Die Lösung dieser Aufgabe nach dem heutigen ,,trigonometrischen Verfahren'' lautet: $s = \text{ctg}\,(APS) \cdot h$ (vgl. S. 30 und 69).

5*

ob Punkte ur oder uv abgelesen wurden, da der sich anschließende Berechnungsweg von der Punktart abhing (vgl. S. 36 f.). In unserem Vermessungsbeispiel werden Punkte uv abgelesen; der Feldmesser hätte nun bei Verwendung eines Meßquadrates mit 12-Teilung die Rechnung $\frac{12h}{uv}$ (S. 37: Bild 20 und zugehöriger Text) auszuführen gehabt.

Schißler vermeidet die Unterscheidung von 2 Punktarten (ur und uv) und damit die verschiedenen Berechnungswege, indem er sein Meßverfahren nur für den Fall ausgearbeitet hat, daß in einem rechtwinkligen Dreieck die größere Kathete zu messen bzw. zu berechnen ist, wenn man die kleinere kennt. Liegt der umgekehrte Fall vor, ist also in Bild 35 die gesuchte Strecke s kleiner als die bekannte Strecke h, so schneidet die Al-idade die Seite CD; es können hier aber keine Punkte ur abgelesen werden, da diese Seite nicht ausgeteilt ist. Wie schon S. 61 erwähnt, wird zur Lösung dieses Falles ein ganz neues Verfahren mechanisch-graphischer Art eingeführt.

Die Unterscheidung der abgelesenen Punkte in Punkte ur und uv ist damit bei Schißler überflüssig; nach Ablesung der Punktzahl u (u') ist stets der Quotient 200 : u bzw. 1000 : u' zu bestimmen, d. h. den Tafeln zu entnehmen.

Es ist noch zu bemerken, daß die Meßtafel bei der Durchführung einer Vermessungsaufgabe (z. B. h gesucht, wenn s gegeben und $h > s$) auch in R_2 aufgehängt sein kann. Dann nimmt die Seite BC die waagerechte Lage ein, die sonst CD (ur) besitzt. Wir können in diesem Fall die an BC abgelesenen Punkte als Punkte ur bezeichnen. Schißler hat also recht, wenn er in der Überschrift seiner Tafeln von Punkten „beider Schatten", die abgelesen werden, spricht.

Die beiden Zahlentafeln (Tafel 1, Tafel 2) nehmen den größten Teil der Fläche der Meßtafel ein. Sie reichen von CD bis nahe an Text 3; die seitliche Ausdehnung wird durch die auf der Umrißzeichnung eingetragenen waagerechten Pfeile angegeben [74]. Es ist hier ein Stück der Tafel 1, bei T gelegen, wiedergegeben; die Formelzeichen u', q' und r' wurden in Klammer beigefügt.

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 3 Spalten; in der ersten (PUN d. h. „puncta") sind die Punkte $u = 1 - 200$ bzw. $u' = 1 - 1000$ enthalten, in der zweiten

[74] Die senkrechten Einteilungslinien dieser Tafeln sind auf der Umrißzeichnung nur zum Teil angegeben.

(STA) [75] ist der Quotient $q = 200 : u$ bzw. $q' = 1000 : u'$ ohne Rest angegeben, in der dritten (PRE) [75] der Rest r zu 200 bzw. r' zu 1000 [76].

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

Die beiden Tafeln [77] werden im folgenden als Quotiententafeln bezeichnet. Wir können sie nicht „Kotangententafeln" nennen (wie dies bei Bobinger [2] S. 53 f. geschieht), wenn auch die Werte $200 : u$ bzw. $1000 : u'$ die Kotangenten (nach heutiger Definition! Vgl. [73] und den betreffenden Text) gewisser, durch die zugehörigen umbra-Strecken bestimmter Winkel darstellen. Schißler berechnete diese Tafeln und brachte sie auf seinem „Quadratum" unter, damit der Feldmesser die Berechnung der beim Grundverfahren auftretenden Quotienten nicht immer wieder durchzuführen hatte. Es sind also für ihn lediglich Quotiententafeln für Brüche mit konstantem Zähler (200 bzw. 1000) und variablem Nenner (u bzw. u'); an die Aufstellung einer trigonometrischen Tafel hat Schißler hierbei nie gedacht. Es ist deshalb auch falsch, ihm die bewußte Einführung bzw. Verwendung einer trigonometrischen Tafel zuzuschreiben (Bobinger [2] S. 60 f.). — In diesem Zusammenhang ist noch zu bemerken, daß Bobinger ([2] S. 54) bei der kurzen, nicht erschöpfenden Erklärung eines Vermessungsbeispiels fälschlich von dem „trigonometrischen" Verfahren, das von Schißler nicht angewendet wird (vgl. S. 30 und [73]), ausgeht. Dadurch war es nicht möglich, die wirklichen Grundgedanken der Schißlerschen Meßverfahren zu erfassen und in ihrem Zusammenhang darzustellen.

Mit der Einführung seiner 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 im MPhS verlorengegangen, Schißlers „eherne Tafeln", zweifellos etwas Einmaliges in der Geschichte der Mathematik, haben die Bombennacht überstanden!

Wir fanden (S. 67): $s = (200 : u) \cdot h$ bzw. $s = (1000 : u') \cdot h$; da $200 : u = q + \frac{r}{u}$ und $1000 : u' = q' + \frac{r'}{u'}$, so ergibt sich:

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

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

[75] STA vielleicht „statio", d. h. Faktor mit der die Stationshöhe h zu multiplizieren ist (für STA beim Oxforder Instrument „ZAL"); PRE vielleicht „pretium", d. h. Wert des Restes (beim Oxforder Instrument „BRU", d. h. Bruch).

[76] Schißler nennt in der „Geometria" diese Reste „die übergeblibnen zalen der Brüch".

[77] In die 33 Zahlenreihen der Tafeln hat sich ein Fehler eingeschlichen: 500 | 2 | 500 für 500 | 2 | 0; er ist auf der englischen Tafel nicht vorhanden.

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

$$\underline{s = q \cdot h + b} \quad \text{oder} \quad \underline{s = q' \cdot h + b'}\,.$$

Die Bruchbestimmung auf der Rechentafel

Die Größen h und q bzw. q' sind bekannt; zur Berechnung von s ist nun noch der Wert des Bruches b bzw. b' zu bestimmen (Text 1 der Meßtafel: „Dieses Geometrische Quadrat, . . . mit dem alle Brüche genau bestimmt werden können . . .“; vgl. S. 59).

Auch hier will Schißler dem Feldmesser die Rechenarbeit ersparen; die Bruchrechnung geschieht auf mechanisch-graphischem Wege. Man benutzt zu dieser Berechnung die von uns Rechentafel [78] genannte Fläche des Instruments (Bild 23). Schißler nennt sie in der „Geometria“ „ein sehr schön künstlich Instrument“ und trägt auf ihr ein (Text 1): „In Hoc Quadrante Summa Omnium Fractorum Numerorum Qui In Mille Partibus Contingere Possunt Sine Omni Calculatione Invenitur“, d. h. „In diesem Quadranten findet man alle Brüche, die in 1000 Teilen vorkommen können, ohne alle Rechnung“. Er ist stolz auf dieses sicher von ihm selbst gefundene — modern gesprochen — nomographische Rechenverfahren; vielleicht hat ihm sein mechanisch-graphisches Verfahren (vgl. S. 73) dazu die Anregung gegeben.

Die waagerechte Kante AB des Quadranten — im oberen Teil des Bildes 38 ist ein Stück wiedergegeben — entspricht in ihrer Haupt- und Transversalteilung der Seite AB der Meßtafel, ist aber kürzer als diese (28,5 cm). Im Punkt A war ein über den Quadrantbogen Q drehbares Lineal R, von Schißler „Regel“ genannt, befestigt. Diese Regel, die beim Dresdner Instrument fehlte, ist bei dem englischen Meßquadrat vorhanden. Sie ist wie die Kante AB ausgeteilt, Punkt 200 bzw. 1000 liegt also genau auf dem Quadrantbogen Q. — Die Hauptteilung von AB ist auf den Quadrantbogen projiziert [79]. Die 199 Projektionslinien — auf der Umrißzeichnung nur zum Teil angedeutet — sind eingetragen; an die Schnittpunkte der Kurve K (die beliebig gezogen ist und sonst keine Bedeutung hat) mit den Projektionslinien der Punkte 5, 10, 15 usw. sind diese Zahlen angeschrieben; man ist also beim Aufsuchen einer bestimmten Linie nicht allein auf die Bezifferung der Kante AB angewiesen. Die Projektionslinien der Punkte der Transversalteilung sind nicht eingetragen; man kann aber ihre Endpunkte

[78] Schißler hat die Rechentafel zur mechanisch-graphischen Berechnung von Produkten und Quotienten nicht benutzt; Bobinger führt diese Verwendungsmöglichkeit an ([2] S. 56).

[79] Die Bemerkung Gunthers ([3a] S. 342), daß der Quadrant dem „Instrumentum sinuum“ des P. Apian entspricht, also eine Sinusskala darstelle, ist falsch; bei dem Instrument des Apian wurde die Gradteilung des Quadranten auf den Radius projiziert.

am Quadrantbogen mit Hilfe der dort angebrachten Transversalteilung bestimmen (Bild 38 unterer Teil [80] — in Bild 24 bei S gelegen), wobei die Kante der Regel zu Hilfe zu nehmen ist. Die Kante der Regel läuft in der gezeichneten Stellung durch den Punkt 110 der Transversalteilung und gleichzeitig durch den auf Q gelegenen Endpunkt der Projektionslinie des Punktes 110 der oberen Teilung. Entsprechendes gilt, wenn man die Regel auf die anderen Punkte der

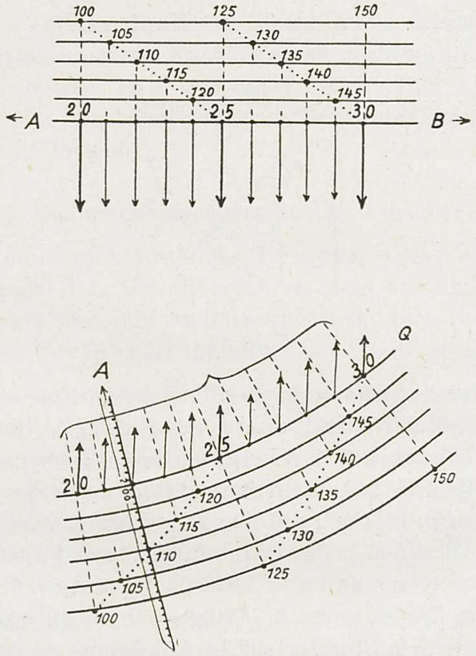


Bild 38

Transversalteilung des Quadrantbogens einstellt. Auch die fehlenden Projektionslinien sind also auf diese Weise festgelegt; sie wurden wahrscheinlich bei Gebrauch durch die Kante eines Lineals dargestellt. Das Lineal war dann so anzulegen, daß die Kante durch die beiden Endpunkte der betreffenden Projektionslinie lief, wobei die Regel den auf Q gelegenen Endpunkt festlegte. Man kann dies freilich nur vermuten, da Schißler nicht erläutert, wie mit diesen Transversalteilungen zu arbeiten ist.

---

[80] Die beiden in Bild 38 wiedergegebenen Stücke der Kante AB und des Quadranten liegen auf der Rechentafel etwas weiter voneinander ab.

Wie verläuft nun die Bruchbestimmung? Die Größen h, u und r bzw. h, u' und r' sind uns zahlenmäßig bekannt, die Größe von b bzw. b' ist gesucht.

Schreibt man die Gleichung $b = \frac{r \cdot h}{u}$ $\left(\text{entsprechend } b' = \frac{r' \cdot h}{u'}\right)$ in Form der Proportion $u : r = h : b$, so erkennt man, daß $b(b')$ als 4. Proportionale mechanisch-graphisch nach dem 1. Strahlensatz rasch folgendermaßen gefunden werden kann (Bild 39).

Die Regel R wird so gedreht, daß der Punkt h der Regelteilung auf die Projektionslinie u bzw. u' [81] fällt (z. B. $h = 20$, $u = 10$: Punkt 20 der Regel auf die Projektionslinie des Punktes 10 der Kante AB).

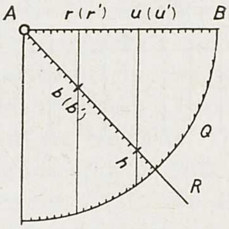


Bild 39

Nun sucht man den Schnittpunkt der Projektionslinie r (r') mit der Regel [82]; die Zahl des betreffenden Teilpunktes der Regel gibt den Wert b (b') an. — Ist h zahlenmäßig größer als u (u'), so wird in der angegebenen Weise gearbeitet, ist h jedoch kleiner als u (u'), so stellt man Punkt u (u') der Regel auf die Projektionslinie h, sucht Punkt r (r') auf der Regel und findet in der zugehörigen Projektionslinie den Wert b (b'). Zur Darstellung dieses Falles müßten in Bild 39 lediglich die Bezeichnungen h und u (u') bzw. b (b') und r (r') vertauscht werden. — Schißler nennt die Zahlenwerte h „Puncta Altitudinis Stationis" (Text 2), d. h. „Punkte der Höhe des Standortes" in Anlehnung an die „Punkte" u (u'); die Zahlen u (u') werden „P. Distant. Locorum" (Text 3), d. h. „Punkte der Entfernungen der Orte", genannt [83].

Der Wert des Bruches b (b') ist damit ohne Rechnung bestimmt. Das Verfahren ergibt z. B. für $u' = 201$ (damit $q' = 4$, $r' = 196$; vgl. S. 69) und $h = 100$ (Zoll) den Wert $b' = 97$. Eine einfache Multiplikation und Addition führen dann zum Endergebnis: $s = 100 \cdot 4 + 97 = 497$ (Zoll).

[81] Braucht man eine der nicht eingetragenen Projektionslinien, so kann man diese — wie schon oben bemerkt — durch die Kante eines angelegten Lineals festlegen.

[82] Auch hier kann ein Lineal fehlende Projektionslinien festlegen.

[83] Die zur Einstellung der Zahlen h und u benötigten Teilungen sind durch die Lage der Texte 2 und 3 nicht eindeutig bestimmt; da die jeweilige Einstellung von h bzw. u von deren Größe abhängt, ist dies auch nicht möglich.

Zusammenfassung des Lösungsweges der vorgelegten Vermessungsaufgabe

Um die Länge der Strecke s zu bestimmen, hat man das Instrument lotrecht aufzustellen, P einzuzielen, die Zahl u (u') an der Teilung der Meßquadratseite BC abzulesen und dann der Quotiententafel q (q') und r (r') zu entnehmen [84]. Nun wird der Bruch b (b') in der angegebenen Weise aus h, r, u (h, r', u') bestimmt; es ergibt sich schließlich s, wenn man h mit q (q') multipliziert — eine Rechenarbeit, die auch zu Schißlers Zeit keine Schwierigkeiten bereitete — und dann zum Ergebnis b (b') addiert.

Dieser Lösungsweg ist das Grundverfahren. Es findet auch Anwendung, wenn die auszumessende größere Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks nicht waagerecht, sondern geneigt oder lotrecht verläuft. Bild 31 zeigt, wie bei der Ausmessung der geneigt liegenden Strecke PS zu verfahren ist (AS in diesem Fall geneigt und nicht lotrecht).

c) Das mechanisch-graphische Verfahren

Die Ausmessung eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen größere Kathete bekannt ist, läßt sich nach dem Grundverfahren nicht ausführen. Schißler hat zur Lösung dieser Aufgabe und zur Ausmessung beliebiger Dreiecke ein mechanisch-graphisches Verfahren für sein Instrument ausgearbeitet.

Bei diesem Verfahren zur Streckenmessung wird auf Grund von 3 bekannten Stücken (2 Seiten und 1 Winkel oder 1 Seite und 2 Winkel) das auszumessende Dreieck verjüngt dargestellt und diesem Dreieck die unbekannte Strecke entnommen. Dieses verjüngte Dreieck wird auf der Meßtafel konstruiert. Die 3 Seiten des Dreiecks werden von der Seite AB des Quadrats (einschließlich ihrer Verlängerung), der ausgeteilten Kante der Al-idade und der des Medials (Metall- oder Holz-Medial) dargestellt.

Wir bemerken, daß dieses Verfahren natürlich nichts mehr mit dem „Meßquadratverfahren" (vgl. S. 30) zu tun hat; es ist ein neues Meßverfahren. Zur Durchführung verwendet Schißler geschickt die Meßquadrattafel. Da er auch Nivellierungen und Winkelmessungen mit seinem Instrument durchführt (vgl. S. 77), entwickelt er es zu einer Art Universalmeßgerät, wobei er gleichzeitig das Arbeiten mit dem eigentlichen Meßquadrat vereinfacht (Vermeidung der Unterscheidung von 2 Punktarten).

1. Zur Erläuterung des Verfahrens wählen wir für das auszumessende rechtwinklige Dreieck dieselbe Lage und Gestalt wie bei der Darstellung des Grundverfahrens, d. h. PS waagerecht und $h < s$. Dieses Mal ist nun die größere Kathete, d. h. s, bekannt und h auszumessen; wir lösen also die Aufgabe:

---

[84] Die Tafeln liefern die Werte q (q') und r (r'), die zur Berechnung von s gebraucht werden; es werden aber nicht „mit Hilfe der Tabellenwerke Kotangenten errechnet" (Bobinger [2] S. 54).

Die Höhe $h = AS$ (Bild 40) eines Gebäudes ist von dieser Höhe aus zu messen; die Entfernung s eines Punktes P, der von der Höhe aus einzuzielen ist, zum Fußpunkt S ist bekannt [85].

Das Instrument wird eingestellt, wie S. 62 f. geschildert wurde; dann wird von A aus P eingezielt. Die Al-idade wird in dieser Stellung mit Hilfe des Läufers festgehalten. Die Tafel kann nun des bequemeren Arbeitens wegen von der Säule abgenommen und auf einen Tisch oder dgl. gelegt werden.

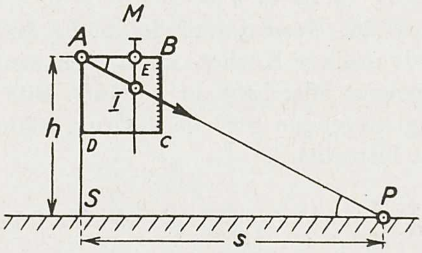


Bild 40

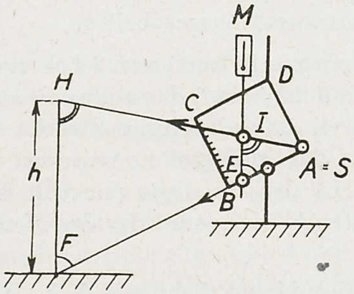


Bild 41

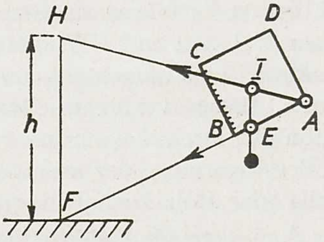


Bild 42

Das verjüngte Dreieck AEI ist nun aus 1 Seite (AE) und 2 Winkeln (EAI und $AEI = 90°$) zu konstruieren. Das Metall-Medial M wird an die Tafel angelegt, wie Bild 21 zeigt. Die Teilung der Kante des Medials beginnt im Schnittpunkt

[85] Schißler erläutert an demselben Beispiel in der „Geometria" (Kap. 7/8) sein mechanisch-graphisches Verfahren. — Bild 32 (linker Teil) zeigt ebenfalls die Messung einer Turmhöhe AS; freilich wird hierbei anders verfahren. Auch hier ist PS bekannt; die Länge wird gerade mit einer Meßlatte vom Meßgehilfen bestimmt. Dann wird AP von A aus nach dem Grundverfahren gemessen und danach AS als Kathete des Dreiecks APS auf der Meßtafel konstruiert. Dieses Beispiel, bei dem eine Hypotenuse (AP) in die Messung einbezogen wird, zeigt besonders deutlich, wie geschickt Schißler es versteht, seine beiden Meßverfahren zur Anwendung zu bringen.

mit der Basis AB. Das Medial muß senkrecht zu AB so angelegt werden, daß sein Nullpunkt mit Punkt s der Basis AB (in Bild 40: Punkt E) zusammenfällt. Es ist nun $\triangle\, APS \sim \triangle\, AEI$ [86], d. h. EI stellt die gesuchte Höhe h verjüngt dar. Der Schnittpunkt I von Al-idade und Medial wird auf der Medialkante abgelesen; sein Zahlenwert gibt h an.

2. Das mechanisch-graphische Verfahren dient nicht nur zur Bestimmung der Länge der kleineren Kathete rechtwinkliger Dreiecke; es läßt sich auf diese Weise auch die größere Kathete bestimmen. Und man kann mit dem Verfahren überhaupt beliebige Dreiecke ausmessen. In dieser Hinsicht unterscheidet es sich vom Grundverfahren. Zur Erläuterung wählen wir folgendes Beispiel:

Es ist eine ferne Höhe h, die nicht zugänglich ist, von 1 Standort aus zu messen (Bild 41). Der Fußpunkt F dieser Höhe h kann in derselben Höhe wie der Standpunkt S des Feldmessers, aber auch höher oder tiefer als dieser gelegen sein.

Es war im allgemeinen üblich, 2 Standorte zur Lösung dieser Aufgabe zu verwenden (vgl. S. 37); mit dem Schißlerschen Instrument kann man die Aufgabe auf folgende 2 Arten „alles an einem Ortt, on alles hin und hergehn" (Geometria) lösen.

a) Vom Standort aus werden die Entfernungen $s_1 = AH$ (z. B. 600 Schuh) und $s_2 = AF$ (z. B. 650 Schuh) nach dem Grundverfahren gemessen. Dann wird die Tafel, die an der Säule hängt, so gedreht, daß die Verlängerung der Basis AB den Fußpunkt F trifft; in dieser Stellung wird sie festgeschraubt. Um die Einzielung vornehmen zu können, muß man die Kante der Al-idade genau auf AB legen, die Al-idade also bis in die Basis AB hineindrehen. Nun ist noch mit der Al-idade H einzuzielen und die Al-idade in dieser Stellung festzuhalten. Man hat dann Punkt E (650) auf der Basis AB und Punkt I (600) auf der Al-idade aufzusuchen. Das Medial wird so auf die Tafel gelegt, daß die geteilte Kante durch beide Punkte E und I läuft und der Nullpunkt der Medialteilung in I zu liegen kommt [87]. Die zu E gehörige Punktzahl der Medialteilung gibt h (in Schuh) an [88].

[86] Das Medial bildet eine Kathete des Dreiecks AEI; deshalb wird das Medial auch „Linea Cathetus" genannt (vgl. [54]).

[87] Das verjüngte Dreieck AEI wird in diesem Fall aus 2 Seiten (AE, AI) und 1 Winkel (EAI) konstruiert.

[88] Beispiel in der „Geometria" (Kap. 11/12). — Nimmt man an, daß in Bild 41 h nicht lotrecht, sondern geneigt bzw. waagerecht liegt, so ist ersichtlich, daß die Ausmessung einer solchen Strecke (= Breite, Weite, „Distantia der Stätt und Flecken") wie die Höhenmessung durchgeführt werden kann. In diesem Fall ist die Tafel von der Säule abzunehmen und geneigt bzw. waagerecht zu legen oder zu halten. — Das Florentiner „Quadratum" Schißlers von 1599 besaß vielleicht die Möglichkeit einer Anbringung der Tafel an einer Säule in einer solchen Stellung, da die Befestigung hier in der Tafelmitte und nicht am Rande liegt (vgl. Bild 46).

b) Die Messung von 2 Entfernungen s_1 und s_2 ist umständlich; man kann die lotrechte Richtung von h berücksichtigen, muß dann aber das Holz-Medial mit dem Lot verwenden. Es wird nur die Entfernung AH (z. B. 100 Schuh) bestimmt, die Tafel wie bei a) eingestellt und H eingezielt. Der Punkt I (= 100) wird auf der Al-idade aufgesucht, der Nullpunkt der Medialteilung in diesen Punkt gelegt und das Medial so gedreht, daß das Lot einspielt. Die Medialteilung und die Basis AB der Tafel schneiden sich in E. Der zu E gehörige Zahlenwert der Medialteilung gibt h (in Schuh) an [89].

Schißler hat den Gedanken, ein Lot bei der Lösung dieser Aufgabe zu verwenden, bei Finaeus vorgefunden, aber dessen Verfahren verbessert; Bild 42 zeigt das Verfahren des Finaeus zur Lösung derselben Aufgabe. Nachdem man AF gemessen und F und H eingezielt hat, wird in einem beliebigen Punkt I der Al-idade ein Lot angehängt [90]. Nach Ausmessung von AE und IE ergibt sich h durch Rechnung aus $h: AF = IE : AE$.

Wahrscheinlich hat der von Finaeus eingeschlagene Weg zur Lösung dieser Aufgabe Schißler überhaupt die Anregung zur Ausarbeitung seines mechanisch-graphischen Verfahrens gegeben. Vielleicht hat auch N. Rensbergers „Triangel" (Geometria, Augsburg 1568) hierauf Einfluß gehabt; mit Hilfe von 3 zusammenhängenden Linealen wurde bei diesem „Triangulationsinstrument" (vgl. [22]) das auszumessende Dreieck verjüngt dargestellt [91].

Mit den beiden wichtigen Meßverfahren Schißlers (Grundverfahren und mechanisch-graphisches Verfahren) haben wir auch alle Einzelheiten seines Instrumentes und den Zweck, dem sie dienen, kennengelernt. Es folgt nun noch eine Zusammenfassung der mit dem Instrument zu lösenden Aufgaben; eine Besprechung der Lösungen ist nach Kenntnis der Meßverfahren und der angeführten Vermessungsbeispiele hier nicht mehr erforderlich.

---

[89] Beispiel in der „Geometria" (Kap. 13). — Das verjüngte Dreieck AEI wird also in diesem Fall aus 1 Seite (AI) und 2 Winkeln (EAI und AIE bzw. AEI) konstruiert.

[90] „Protomathesis", Kap. 13, fol. 74: „. . . demitte ex ipsa regula perpendiculum filo colligatum, in quam partem volueris . . .".

[91] Als „Triangulationsinstrument" läßt sich das „Quadratum" Schißlers bezeichnen, weil es möglich war, mit ihm verjüngte schiefwinklige Dreiecke darzustellen; die Angabe von Schmidt ([24] S. 378), daß es in 2 benachbarten Ecken je eine Al-idade besaß, entspricht aber nicht den Tatsachen. Der Irrtum findet wohl seine Erklärung in der falschen Deutung einer Zeichnung Schißlers (vgl. Bild 32, rechter Teil): Messung der Turmhöhe nach dem Grundverfahren, wenn vorher vom selben Ort aus die Entfernung zum Turmfuß ebenfalls nach dem Grundverfahren bestimmt wurde. Schißler stellt also 2 aufeinanderfolgende Messungen in 1 Zeichnung dar; deshalb sind 2 Al-idaden an einem Meßquadrat sichtbar. — Die Triangulationsinstrumente haben sich nicht durchgesetzt; an ihre Stelle trat das Meßtischverfahren von Praetorius (1590: von Schwenter 1618 veröffentlicht).

3. *Die mit dem Instrument zu lösenden Aufgaben*

Das Instrument Schißlers diente wie jedes Meßquadrat zur mittelbaren Messung von Strecken; sein Bau gestattete aber auch die Ausführung von Nivellierungen und Vertikalwinkelmessungen [92].

a) Nivellierungen, Vertikalwinkelmessungen

Das Instrument war ein sehr einfaches und praktisches Nivelliergerät. Um Nivellierungen ausführen zu können, stellte man die Tafel so ein, daß CD waagerecht verlief. Zum Zielen benutzte man die Lochdiopter L_1, L_2 der Meßtafel.

Um Vertikalwinkel (Erhebungswinkel der Sonne, der Gestirne oder eines anderen Objektes) zu messen, wurde CD nicht genau waagerecht gestellt und die Tafel dann festgeschraubt, sondern diese in der pendelnden Lage belassen. Man zielte nun unter Drehen der Tafel mit Hilfe der Diopter L_1 und L_2 die betreffende Richtung ein; in dieser Stellung wurde die Tafel festgeschraubt. Die Pendelsetzwaage wurde auf die Lochdiopter gesetzt und der Neigungswinkel von CD zur Waagerechten am Gradbogen abgelesen. Dieser Neigungswinkel war gleich dem zu messenden Vertikalwinkel.

Man konnte umgekehrt mit Hilfe der Pendelsetzwaage die Tafel so einstellen, daß CD einen bestimmten Neigungswinkel zur Waagerechten besaß. Bei Ausmessung einer geneigt liegenden Strecke war z. B. diese Einstellung vorzunehmen (vgl. Bild 31).

b) Mittelbare Streckenmessungen

Schißler verkündet mit folgenden Worten in der Einleitung der „Geometria" sein Meßprogramm: „Zue messen ist alle Höhe, Thüffe, Weytte, Lenge und braitte. Diß alles an einem Ortt, on alles hin und hergehn, auch one alle soundere Rechnung."

Einige dieser Vermessungsaufgaben haben wir oben kennengelernt, ebenso die Verfahren, die Schißler mit den kurzen Hinweisen „alles an einem Ortt, on alles hin und hergehn, one alle soundere Rechnung" meint. Zur Lösung der Aufgaben wurde entweder das Grundverfahren oder das mechanisch-graphische Verfahren angewendet; bei manchen Aufgaben fanden beide Verfahren nacheinander Anwendung. Auf diese Weise maß man 1. waagerecht oder geneigt liegende Strecken, die vom Standort der Messung ausgingen bzw. in ihrer Verlängerung durch diesen liefen, 2. senkrecht stehende Strecken (Höhen und Tiefen), deren Fußpunkt zugänglich war oder nicht, und 3. beliebig liegende Strecken (z. B. die Entfernung von 2 fernen Orten).

---

[92] Das eigentliche Meßquadrat $ABCD$ wurde hierzu natürlich nicht verwendet; es wurde nur für Streckenmessungen gebraucht.

Schißler behandelt die Aufgaben in seiner „Geometria“ nicht in dieser systematischen Folge; er bespricht denselben Fall oft viele Kapitel später in etwas anderer Fassung noch einmal. Die 20 Kapitel haben folgenden Inhalt:

Kap. 1—5:	Messung der Entfernung zu einem Ort, der mit dem Standort in derselben Höhe liegt (Grundverfahren);
Kap. 6:	Messung der Entfernung zu einem Ort, der mit dem Standort nicht in derselben Höhe liegt (Grundverfahren);
Kap. 7/8:	Messung einer Höhe; Fußpunkt zugänglich (mechanisch-graphisches Verfahren);
Kap. 9:	entspricht Aufgabe von Kap. 6;
Kap. 10:	Messung der Entfernung von 2 Türmen (Grundverfahren und mechanisch-graphisches Verfahren);
Kap. 11—13:	Messung einer Höhe; Fußpunkt nicht zugänglich (Grundverfahren und mechanisch-graphisches Verfahren);
Kap. 14:	entspricht Aufgabe von Kap. 10;
Kap. 15/16:	entspricht Aufgabe von Kap. 6;
Kap. 17/18:	entspricht Aufgabe von Kap. 11 bzw. 12, 13;
Kap. 19/20:	Messung einer Höhe; Fußpunkt zugänglich (Grundverfahren).

4. *Zusammenfassende Würdigung*

Die Entwicklung des Meßquadrates hat in dem Instrument des deutschen Mechanikers Christoph Schißler ihren Höhepunkt erreicht. Das „Quadratum“ Schißlers ist das bedeutendste Beispiel dieser Instrumentengattung und das kunstvollste mathematische Meßinstrument, das im 16. Jahrhundert gefertigt wurde. 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.

Die Befestigung des Meßquadrates an einer Säule, die 1000-Teilung der Quadratseite, die Transversalteilungen, die in Erz gegrabenen Quotiententafeln, die nomographische Bruchbestimmung, die Vermeidung der Unterscheidung von 2 Punktarten und das angewandte mechanisch-graphische Verfahren kennzeichnen seine Sonderstellung und Einzigartigkeit.

Nivellierungen, Vertikalwinkelmessungen und alle mittelbaren Streckenmessungen konnte man mit diesem vielseitigen Instrument durchführen. Es besaß die Vorteile eines Metallinstrumentes (Festigkeit, Widerstand gegen Temperatureinflüsse), war aber trotzdem noch handlich. Leider war die Tafel nicht durch ein Kugelgelenk mit der Säule verbunden. Ablesefehler ließen sich bei einer gewissen Übung infolge der genauen und übersichtlichen Teilungen weitgehend vermeiden. Die Aufstellung des Instrumentes war hinreichend genau durchzuführen. Bei der Einzielung sehr ferner Punkte (u' sehr klein) war es leicht möglich, daß die Richtung wegen undeutlicher Sicht um ein geringes verfehlt wurde; die Kante der Al-idade schnitt dann mindestens einen um 1 zu großen oder zu kleinen Punkt der 1000-Punkt-Skala ein. Die Fehlerrechnung zeigt, daß man bei kleinem u' ($u' \leqq 50$) besonders sorgfältig einzuzielen und abzulesen hatte, um halbwegs genaue Ergebnisse zu erhalten; für $u' > 50$ blieb der mögliche prozentuale Fehler in erträglichen Grenzen (bis 3%). Schißler hat den Bau eines größeren und damit noch genauer arbeitenden Instrumentes geplant (Bemerkung in der ,,Geometria"), hat aber dieses Vorhaben nicht zur Ausführung gebracht, denn die 1579 und 1599 gefertigten Meßquadrate besitzen nahezu dieselbe Größe wie das Dresdner Instrument.

Da natürlich im Laufe der Jahrhunderte das Dresdner Instrument gelitten hatte (Verbiegungen, Verziehungen der Quadratseiten), war eine unmittelbare Nachprüfung der einstigen Meßgenauigkeit durch Ausführung von Messungen bekannter Strecken nur schwer möglich. Es wurde die Messung einer waagerecht liegenden Strecke (Grundverfahren), bei der man das Instrument noch am ehesten genau einstellen konnte, auf der Terrasse des Dresdner Zwingers durchgeführt. Sie ergab für eine abgesteckte 20-m-Strecke 20,16 m, d. h. 0,8% Fehler.

Ob das Instrument bei den kursächsischen Vermessungsarbeiten benutzt worden ist, läßt sich mit Sicherheit nicht angeben. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Einzigartigkeit, vor allem die künstlerische Form dieses Meßquadrates Kurfürst August schon bald nach der Erwerbung (1569) bewogen haben, es als besonderes Schaustück in seiner Kunstkammer dauernd aufzustellen. In dem Inventarverzeichnis der Kunstkammer von 1587 ist es, wie oben schon angegeben, eingetragen. Es ist also möglich, daß es zumindest nach 1587 für Vermessungen nicht mehr benutzt worden ist.

Es ist abschließend noch zu bemerken, daß E. Reinhold (Bericht vom Feldmessen und Markscheiden, Erfurt 1574) zu der Zeit, als Schißler das schönste Meßquadrat schuf, dieses Instrument bei mittelbaren Streckenmessungen ausschaltet. Er gebraucht nur den Quadranten für Winkelmessungen und berechnet dann mit Hilfe einfacher trigonometrischer Tafeln Höhen, Entfernungen usw. (Entnahme der umbra-Zahl für den gemessenen Winkel aus der Tafel, Berechnung der gesuchten Strecke mit Hilfe einer Proportion wie beim ,,Meßquadratverfahren"). Er hat damit eine neue Entwicklung eingeleitet, ein ,,halbtrigonometrisches Verfahren" angewendet und dem eigentlichen ,,trigonometrischen Verfahren" (vgl. [73]), das im 18. Jahrhundert nach Vervollkommnung der Winkelmeßinstrumente neben dem Meßtischverfahren und dem Gebrauch optischer Distanzmesser für mittelbare Streckenmessungen Anwendung findet, den Weg geebnet. Das Meßquadrat wurde dadurch entbehrlich. Das bedeutet eine gewisse Tragik in Schißlers Schaffen; sein Meßquadrat hätte sonst sicherlich eine viel größere Verbreitung gefunden. Dies ist ihm auch bewußt geworden, sonst würde er die schon 1569 geplante Vergrößerung seines Meßquadrates zur Ausführung gebracht haben. Schißlers Instrument ist also gleichzeitig Höhepunkt und Abschluß einer jahrhundertelangen Entwicklung; es sichert damit seinem Schöpfer einen angesehenen Platz in der Geschichte der Mathematik und der Feldmeßkunst.

IV. ANHANG

DAS OXFORDER UND DAS FLORENTINER „QUADRATUM GEOMETRICUM" VON CHRISTOPH SCHISSLER

Nach dem Dresdner „Quadratum geometricum" von 1569 fertigte Schißler 1579 und 1599 zwei weitere Instrumente dieser Gattung. Es ist von Wichtigkeit, nach der Würdigung des Dresdner Instrumentes auch diese beiden Arbeiten Schißlers einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Sie zeigt uns, daß das Quadratum Schißler während seines ganzen Lebens beschäftigt hat und daß besonders durch diese Instrumente der Meister über die Grenzen Deutschlands hinaus Aufsehen erregte.

1. *Das Oxforder „Quadratum geometricum" aus dem Jahre 1579*

Die Geschichte des Instrumentes. Wir haben oben bemerkt (S. 46), daß das Oxforder „Quadratum" mit dem Instrument identisch ist, daß Schißler 1579 für Kaiser Rudolf II. fertigte. Der Kaiser bestätigte den Eingang dieses Instrumentes in seiner „camer" (Kunstkammer) in einer Zahlungsanweisung an den Landvogt Georg Ilsung von Schwaben vom 17. 7. 1579 aus Prag (Bobinger [2] S. 132): „Es sind dem geometrischen und astronomischen werkmaister in Augspurg fur un vergult instrument, welches genant wiert „Quadratum geometricum" mitsambt seiner zuegehör und auch vier zürgln (Zirkel), welches alles er in unser camer also richtig gemachter überantwort, 300 Thaler gegen Quittung zu bezahlen."

Das Instrument (Bild 43 und 44) befindet sich zur Zeit als Leihgabe der Bodleian-Bibliothek von Oxford im „Museum of the History of Science (Old Ashmolean Building)" dieser Stadt. Seit 1601 ist die Bodleian-Bibliothek im Besitz dieses „Quadratum" Schißlers. William Dunn Macray (Annals of the Bodleian Library Oxford, Oxford 1890, S. 25) berichtet unter dem Jahr 1601:

„Capt. Josias Bodley übergab eine Armillarsphäre und andere astronomische Instrumente aus Messing. Eines von diesen ist ein Quadrant, der die Inschrift trägt: „Christophorus Schissler Geometricus Ac Astronomicus Artifex Augustae Vindelicorum Faciebat Anno Domini 1579" (Christoph Schißler, geometrischer und astronomischer Künstler aus Augsburg, fertigte dieses Instrument im Jahre 1579).

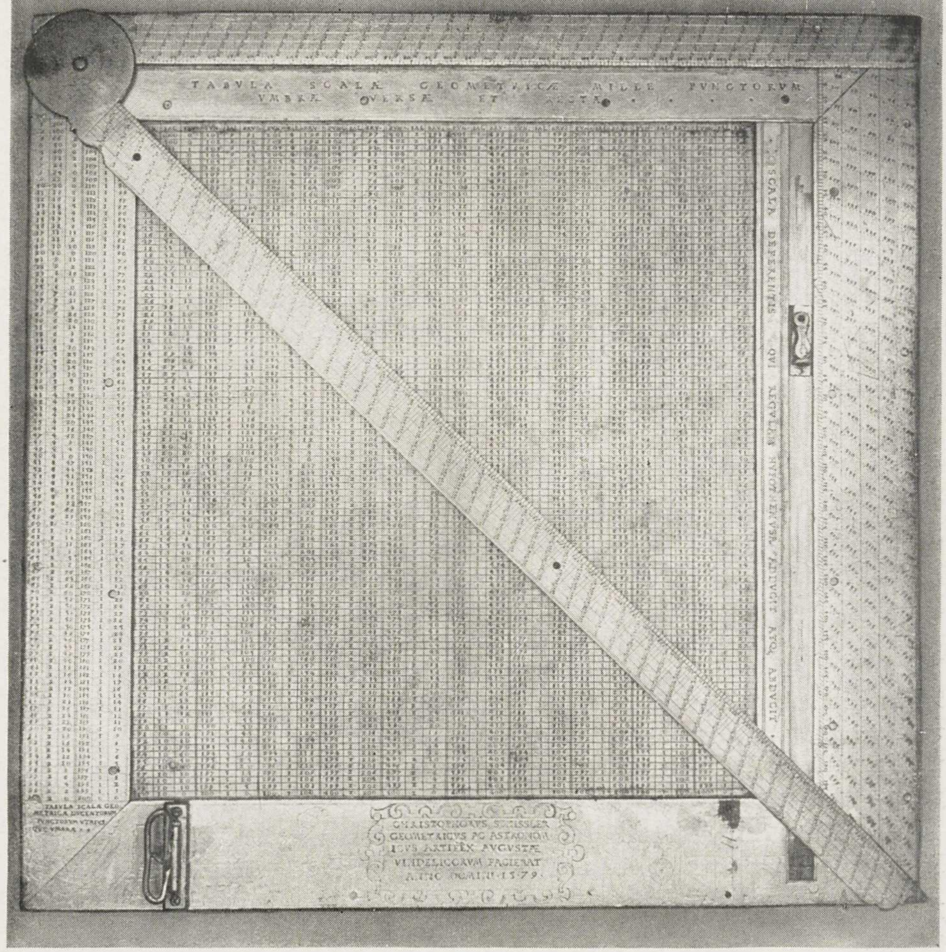


Bild 43
Das Oxforder „Quadratum geometricum“
von Christoph Schißler, 1579
Die Meßtafel

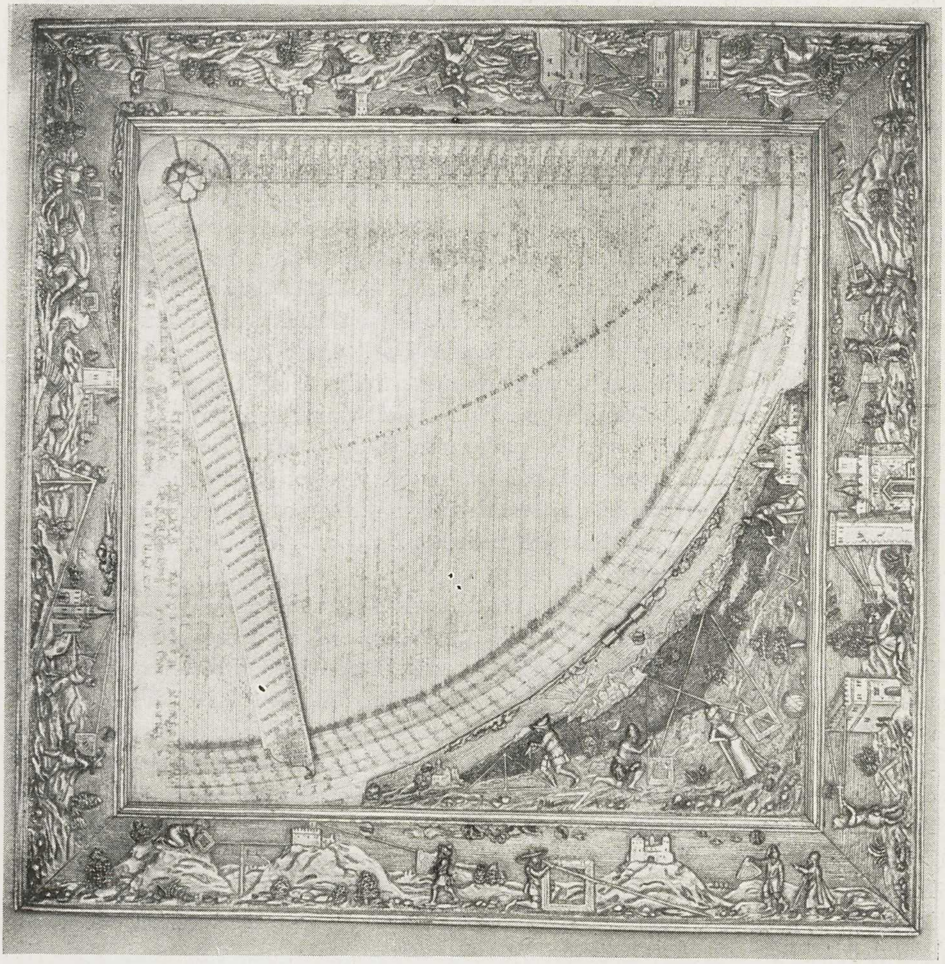


Bild 44
Das Oxforder „Quadratum geometricum“
von Christoph Schißler, 1579
Die Rechentafel

Auch im ,,Registrum Donationum“ (Vol. I, 1600—1688, p. 35) der Bodleian-Bibliothek wird der Eingang zusammen mit anderen Instrumenten für das Jahr 1601 angegeben: Donum IOSIAE BODLEY, Praefecti Duncanon in Hybernia. Anulus Astron. aeneus. Sphaera aenea. Quadrans Astron. aeneus (= ,,Quadratum“!). Circini & Regul. Astron. aeneae. — Es ist möglich, daß die Instrumente erst 1613 endgültig der Bodleian-Bibliothek aus London überwiesen worden sind, wie aus einer anderen Aktennotiz herausgelesen werden kann (vgl. Gunther [3a], II, S. 148); jedenfalls steht aber fest, daß das ,,Quadratum“ 1601 in England gewesen ist. Der Quadrantbogen der Rechentafel gab wohl die Veranlassung, daß man das Instrument unrichtig als ,,Quadrant“ bezeichnete.

Die 1601 von J. Bodley zusammen mit dem ,,Quadratum“ übergebene Armillarsphäre oder Ringkugel, die sich ebenfalls noch in Oxford befindet, war vorher im Besitz des Grafen von Northumberland; sie trägt sein Wappen (Gunther [3a], II, S. 149). Henry Percy (1564—1632), Graf von Northumberland (seit 1585), Ritter des Hosenbandordens (seit 1593), wurde zu seiner Zeit der ,,Zaubergraf“ genannt (the ,,Wizard Earl“). Er war der Mathematik, Astrologie und Alchimie sehr zugetan und leidenschaftlicher Sammler von Instrumenten, die ihn interessierten. Es besteht danach wohl kaum ein Zweifel, daß ihm auch das interessante ,,Quadratum“ gehört hat. Wie der Graf in den Besitz dieses ehemals kaiserlichen Instrumentes gekommen sein könnte, läßt sich nicht angeben. Jedenfalls haben ihn seine Reisen auch nach dem Festland geführt (Paris 1582); Verbindungen zum kaiserlichen Hof und zu Schißler sind damit nicht ausgeschlossen.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch, daß der Erbauer der Armillarsphäre des Grafen nicht bekannt ist. Die Ziffern dieses Instrumentes ähneln sehr denen der Arbeiten Schißlers; 3 Löwen tragen die Armillarsphäre und beim Dresdner ,,Quadratum“ die Standsäule! Vielleicht ist diese Armillarsphäre auch ein Werk Schißlers, das er um 1580, wie sich aus astronomischen Markierungen auf dem Instrument ergibt, für den Grafen gefertigt hat; eines der letzten Werke des Meisters ist ja auch ein solches Instrument, die große Armillarsphäre von 1605.

Schließlich sei noch ein Bericht von Z. K. von Uffenbach (Reisen III, S. 99, Frankfurt und Leipzig 1753) von seinem Besuch in Oxford (19. 8. 1710) erwähnt. Er sagt, daß der ,,Goldene Quadrant“ in einem Fach des hölzernen Podestes, auf dem die Armillarsphäre stand, aufbewahrt wurde. Die Zusammengehörigkeit beider Instrumente kommt durch diese Feststellung nochmals zum Ausdruck. Im übrigen ist Uffenbachs geringschätzige Beurteilung der feinmechanischen Arbeiten Schißlers am ,,Quadratum“ (Teilungen) völlig unberechtigt und abzulehnen, wie dies schon von Bobinger ([2] S. 60) geschehen ist.

Der Aufbau des Instrumentes. Der Aufbau des Oxforder ,,Quadratum“ entspricht dem des Dresdner Instrumentes. Schißler sah sich also 10 Jahre nach der Herstellung seines 1. Meßquadrates nicht veranlaßt, Änderungen bei einer Neuanfertigung vorzunehmen; dies spricht für die Vollkommenheit seiner Konstruktion.

Gunther [3a] beschreibt das Oxforder Instrument (S. 340—44). Er schildert vor allem das Äußere. Es wird nicht berichtet, wie das Instrument gebraucht wurde; auf die Zahlenreihen der Meßtafel wird nicht eingegangen. Gunther macht außerdem einige fehlerhafte Angaben, auf die bei Besprechung des Dresdner „Quadratum" hingewiesen wurde (S. 58, [60], [79]); dort sind auch die Bezeichnungen von Einzelteilen, die auf beiden Instrumenten unterschiedlich angegeben sind, vermerkt worden ([54], [70], [75]). Die Meß- und Rechentafel werden von Gunther im Maßstab von rund 1 : 2 wiedergegeben, so daß Einzelheiten sehr gut zu erkennen sind.

Vom gesamten „Quadratum geometricum" befinden sich heute in Oxford nur die quadratische Tafel $A_1B_1C_1D_1$ (Bild 21 und 43) mit der Al-idade und der Regel R (Bild 24 und 44) und die Pendelsetzwaage (Bild 34); es fehlen also Säule und Medial. Der noch vorhandene Kasten zur Aufbewahrung des „Quadratum" und der Pendelsetzwaage ist wahrscheinlich nicht das Originalstück.

Beachtlich sind folgende Unterschiede zwischen dem Dresdner und Oxforder Instrument. Die linken und rechten Relief-Randleisten (Bild 24: 1 und 3) sind vertauscht. Die an den 4 Seiten des Quadrates $A_1B_1C_1D_1$ angebrachten Verzierungsstücke (Bild 22: R_1, R_2, S_1, S_2) fehlen beim Oxforder „Quadratum" (damit fehlt auch die Möglichkeit einer Aufhängung der Tafel); die Teilung AB (200-Punkt- bzw. 1000-Punkt-Skala) und die Teilung der Al-idade beginnen nicht im Drehpunkt A der Al-idade, sondern rechts davon, d. h. dort, wo der kreisförmige Kopf der Al-idade endet. Das Medaillon zum Festschrauben der Al-idade und die beiden kleinen Zieldreiecke an der Al-idade fehlen beim Oxforder Instrument, ebenso eines der beiden Lochdiopter (L_2) an der Seite CD (vgl. Bild 22). Von besonderem Interesse ist der veränderte Skalenbeginn der Seite AB und der Al-idade der Meßtafel. Die entsprechenden Skalen der Rechentafel beginnen demgegenüber ordnungsgemäß im Drehpunkt der Regel.

Die Skala der Seite AB und die der Al-idade werden zusammen mit dem Medial zu Vermessungen nach dem mechanisch-graphischen Verfahren gebraucht. Hierfür ist es notwendig, daß der Drehpunkt der Al-idade A Skalenbeginn ist. Er ist ja stets eine Ecke der konstruierten verjüngten Dreiecke (vgl. Bild 40). Es ist nun wohl kaum anzunehmen, daß der so exakte Geometer Schißler die verkehrten Skalenanfänge, die zu falschen Meßergebnissen führen mußten, bei der Konstruktion des „Quadratum" übersehen hat. Der Fehler läßt sich nur dadurch erklären, daß nachträglich von unkundiger Hand Änderungen am Instrument vorgenommen worden sind. Vielleicht hat es jemand für das Arbeiten mit den Teilungen als praktischer angesehen, die Skalen dort beginnen zu lassen, wo sie durch die Verschraubung nicht mehr verdeckt werden, eine Ansicht, die eben falsch ist. Oder die ursprünglichen Skalen sind unbrauchbar geworden und wurden durch die fehlerhaften ersetzt.

Bei dieser Gelegenheit sind vielleicht auch die beiden Randleisten vertauscht und die 4 Verzierungsstücke entfernt worden, da diese für andere Zwecke gebraucht werden konnten. Die Aufhängung der Tafel in den Verzierungsstücken war auch überflüssig geworden, wenn schon damals die Befestigungssäule nicht mehr vorhanden war.

Schließlich ist noch die Feststellung interessant, daß die Hauptdimensionen beider Instrumente nicht gleich sind, wenn auch der Unterschied gering ist. Die Länge der Quadratseite A_1B_1 beträgt beim Dresdner Instrument 37,4 cm, beim Oxforder dagegen 39,5 cm (beim Florentiner Instrument 37,5 cm), die Meßquadratseite $AB = BC$ ist 30,6 bzw. 32,7 cm (35 cm). Daraus ist ersichtlich, daß 1579 die Teilungen und auch die Relief-Randleisten neu angefertigt werden mußten und Schißler nicht auf von 1569 noch vorhandene Teilungsschablonen bzw. Gußformen zurückgegriffen hat. Bei genauer Betrachtung sind auch kleine Unterschiede bei denselben Reliefs festzustellen. Bobingers Ansicht ([2], S. 56f.), daß dieselben Gußformen für die Reliefs verwendet wurden, kann also nicht zugestimmt werden.

Wir sehen, das Oxforder ,,Quadratum" ist eine vollkommene Neufertigung, dem Dresdner Instrument in allen seinen Einzelheiten nachgebildet.

2. *Das Florentiner ,,Quadratum geometricum" aus dem Jahre 1599*

Die Geschichte des Instrumentes. Bobinger berichtet ([2] S. 50), daß ein 3. ,,Quadratum" Schißlers gegen Ende des 16. Jahrhunderts im Fuggerschloß Oberndorf vorhanden gewesen sein muß. Er bezieht sich hierbei auf eine Eintragung im Inventar Anton Fuggers des Jüngeren vom Schloß Oberndorf (Fuggerarchiv Augsburg, Bd. 1, 2, 30). Es heißt dort: ,,In einem Rothen Fueteral ein groß quatrant Instrument vergullt, von Christoph Schißler, darbey die Instruction mit C. signiert." Weiterführende Angaben werden von Bobinger nicht gemacht. Nun fand der Verfasser bei G. Boffito (Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti. Firenze 1929. S. 197, 199, 200, 202, 204) die Angabe, daß sich im Galilei-Museum von Florenz (Tribuna di Galileo) einige Schißler-Instrumente befinden, die bisher im deutschen Schrifttum nicht verzeichnet sind. Zu ihnen gehört ein Instrument, ,,Quadrant" genannt, das wie folgt gekennzeichnet wird (S. 197): ,,. . . quadrante orario di rame dorato m. 1,30 alt., 0,37 di lato (Vergoldeter Messingquadrant 1,30 m hoch, Seitenlänge 37 cm). Es wird noch die Inschrift auf dem ,,Quadranten" genannt: ,,Christophorus Schissler senior geometricus ac astronomicus artifex. Augustae Vindelicorum anno 1599" (Christoph Schißler der Ältere, geometrischer u. astronomischer Künstler. Augsburg im Jahre 1599). Diese Angaben, auch die genannten Maße, die denen des Dresdner ,,Quadratum" entsprechen, ließen vermuten, daß es sich bei diesem Florentiner Instrument um das gesuchte 3. ,,Quadratum" Schißlers handelt.

Dieses Instrument ist nach Boffito (S. 160) auch im 1. Inventarverzeichnis der Sammlung der Medizeer in den Uffizien von Florenz (Primo inventario della Collezione Medicea agli Uffizi) vom Jahre 1638 angeführt: „Uno strumento d'ottone grande in su un trepiede di legno nero per veder lontananze protondita altezze . . .“ (Großes Messinginstrument auf einem Dreifuß aus schwarzem Holz, um Entfernungen, Tiefen und Höhen zu messen . . .).

Die Instrumente der Sammlung der Medizeer befinden sich heute 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) ist unser Instrument unter Nr. 155/156 angeführt (S. 77) und kurz beschrieben; eine Abbildung ist nicht beigefügt. Das im Fugger-Inventar (vgl. S. 86) erwähnte „rote Futteral“ wird auch hier genannt; eine Befestigungssäule ist vorhanden. Die Untersuchung der von der Florentiner Museumsleitung zur Verfügung gestellten Aufnahmen des Instrumentes (Bild 45, 46, 47) zeigte, daß es sich hierbei — wie vermutet — um ein „Quadratum geometricum“, um das gesuchte 3. „Quadratum“ Schißlers handelt.

Außerdem gestattet das Instrument, Zeitmessungen und andere astronomische Berechnungen durchzuführen; es ist damit auch ein Stunden- bzw. Sonnenquadrant und unterscheidet sich in dieser Hinsicht grundlegend von den Instrumenten von 1569 und 1579. Die oben mehrfach angeführte Bezeichnung „Quadrant“ für dieses Schißler-Instrument findet hiermit seine Begründung, besonders wenn man berücksichtigt, wie sehr das Auge des Beschauers von dem Quadrantbogen gefangen wird (vgl. Bild 45). Der Quadrant ist für die Breite (Polhöhe) 48° 15′ konstruiert; es ist dies die Breite von Oberndorf. Wir dürfen daraus schließen, daß das Florentiner Instrument mit dem von Oberndorf identisch ist.

Wie und wann ist es nun von Oberndorf nach Florenz gekommen? Diese Fragen sind leicht und mit ziemlicher Sicherheit zu beantworten. Schißler hat das Instrument 1599, 9 Jahre vor seinem Tod, für Anton Fugger, einen bedeutenden Vertreter des berühmten Handelshauses seiner Vaterstadt, gefertigt. Bekanntlich standen die Fugger mit den Medizeern in enger privater und geschäftlicher Verbindung. Es ist nun weiterhin bekannt (Katalog der Florentiner Sammlung S. 77), daß Fürst Mattias (1613—67), Sohn des 4. Großherzogs von Florenz Cosimo II. (1590—1620) und Bruder des 5. Großherzogs Ferdinand II. (1610—70), wie sein Vater und Bruder Freund der Wissenschaften und Künste, mehrfach Deutschland bereist hat und von diesen Fahrten Kunstwerke und wissenschaftliche Instrumente mit nach Florenz brachte. Ein Besuch im Hause der Fugger in Augsburg und Oberndorf hat sicher stattgefunden; hierbei wird er auch Schißler kennengelernt und neben anderen Instrumenten des Meisters auch das „Quadratum“ von 1599 durch Kauf oder Schenkung erworben haben. So ist einige Jahre vor 1638 (Eintrag des Instrumentes im

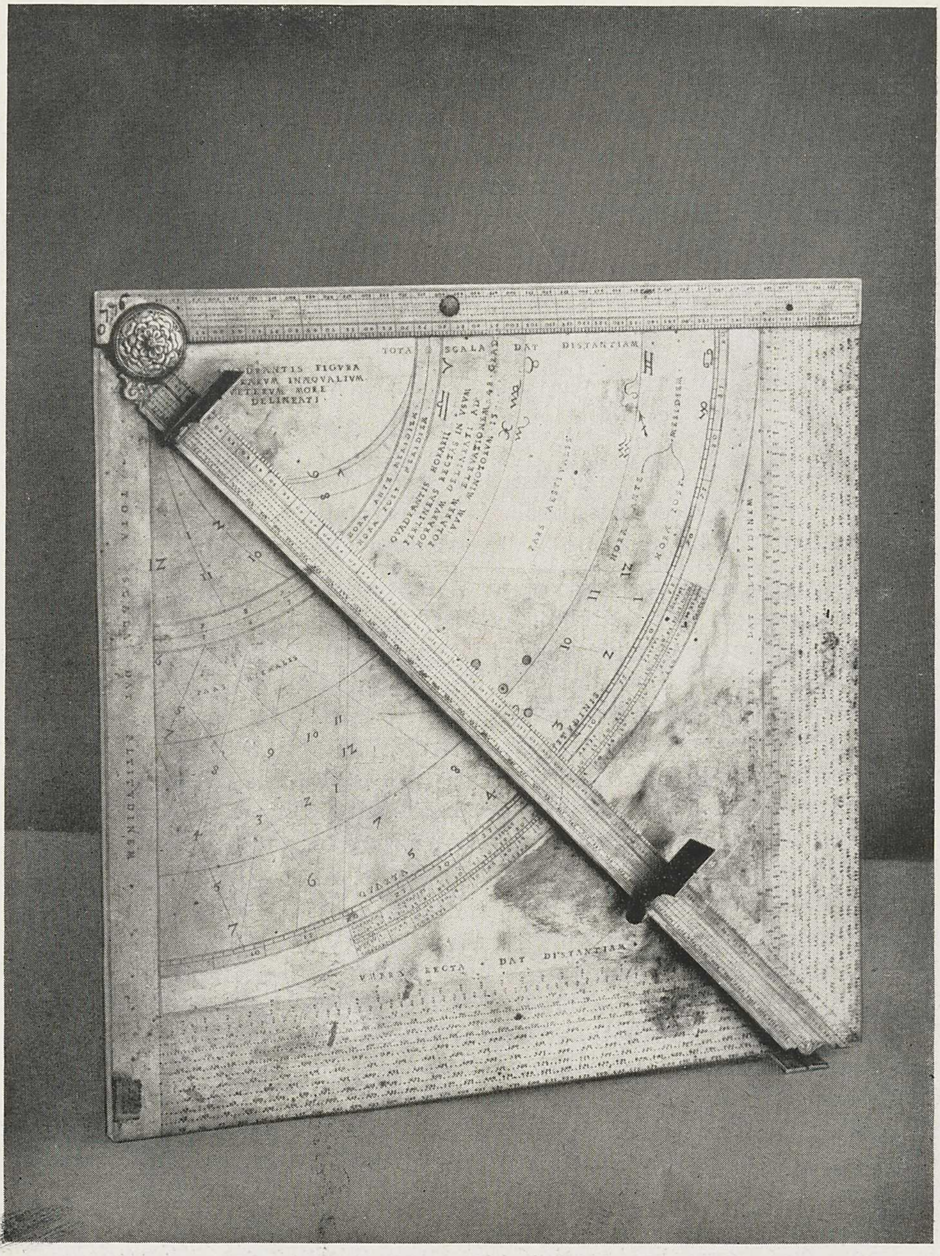


Bild 45
Das Florentiner „Quadratum geometricum“ von Christoph Schißler, 1599
Die Meßtafel

Bild 46
Das Florentiner „Quadratum geometricum“ von Christoph Schißler, 1599
Rückseite

Medizeer-Inventar von 1638) das „Quadratum“ von 1599 in die Sammlung der Medizeer gekommen und in Florenz bis heute verblieben.

Der Aufbau des Instrumentes. Interessant ist der Aufbau dieses letzten Meßquadrates des Meisters. Die Hauptmaße der quadratischen Tafel wurden beim Oxforder „Quadratum“ schon genannt und seien hier nochmals angegeben: $A_1B_1 = 37{,}5$ cm (Dresden $= 37{,}4$; Oxford $= 39{,}5$); $AB = 35$ cm (Dresden $= 30{,}6$; Oxford $= 32{,}7$).

Betrachten wir das Instrument näher (Bild 45 und 46), so fällt uns zuerst auf, daß hier keine Verzierungen und Reliefdarstellungen vorhanden sind (lediglich bei der kleinen Befestigungsscheibe der Al-idade). Weiterhin stellen wir mit Erstaunen fest, daß die eine Fläche des Instrumentes (Bild 46) für Vermessungszwecke nur gebraucht wird, um mit Hilfe der beiden links oben und unten sichtbaren Diopter die Tafel in eine bestimmte Richtung einzuzielen, wenn sie horizontal bzw. geneigt liegt; die drehbaren Diopter hängen dann nach unten.

Die in der Mitte der Tafel sichtbare Schraube mit Flügelmutter dient zur Befestigung der Tafel an einer Standsäule, vertikal wie im Bild 47, aber — wie die Diopter verraten — auch horizontal bzw. geneigt. Die Konstruktion der Säule machte es wahrscheinlich möglich, die Tafel auch horizontal bzw. beliebig geneigt einzustellen; dafür spricht auch die Befestigung der Tafel in ihrer Mitte und nicht — wie bisher — am Rand. Dies wäre ein Fortschritt gegenüber den Instrumenten von 1569 und 1579.

Die Flügelmutter der Schraube oben rechts dient zur Feststellung der Al-idade, die auf der anderen Fläche der Tafel an dieser Schraube drehbar befestigt ist. — Bild 47 zeigt uns die Tafel in vertikaler Lage an einer hölzernen, ausziehbaren Säule befestigt. Wir befinden uns am Arno-Ufer, im Hintergrund ist die berühmte Florentiner „Alte Brücke“ (Ponte vecchio) sichtbar.

Die Säule gehörte ursprünglich nicht zum Instrument; sie besitzt nicht den im Medizeer-Inventar von 1638 genannten Dreifuß, sondern eine Eisenspitze zum Eintreiben in den Boden. Im Medizeer-Inventar von 1654 wird eine zerlegbare, hölzerne Befestigungssäule, die eine Eisenspitze besitzt, angeführt (vgl. Katalog der Florentiner Sammlung S. 77). Diese wird wohl mit der heutigen Säule identisch sein. Sie wurde für die ursprünglich von Schißler gefertigte und vielleicht unbrauchbar gewordene Säule zwischen 1638 und 1654 hergestellt.

Die Hauptfläche des Instrumentes (Bild 45) können wir auch hier Meßtafel nennen. Quotiententafeln finden wir auf dieser Fläche nicht eingetragen; der Quadrantbogen entspricht nicht dem der Rechentafel der beiden anderen Instrumente, sondern ist ein Gradbogen zur Winkelmessung, ausgeteilt in 90°.

Innerhalb des Quadrantbogens befinden sich die Teilungen und Bezeichnungen des Stunden- bzw. Sonnenquadranten zur Zeitmessung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Alle übrigen Teilungen dienen mittelbaren Streckenmessungen. Wir finden — wie bei den beiden anderen Instrumenten — die 200- bzw. 1000-Punkt-Skala

Bild 47
Das Florentiner „Quadratum geometricum“ von Christoph Schißler, 1599

der Seite AB (bezeichnet mit ,,Tota scala dat distantiam"). Endpunkt B liegt hier am rechten Tafelrand. Dieselbe transversale Teilung finden wir auf der Al-idade (bis Punkt 275 bzw. 1325 — hierbei ein Fehler: 1050 zweimal eingeschlagen, die folgenden Zahlen dadurch je um 25 zu klein); beide Teilungen beginnen im Drehpunkt A der Al-idade. Nun ist sicher ein Medial mit derselben Teilung vorhanden gewesen, und damit war die Streckenmessung nach dem mechanisch-graphischen Verfahren durchführbar.

Die rechte Quadratseite BC ist nicht wie bei den beiden anderen Instrumenten transversal in 1000 Punkte ausgeteilt. Da auch die Quotiententafeln und die Rechentafel fehlen, war mit dem Florentiner ,,Quadratum" das Grundverfahren nicht durchzuführen; Schißler ist in diesem Fall von ihm abgekommen und damit auch von seinem so wertvollen Gedanken, verschiedene ,,Punktarten" zu vermeiden (vgl. S. 68). Er verwendet hier also — wie dies beim gewöhnlichen Meßquadrat immer der Fall war — 2 Punktarten. Die Seite BC wird wie üblich als ,,umbra versa" und die Seite CD — bei diesem Instrument auch ausgeteilt! — als ,,umbra recta" bezeichnet.

Interessant ist, daß an beiden Seiten nicht nur eine Teilung vorhanden ist; wir sehen — parallel nebeneinander gelegt — 13 verschiedene Teilungen! Man kann also sagen, daß Schißler 13 einzelne Meßquadrate verschiedener Größe und mit verschiedenen Teilungen, aber mit demselben Eckpunkt A, ineinander gelegt hat. Die kleinste Teilungseinheit ($r = 12$) liegt innen, die größte ($r = 1000$) außen. Es sind folgende 13 Einheiten eingetragen: $r = 12$, 30, 60, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000. Hierbei ist aber zu beachten, daß nur für die Teilungseinheiten $r = 12, \ldots, 200$ die Skalen wirklich die betreffende Anzahl Teile aufweisen; die übrigen Skalen sind in weniger Teile geteilt, als die Teilungseinheit angibt. Dafür hat aber jeder Teil den 2-, 4- oder 5fachen Zahlenwert. Beispiel: $r = 1000$; die beiden Seiten BC und CD sind in 200 Teile geteilt, jeder Teil besitzt den Wert 5; beziffert ist vom 5., 10., 15., . . . 200. Teilpunkt mit 25, 50, 75, . . . , 1000. — Größere Teilungszahlen als 200 sind bei der Teilung der Quadratseiten nicht verwendet worden; ebenso finden hier transversale Teilungen keine Anwendung. Die 13 Skalen stellen wie die Transversalteilungen wieder eine feinmechanische Meisterleistung Schißlers dar. Diese Konstruktion ist seine eigene Idee; nirgends findet sich eine ähnliche Skalenanordnung.

Warum wählte Schißler diese Vielzahl von Skalen bei seinem ,,Quadratum"? Es ist anzunehmen, daß seiner Konstruktion der Gedanke zugrunde lag, der im folgenden Vermessungsbeispiel dargelegt wird. Beim Arbeiten mit dem gewöhnlichen Meßquadrat — und um solche handelt es sich beim Florentiner Instrument — ist so zu verfahren wie S. 36 f. gezeigt wurde. Von Fall zu Fall sind also verschiedene Berechnungswege (= Formeln) zu verwenden; das erschwert freilich das Arbeiten mit diesem Meßquadrat.

Nehmen wir an, es ist $s = h \cdot \frac{r}{uv}$ zu bestimmen (vgl. S. 37, Bild 20 und dazugehörigen Text). Der Wert s wird sich am genauesten aus h, r und uv berechnen lassen, wenn uv genau gemessen werden kann. Das ist dann der Fall, wenn die Al-idade gerade durch einen Teilpunkt einer Skala läuft. Bei einer Auswahl von 13 Skalen wird dies fast immer mindestens einmal der Fall sein. Man wählt also den günstigsten Teilpunkt uv und hat damit auch r. Danach ist die Rechnung durchzuführen. Diese Rechnung war bei den anderen Meßquadraten Schißlers freilich nicht nötig.

Es ist auch möglich (aber nicht sehr wahrscheinlich), daß Schißler die 13 Skalen so verwendet hat, daß jegliche Rechenarbeit vermieden wurde; wir wissen, daß dies ja auch beim Grundverfahren seine Absicht war.

Wählt man im Beispiel $s = h \cdot \frac{r}{uv}$ aus den uv-Werten, die die Al-idade angibt, den Wert uv, der so groß (oder nahezu so groß) wie h ist, so ist $s = r$.

Der Aufbau des Florentiner „Quadratum“ zeigt uns, daß hierbei Schißler Konstruktionselemente seines 30 Jahre vorher gefertigten 1. Meßquadrates übernahm (mechanisch-graphisches Verfahren mit der 1000-Punkt-Skala), andere aufgab (Grundverfahren, Ausschmückung). Neu ist die Befestigung der Meßtafel und die Verwendung des gebräuchlichen Meßquadratverfahrens, freilich vervollkommnet in echt Schißlerscher Meisterschaft durch die Verwendung der 13 Skalen. So entstand 1599, 9 Jahre vor Schißlers Tod, — zur Zeit, als das Meßquadrat mehr und mehr an Bedeutung verlor — aus des Meisters Hand nochmals, fast als ein letzter Versuch, dem Quadratum weiter Anerkennung zu verschaffen, ein interessantes Meßinstrument dieser Gattung. Es ist eine schmucklose, sachliche Konstruktion, entsprechend den zu dieser Zeit zur Geltung kommenden Gestaltungsprinzipien, kombiniert mit einem Stundenquadranten zur Zeitmessung, der um 1600 durch die leistungsfähigere Taschenuhr Peter Henleins auch immer mehr verdrängt wird. Das Florentiner „Quadratum“ Schißlers ist also — insgesamt gesehen — als eine Weiterentwicklung seiner früheren Meßquadrate nicht zu bezeichnen. Wie oben bemerkt (S. 80), ist das Dresdner bzw. Oxforder „Quadratum“ Schißlers in wissenschaftlich-technisch-künstlerischer Hinsicht Höhepunkt der Entwicklung des Meßquadrates.