

# Vermessungswesen in der Ausbildung und Praxis der preußischen Offiziere im frühen 19. Jahrhundert

*... Damit dieser Streit für alle Zeit entschieden bleibe,*

*Woll'n sie der Erde mit Geometrie zu Leibe.*

*Timothy Tox, Die Grenze*

*Veröffentlicht in: Brohl, Elmar (Hrsg): Militärische Bedrohung und bauliche Reaktionen – Festschrift für Volker Schmidtchen, Deutsche Gesellschaft für Festungsforschung e.V., Marburg (2000), ISBN 3-87707-55-3*

Die Baugeschichte der Festungen hat sich in den letzten Jahrzehnten als selbständiges Feld etabliert und darf für den mitteleuropäischen Raum als halbwegs erschlossen gelten. Anders verhält es sich mit den Ingenieuren, ihrer Ausbildung, ihren Aufgaben und ihrer Formation, über die bisher nur wenige Arbeiten bekannt sind<sup>1</sup>. Praktisch unbekannt sind aber die technischen Hilfsmittel und Verfahren, derer sich die Ingenieure und die Offiziere anderer Waffengattungen bei Ihren täglichen Arbeiten bedient haben. Hierüber haben die Ingenieure wenig Nachweisbares hinterlassen, weil der Umgang mit den Techniken wohl so verbreitet und bekannt war, daß er nicht weiter beschrieben werden mußte. Der vorliegende Aufsatz soll helfen, diese Lücke zu schließen, wobei hier nur die Vermessung näher behandelt werden soll. Die folgenden Betrachtungen zu Ausbildung und Aufgaben gelten zwar nur für das preußische Ingenieurcorps von ca. 1790 bis ca. 1820, sind aber in den technischen Teilen mit Sicherheit auf die Verhältnisse anderer europäischen Staaten übertragbar.

## Ausbildung und Aufgaben

### Ingenieuroffiziere

Die Aufgaben eines Ingenieurs waren in Friedenszeiten die Instandhaltung, Planung und Leitung ziviler und militärischer Bauten in den Landesfestungen. Er bekleidete, die entsprechende Erfahrung und Anciennität vorausgesetzt, die Stellung eines Ingenieur de

la Place einer Festung, das heißt des leitenden Ingenieurs. Höher gestellte Ingenieure waren als "Brigadiers" für die Festungen einer Provinz zuständig. Im Kriege leitete er die förmlichen Belagerung von Festungen als Chef d'Attaque, die Verteidigung derselben und ließ Feldbefestigungen anlegen.

Seit 1775 wurden Ingenieure getrennt von den zivilen Bauingenieuren, in einer eigener Ingenieur-Akademie, ausgebildet. Es war der erste Versuch, eine gleichartig ausgebildete Ingenieurtruppe in Preußen zu schaffen. Zur der dreijährigen Ausbildung der Kadetten gehörten Mathematik, Grundlagen der Physik, Theorie der Artillerie- und Mineurkunst, Topographie, Vermessungswesen, Feldbefestigung, Lagerkunst, große Kriegsbaukunst (Festungsbau), Zivil- und Wasserbau<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Für Preußen: Bonin, Frobenius, Bolenz,

<sup>2</sup> Bolenz, S. 37



Abbildung 1: Ingenieuroffiziere und Eleve der Ingenieurakademie (Ramm 1803)

Der Dienst war im *Reglement für das königlich preußische Ingenieurcorps* von 14. Februar 1790 festgeschrieben. Es ist unter anderem auch bemerkenswert, daß sich der Ingenieur

*die genaue Kenntnisse aller technischen Details, aller Materialien und aller Kunstgriffe, derer sich die Handwerker bei einem Bau bedienen,*

aneignen müsse<sup>3</sup>. Das Ingenieurcorps galt deshalb in den Augen der anderen Offiziere als zunftmäßig,

*da dessen Mitglieder mit Lineal und Dreieck in der Hand eigentlich nur Baumeister in Uniform gewesen seien und das Wesentliche ihres Berufes in rein äußerlicher Nachahmung ihrer Vorbilder wie Pagan, Vauban und Coehorn erblickt hätten<sup>4</sup>.*

Die Akademie wurde 1807 nach dem verlorenen Krieg aufgelöst und die Ausbildung fand in der allgemeinen Kriegsschule statt. Von einer besonderen Bildungsschule für Ingenieuroffiziere wurde daher 1808 Abstand genommen. Ab 1810 besuchten

*die Aspiranten des Korps eine der drei Kriegsschulen zu Berlin, Königsberg und Breslau, und machten genau die gleichen Examina wie die für die Infanterie und Kavallerie vorgeschriebenen, nur wurden im Fähnrichsexamen bereits die*

*Anfangsgründe des Aufnehmens, im Offizier-Examen einige weitergehende Kenntnisse der Mathematik verlangt. Aus diesem Grund wurden die Fähnriche sofort zu wirklichen Ingenieur-Offizieren befördert.<sup>5</sup>*

Es wurde ausdrücklich festgelegt, daß *die Pioniere ... in allen ihren verschiedenen Dienstzweigen ausgebildet sein und alle Fortifikationsarbeiten gut verstehen müssen.*

Vielmehr sollten nach der AKO vom 22. Juni 1811 befähigte Offiziere und Fähnriche anderer Waffen in das Ingenieurkorps aufgenommen werden - eine Hoffnung die sich freilich nicht erfüllte, auch wenn die doppelte Besoldung eines Infanterieoffiziers gleichen Ranges gezahlt wurde.

Der empfindliche Mangel an ausgebildeten Feldingenieuren und Pionieren zu Beginn der Feldzüge führte 1813 zu der Rekrutierung von Architekten, Referendaren, Baumeistern, Baukondukteuren, Feldmessern, Markscheidern, Chausséebauern und Berg- und Hüttenbeamten, Stollensteiger<sup>6</sup>, , da Offiziere aus anderen Waffengattungen - namentlich der Infanterie - nur wenig Neigung und nur selten die nötigen Kenntnisse zum Ingenieurdienst hatten (Abb. 1). So kam es, daß ab 1813 entweder nur sehr lang gediente Offiziere oder junge Offiziere beim Ingenieurkorps standen. Auch spielte das Ansehen eine Rolle, wie der Freiwillige Meno Burg, ausgebildeter Bauzeichner und Kondukteur, im März 1813 urteilt:

*Die anderen Architekten, die mit mir nach Breslau kamen, traten dem Ingenieurcorps als Freiwillige bei und wurden sogleich vom General Scharnhorst als Ingenieurgeographen angestellt. Ich aber war der Meinung, daß Ingenieure nicht so kombattant sind und an den Schlachten und Kriegereignissen nicht so tätigen Anteil nehmen können wie die Infanterie<sup>7</sup>.*

Erst 1816 wurde eine besondere Akademie als *Vereinigte Artillerie- und Ingenieurschule* wieder errichtet. Als

<sup>3</sup> Bonin, Band 1, S. 127

<sup>4</sup> Major Pullett vom Ingenieurcorps, 1807

<sup>5</sup> Die Reorganisation des preußischen Heeres, Band 2, S. 325

<sup>6</sup> siehe zum Beispiel Bonin, Band I, Beilage 43 zum Mansfelder Pionierbattalion

<sup>7</sup> Burg, Geschichte meines Dienstlebens, S. 13



Unterrichtsfächer werden u.a. genannt<sup>8</sup>.

e) *Feldbefestigung; Anlage und Bau von Festungen in ihren einzelnen Theilen; Übersicht der Hauptssysteme; Elemente der Mineur- und Pontonierwissenschaft.*

f) *Angriff und Verteidigung der Festungen*

g) *Anleitung zur militärischen Zeichnung...*

*Um die nöthigen Kenntnisse der Bauwissenschaften sich zu erwerben, können die Militärzöglinge des Ingenieurcorps die Vorlesungen der hiesigen Bauakademie, soweit es irgend tunlich ist, besuchen...*

Organisation und Formation: Mit dem Regulativ vom 10. Juli 1809 zur Neuorganisation wurde das *vereinigte Ingenieur- und Pionierkorps* gebildet. Darin gingen nach französischem Vorbild das bisherige Ingenieurkorps und die bisher getrennt bestehenden Pontonier-, Mineur- und Sappeur-Kompanien auf. Nach dem vielfachen Versagen des überalterten Ingenieurkorps in den Jahren 1806/7 wurden zahlreiche Patente kassiert beziehungsweise Offiziere aus dem aktiven Dienst entfernt, indem sie wegen fehlender Bildung nicht in das neu gebildete und verkleinerte Korps von 1810 übernommen wurden beziehungsweise wegen ihres Alters verabschiedet wurden. Von den ehemals etwa zwanzig Potonieroffizieren traten nur drei in das reorganisierte Korps über, bei den Mineuroffizieren acht von zwölf. Als Folge der vorzeitigen Kapitulationen des Krieges von 1806-1807 wurde auch die Aufgaben der Festungskommandanten sowie der Ingenieure in der *Instruktion für die Kommandanten der Festungen* vom 30. September 1809 neu bestimmt.<sup>9</sup>

Im April 1814 wurde vom König folgende Verteilung des Ingenieur- und Pionierkorps auf die sechs Armeekorps genehmigt: pro Korps ein Kommandeur (Major oder Oberst), zwei Adjutanten (Leutnant oder Capitain) im Stab, sowie 2 Pionierkompanien,.

Alle Festungen hatten einen Ingénieur de la Place (Platzingenieur), der nur dem Kommandanten untergeordnet war.

Rangmäßig war das meist ein dienstälterer Capitain oder Major, dem je nach Bedeutung des Platzes (Festung) und der laufenden Bauvorhaben noch weitere Ingenieuroffiziere (Brigade- und Pionieroffiziere) unterstellt sein konnten. Da diese Offiziere stets einer Festungsbrigaden (Verwaltung der Festungen) zugehörten, wurden sie kurz Brigadeoffiziere beziehungsweise ab 1820 Inspektionsoffiziere genannt. Vor der Reorganisation war diese Bezeichnung für höhere Ingenieuroffiziere, die für mehrere Festungen verantwortlich waren, üblich.

Die Festungsbrigaden unterstanden dem Chef des Ingenieurkorps, welcher ab 1808 Gneisenau und ab Juli 1813 Generalmajor von Rauch war ab Juli 1814 wurde er auch Generalinspekteur der Festungen. Bei Beginn des Jahres 1813 betrug die Stärke des Ingenieurkorps 66 Köpfe, was man indes rasch zu vermehren suchte. Nach 1815 wurde der Etat auf etwa 120 Offiziere festgelegt.



Abb. 2 Der Ingenieuroffizier 1813 trägt die Dienstuniform Knopfhose, Uniformrock alter Art mit offenem Kragen und das Tschako M 1808 mit silberner Tresse, einfacher Bandagraffe und seidene Nationale. Dazu die Netzschärpe und den Infanterieoffiziersdegen mit offenem Portepe. Beim kleinen Dienst und Vermessungen wurde der Überrock und oft wahrscheinlich nur die Weste getragen. (Jügel und Wolff, 1814).

<sup>8</sup> Kabinettsordre an Prinz August v. Preußen, 13. Juni 1816, darin Beschreibung der Lehrfächer, aus: Bonin, zweiter Teil, S. 287

<sup>9</sup> Großer Generalstab, Band 1, 1812, S. 512



## Ingenieurgeographen

Die Ingenieurgeographen erkundeten während des Krieges Kolonnenwege, leiteten den Bau von Wegen, Brücken und Verschanzungen, führten Kartenberichtigungen und Rekogniszierungen (Geländeerkundung) erklären aus und krokierten (zeichneten) das Gelände. Die eigentliche Kartenaufnahme fiel dann aber den Ingenieuroffizieren zu. Ihre Ausbildung erhielten die Ingenieurgeographen auf zivilen Fachschulen und lange Zeit gingen sie aus den sogenannten Baukondukteuren, das heißt Aufsehern für die öffentlichen Bauten, sowie Feldmessern und Forstbeamten hervor. Die Prüfungsanforderungen setzten sie in Friedenszeiten in die Lage, nicht nur zu triangulieren, zu topographieren und die Uraufnahmen für ein kleinmaßstäbliches Kartenwerk zusammenzustellen, sondern auch als Lehrer tätig zu sein<sup>10</sup>.

Ingenieurgeographen waren in ihren Dienstvorrichtungen als Adjoints (Adjutanten) vom Generalstab der Armeekorps abhängig, im übrigen aber dem Ingenieurkorps zugehörig. Sie wurden ab 1812 für die Dauer des Krieges im Rang eines Portepeefährnrichs angestellt und konnten zu wirklichen Offizieren aufrücken. Organisatorisch waren sie der Plankammer im II. Departement des Kriegsministeriums, zuständig für die Kartenverwaltung, zugeordnet.

## Artillerieoffiziere

Im folgenden sollen die Aufgaben und Ausbildung nur in so weit betrachtet werden, als diese unmittelbar mit dem Festungsbau, Feldverschanzung und verwandten Aufgaben im direktem Zusammenhang stehen. Bei der Verteidigung einer Festung leitete der Artillerieoffizier vom Platz den Einsatz der Festungsartillerie. Bei Belagerungen oder Feldverschanzungen war die Artillerie zuständig für den Batteriebau, für den sie das Schanzzeug im Train mitführte.

Die Ausbildung der Artillerie-Portepeefährnrichen legt fest daß ein solcher

wissen solle

1. was ein Portepeefährnrich der Infanterie wissen solle, und
2. das, was von einem Unteroffizier der Artillerie verlangt wird<sup>11</sup>.

Von diesem wird wieder verlangt, daß er ziemlich orthographisch schreiben soll, die Arithmetik bis inclusive. Regula de tri [Dreisatz] und von der Geometrie die Benennung der Figuren und Berechnung der Flächen und Körper ohne Beweise innehaben,. ...Ferner soll er examiniert werden .... über die Name der Werke und Linien einer Festung und über die Einrichtung eines Profils einer Feldschanze. Überdies muß er auf dem Felde

1. eine Batterie abstecken
2. eine unzugängliche Distanz durch eine geometrische Operation feststellen können...

Avancierte der Unteroffizier zum Feuerwerker, so werden noch festgestellt:

*Kenntnisse in der Mechanik, Zeichnen der Artilleristischen Gegenstände, ... den Belagerungskrieg in allen seinen Theilen, elementare Kenntnisse von der Trigonometrie ...*

Die Offiziere wurden ab 1809 examiniert<sup>12</sup>:

- a) in der Physik und Chemie nach einem noch zu bestimmenden Lehrbuch
- b) in der reinen und angewandten Mathematik nach Vegas Vorlesungen<sup>13</sup>
- c) in der Fortifikation nach dem traité complet de fortification par St. Paul und nach Bousmard.
- d) In der Artillerie nach Scharnhorst Artillerie

## Infanterieoffiziere

Die Infanterie wurde zum Schanzenbau herangezogen, wenn die Kopfstärken der Pionierkompanien für die umfangreichen Erdbewegungen nicht ausreichten. Die Portepeefährnrichen der Infanterie wurde in den Anfangsgründen des Festungsbaus und der Feldbefestigung unterrichtet, wohl aber nur soweit es unbedingt nötig schien. So beklagt L. von Reiche in dem Vorwort seines

<sup>11</sup> Scharnhorst, in: Die Reorganisation des preußischen Heeres, Band 2, S. 321

<sup>12</sup> Die Reorganisation des preußischen Heeres, Band 2, S. 320-324

<sup>13</sup> Vorlesungen des österreichischen Mathematikprofessors an der Wiener Artillerieakademie, Georg Vega (1756-1802). „Sieht man sich diese Kurse an, fällt es schwer einem zu glauben, daß es dem Autor tatsächlich gelungen sein soll, den Offiziersschülern eine derart anspruchsvolle Mathematik zu vermitteln, zumal, wenn man in Rechnung stellt, wie es damals um die Mathematikausbildung in den Schulen bestellt war....“ Peter Damerow in Adams, S. 369

<sup>10</sup> Schröder-Horwarth, S. 8



Lehrbuchs von 1804 die Unwissenheit der anderen Offiziere im Feldzug am Rhein 1795. Die Kenntnisse bei der Verteidigung der Festungen waren wohl tatsächlich gering, wie zum Beispiel Adelbert v. Chamisso am 20. November 1806 über die Einschließung der Festung Hameln bestätigt:

*Verteidigungsanstalten aber mußten wir, wir junge unwissende Infanterieoffiziere, nach bester Einsicht treffen, und nicht zum Scheine selbst ward uns Hilfe gereicht, und der Feind war da.<sup>14</sup>*

Allgemein darf wohl die Unlust der Infanterie beim Festungsbau als typisch gelten, wie ein Augenzeuge, Capitain Doercks vom 7. Schlesischen Landwehr-Infanterie-Regiment, über die Schanzarbeiten in der Festung Wittenberg im Mai 1815 nachweist:

*Hier blieben wir stehen und unserer Bestimmung wurde leider, an den Festungswerken von Wittenberg theilweise zu arbeiten, theilweise zu exerzieren. Mit unserer Arbeit waren die Ingenieure wenig zufrieden, denn wir Offiziere waren nur zur polizeylichen Aufsicht da und fühlten keine Beruf, die Leute zur Arbeit anzuhalten, wozu sie nun einmal keine Lust hatten. Meistens lagen sie am Boden und einige standen auf Lauer, falls etwa ein Ingenieuroffizier käme, und kam ein solcher, so rief man "Der Wind geht", und alles griff nach den Scheppen. Diesem Bau wäre es gegangen, wie dem nie fertig gewordenen Babylonischen Thurm, wenn Soldaten immerfort daran hätten arbeiten sollen...<sup>15</sup>*

## Methoden der Vermessung

Während die Formationsgeschichte des Ingenieurcorps und der Hauptwaffengattungen gut dokumentiert ist, wissen wir vergleichsweise wenig über die Ausbildung im allgemeinen und die Baupraktik im besonderen, da diese anscheinend dem allgemeinen Wissenstand entsprachen und somit für nicht mitteilenswert gehalten wurden. Wir können indessen sicher davon ausgehen, daß es in dieser Hinsicht keinen grundlegenden Unterschied zwischen militärischen und zivilen Bauwesen gab. Dies bedeutet, daß wir die bekanntere zivile Baupraktik im wesentlichen auf die militärische

übertragen können.

## Geometrie und Vermessung

Die Theorie und Praxis der Vermessung wird in Lehrbüchern über die höhere Befestigungskunst nicht behandelt, sie wird vielmehr vorausgesetzt<sup>16</sup>. Bei den Büchern über die niedere Befestigungskunst, das heißt Feldbefestigung, werden nur die einfachste Methode mit „Kette und Stab allein“ beschrieben, weil bei den Infanterie- und Kavallerie-Offizieren keine weitere Ausbildung vorausgesetzt werden durfte<sup>17</sup>. Andererseits waren weitergehende Kenntnisse angesichts der einfachen Aufgaben auch nicht notwendig<sup>18</sup>. Adams<sup>19</sup> unterscheidet hier die Aufnahme mit der Meßkette allein, dem Meßtisch und dem Theodoliten.

Die weitergehende Kenntnisse der Ingenieure für den permanenten Festungsbau und Kartographie könnten Standardwerken wie Vegas „Vorlesungen“ oder Penthers „Praxis Geometriae“ entstammen.

### Direkte Entfernungsmessung zugänglicher Punkte

Grundlage aller Vermessung ist die Ermittlung von direkten Distanzen, für die mehrere, wenn auch nur relativ ungenaue Methoden zur Verfügung standen. Es ist fraglos ein Erfordernis der Ökonomie, sich auf möglichst wenige aufwendige Messungen zu beschränken, und weitere Distanzen aus den Basisdaten zu berechnen oder graphisch abzuleiten. Entfernungsmessungen waren immer dann notwendig, wenn genaue Pläne fehlten.

Für kleinere Entfernungen und Höhen wurde ein hölzerner Meßstab<sup>20</sup> von einer halben

<sup>14</sup> Leben und Briefe des Adelbert von Chamisso, Leipzig (1839), zum Beispiel in: Deutschland unter Napoleon in Augenzeugenberichten, DTV (1976), S. 225.

<sup>15</sup> Granier, S. 128

<sup>16</sup> Siehe zum Beispiel Bousmard

<sup>17</sup> siehe zum Beispiel Tempelhof. Über die Abhandlung Isaac Landmanns Abhandlung über die praktische Geometrie beim Militär schreibt Peter Damerow „Die Lösungsansätze schließlich scheinen, auch wenn ihnen teilweise verwickelte geometrische Überlegungen zugrunde liegen, an mathematische Analphabeten gerichtet zu sein.“ Adams, S. 362

<sup>18</sup> Siehe zum Beispiel Hogrewe, Blesson, Reiche

<sup>19</sup> Adams, Kapitel „Von dem Vermessen“, S. 165 und folgende

<sup>20</sup> siehe zum Beispiel Penther, Tab. III, Fig. 4



Rute<sup>21</sup> verwendet, der in 5 Dezimalfuß eingeteilt war. Der erste Dezimalfuß enthielt wieder eine Unterteilung in 10 Einheiten.

Als genaueste Mittel wurde die 5 rheinische Ruthen lange eiserne Meßkette angesehen, die bis auf mehrere tausend Ruthen im ebenen Terrain angewendet werden konnte. Die Ruthen waren durch Ringe mit einem Querring, die halben Ruthen mit einem etwas größeren Ring markiert, die restlichen Einteilungen durch kleine Ringe. Jede Ruthe war in 10 oder 20 Glieder unterteilt, das heißt sie entsprachen einem ganzen oder halben Dezimalfuß, weil im Dezimalsystem einfacher zu rechnen war als im Duodezimalsystem.

Der Ingenieur benötigt wenigstens zwei Gehilfen: der vordere spannt die Kette mit Hilfe des etwa 4 Fuß langen, mit einem Stachel bewehrten Kettenstabs, der hintere weißt dem vorderen die Richtung. Dieser steckte auch die Zählstäbe, die er in einem Köcher oder an einer Schnur verwahrte, in den Boden, um sie hinterher wieder einsammeln und damit zu zählen. Der letzte Kettenschlag erforderte die Interpolation zwischen den Kettengliedern am Zielobjekt. Es war zweckmäßig, Entfernungen über hundert Schritt vorher zu fluchten und durch eine Tracierschnur zu markieren. Die Stationspunkte sollten möglichst untereinander sichtbar sein. Der Ingenieur notiert die Ergebnisse im Feldbuch oder auf einem Planchet.

Schnüre aus Hanf oder geöltem Leinen wurden ungern verwendet, da diese sich zu sehr unter Zug oder Trockenheit dehnten beziehungsweise schrumpften. Für grobe Schätzungen genügt es auch, die Entfernungen einfach abzuschreiten<sup>22</sup> oder vielleicht nur abzureiten.

Systematische Fehler konnten das Ergebnis erheblich verfälschen:

#### 1. Ungenaue Fertigung und Dehnung des Materials

2. Abweichung von der gefluchteten Linie in der Horizontalen
3. Unebenes Gelände in der Vertikalen, was man durch straffes horizontales Spannen der Kette zu vermeiden suchte. Mit Hilfe des „Kings Vermessungsquadrant“<sup>23</sup> konnten die noch hinzuzählenden Glieder der Kette aus der sogenannten Schrägentfernung ermittelt werden.
4. Interpolations- und Zählfehler aller Art
5. Umrechnungsfehler bei verschiedenen Maßsystemen

#### Entfernungen unzugänglicher Punkte

Optische Distanzmesser, wie zum Beispiel der von Brander<sup>24</sup>, waren zwar schon seit der Mitte des 18 Jahrhunderts bekannt, hatten sich in der Praxis vermutlich noch nicht durchsetzen können und waren der Kette an Genauigkeit unterlegen. Auf der Mikrometerskala eines Teleskops konnte die projizierte Größe des Objekts direkt abgelesen werden. Bei bekannter Höhe des Objekt, also zum Beispiel eines Infanteristen oder Kavalleristen zu Pferd, konnte so die Entfernung über eine geeichte Tabelle angegeben werden<sup>25</sup>.

Entfernungen unzugänglicher Objekte oder Ausdehnungen unzugänglicher Objekte konnten weiter mit Hilfe der Konstruktion ähnlicher Dreiecke beziehungsweise kongruenter Dreiecke, das heißt einer Proportionsregel, ermittelt werden. So kann man zum Beispiel die Breite eines Flusses<sup>26</sup> oder die Entfernung der ersten Parallele vom gedeckten Weg berechnet werden. Die Aufgaben können auch zeichnerisch, das heißt mit Hilfe von Lineal und Transporteur [Gradmesser] gelöst werden. Die Genauigkeit der Ergebnisse hängt in beiden Fällen direkt von den gemessenen Entfernungen ab, im

<sup>23</sup> Adams, Abb. 55, S. 144

<sup>24</sup> Brachner, Aufsatz Seeberger, Optische Entfernungsmesser, S. 169 und folgende

<sup>25</sup> Brachner, Aufsatz Seeberger, Distanzmesser, S. 177 und Scharnhorst, Anhang II, Entfernung des Feindes mit dem Fernrohr finden

<sup>26</sup> Scharnhorst, Anhang II, Die Entfernung eines unzugänglichen Objektes finden, erste Auflösung ohne Instrumente

<sup>21</sup> 1 Rheinische Ruthe = 3,766 m = 12 Fuß = 10 Dezimalfuß; 1 Fuß = 31,385cm = 12 Zoll = 10 Dezimalzoll

<sup>22</sup> 1 Schritt eines erwachsenen Manns ca. 70 cm.



letzteren Fall zusätzlich vom Maßstab der Zeichnung.

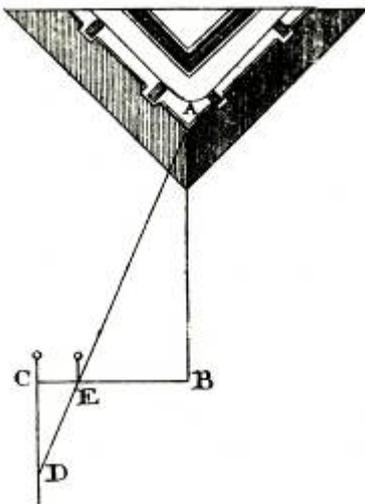


Abbildung 3: Distanzmessung mit Kette und Stab allein: Die Distanz AB zwischen Standort A und B, dem unzugänglichen Waffenplatz entlang der Kapitale, soll ermittelt werden. Dazu wird das zu ABE ähnliche Dreieck CDE konstruiert. Die Strecken verhalten sich wie  $EC : CD = BE : AB$  (Adams, Abb. 104, S. 259)

Es war nicht üblich, die für die Artillerie und Ingenieure gefragten Entfernungen bis etwa 3000 Schritt, das heißt der Reichweite schwerer Geschütze, einem Kartenwerk mit Stechzirkel und Maßstabslineal zu entnehmen, weil diese Karten in der erforderlichen Genauigkeit entweder überhaupt nicht existierten, nicht vor Ort verfügbar waren oder nicht die erforderliche Genauigkeit in dem gefragten Maßstab, also etwa von 1:3.000 bis 1:10.000, hatten.

### Rechte Winkel

Häufig mußte ein rechter Winkel von einem gegebenen Punkt auf einer Geraden abgesteckt oder umgekehrt das Lot auf von einem gegebenen Punkt auf eine Gerade gefällt werden. Das einfachste Hilfsmittel war ein Seil, das nach Pythagoras in beliebige Einheiten im Verhältnis 3:4:5 unterteilt wird. Weiter konnten ein 90°-Prisma, ein Winkelkreuz oder -trommel und natürlich ein Winkelmesser verwendet werden. Die beiden letzteren wurden auf ein Stockstativ oder ein Piket (Dreibein) gesteckt.

### Mit der Kette allein

Das einfachste aller Meßverfahren kam gänzlich ohne Kenntnisse der

trigonometrischen Funktionen aus, da Kenntnisse in den vier Grundrechenarten hierfür vollkommen ausreichend waren. Man benötigte lediglich eine eiserne Meßkette und mindestens 2, besser 10 Fluchtstäbe. Es war das am meisten von den zivilen Feldmessern angewendete Verfahren um Entfernungen, Grenzen und Flächen auszumessen

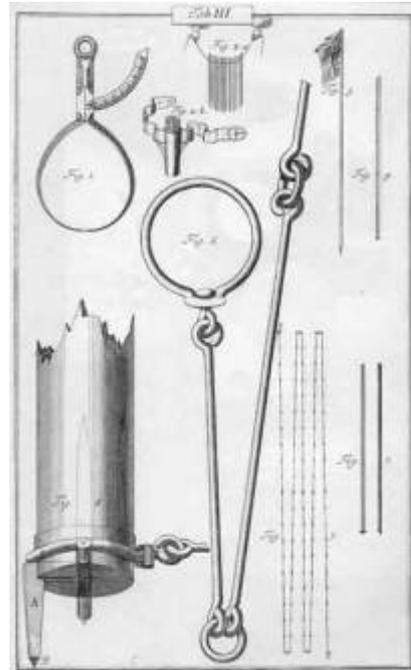


Abb. 4 Tasterzirkel (1), Zählstäbe (2a) in Köcher (2a), Stationsflagge = Meßfahne (3), Maßstab (4), Kette (5 und 6), Kettenstab (8), Tafel III in Penther, ca. 1740

Das Verfahren kommt meist dann zum Einsatz, wenn es gilt, einzelne Objekte zu vermessen, ohne einen vollständigen Plan oder eine Karte zu erstellen.

### Meßtisch

Der Meßtisch besteht aus einer Platte von etwa 20 x 20 Zoll, die auf einem Stativ mit starren Beinen montiert ist (Abb. 3). Auf diese Platte ist ein Stück Papier aufgeleimt und an gesiegelt. Weiter werden ein Diopterlineal (das heißt Lineal mit Visiereinrichtung = Visur) oder besser, eine Kippregel (Lineal mit Teleskop), eine Bussole sowie weitere Hilfsmittel benötigt.



Abb. 5 Meßtisch (Tempelhof, 1790, Tafel XVI): Die Meßtischplatte kann über dem Korpus horizontal gedreht und über die Kugel sowie drei hölzerne Schrauben horizontalisiert werden. Die drei starren Beine werden von dem Korpus ausgeschwenkt und mit den Flügelschrauben fixiert. Die gesamte Höhe beträgt ca. 140cm.

Das verkleinerte Abbild des Geländes wird nach dem Einschneideverfahren konstruiert (Abb. 5): Der eigene Standpunkt wird auf der Platte mit einer Nadel bezeichnet und ein zweiter gut sichtbarer Standpunkt, dessen Entfernung genau ausgemessen wird, bildet als Standlinie die Basis der Aufnahme. Der Maßstab wird an Hand eines Maßstablineals festgelegt, zum Beispiel für kleinteilige Aufnahmen einzelner Festungswerke mit 1 Zoll auf 1 Rute = 1:144 (Abb. 4). Die Ausrichtung des Tisches kann entweder nach dem zweiten Standpunkt oder nach der Nordlinie, die mit einer Bussole festgestellt wird, erfolgen. Jedes Objekt wird nun vom ersten und zweiten Standpunkt nacheinander angepeilt und mit einer geraden Linie entlang des Fiduzialrands markiert. Im Schnittpunkt der zwei Linien befindet sich nun das angepeilte Objekt. So kann Punkt für Punkt ein verkleinerter Geländeausschnitt kartiert werden (Abb. 6).

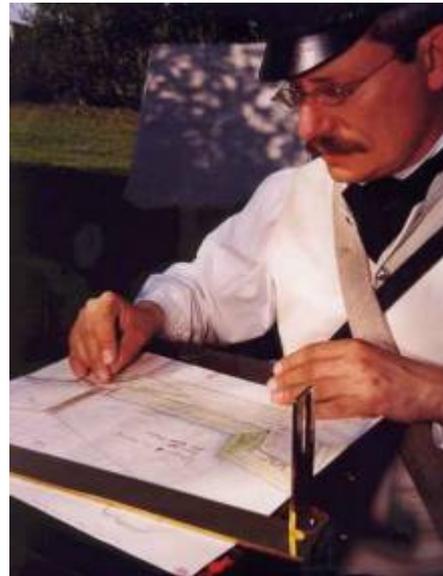


Abb. 6 Rekonstruierte Meßtischaufnahme mit Diopterlineal im Vordergrund, dem aufgeleiteten und angesiegeltem Blatt, auf dem eine bastionierte Festungsfront zu erkennen ist. Der Ingenieur markiert den aktuellen Standpunkt mit einer Nadel, an die er später das Diopterlineal legen wird.

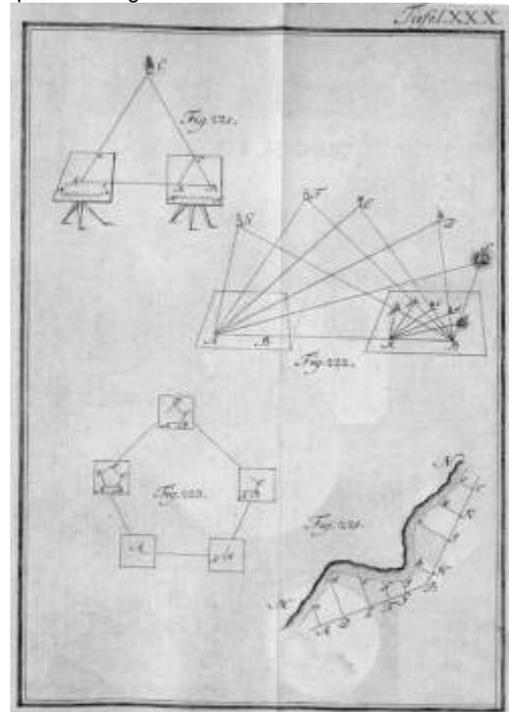


Abb. 7 Einschneideverfahren, obere Figur (Tempelhof, 1790, Tafel XXX).

Die Meßtischaufnahme kommt ohne jede Berechnung aus und benötigt auch keine Winkelmeßinstrumente. Im Prinzip genügt es, eine einzige Distanz an der Stationslinie genau zu messen, da alle anderen Distanzen zwischen Objekten, die auch nicht zugänglich sein können, mit dem Stechzirkel und Maßstablineal bestimmt werden können. Es werden auch keine Meßgehilfen wie mit der Kette allein oder wie beim Nivellieren



benötigt.

Fehler sind jedoch kaum zu korrigieren und bedeuten fast immer eine Wiederholung der gesamten Aufnahme. Darüber hinaus ist auch zweckmäßig, mehrere Standpunkte zu wählen, um auch von der Basislinie aus verdeckte Objekte aufnehmen zu können oder um Fehler zu entdecken. Bei aller Einfachheit des Verfahrens ist eine erhebliche Übung erforderlich, um ein Gelände schnell und genau aufzunehmen. Höhen bleiben gänzlich unberücksichtigt.

### Theodolit und andere Winkelmeßinstrumente

Winkel, die Grundlage für genauere Berechnungen sind, wurden mit der Boussole, dem Reflektor, dem Theodolit und dessen einfacherem Vetter, dem Graphometer (auch Scheibeninstrument, holländischer Kreis) gemessen.

Die Boussole ist ein größerer Kompaß mit Visiereinrichtung (Diopter), der auf ein Stativ gesteckt werden konnte. Häufig konnte der Kompaß abgenommen werden und konnte zum Beispiel auf dem Meßtisch als Zulegeinstrument verwendet werden. Die Boussole wurde nur ungern zur Winkelmessung verwendet, da die Magnetnadel sich lange einschwingen mußte, und der gefragte Öffnungswinkel sich nur durch zweimaliges Anpeilen der beiden Zielobjekte und Subtraktion der beiden Winkel an der Nordlinie ermitteln ließ. In besonders unwegsamem Gelände oder beim Minenbau war er allerdings unerlässlich.

Der v. Deckers beschriebene englische Reflektor (katoptrischer Zirkel<sup>27</sup>), der nach dem gleichen Prinzip wie der Sextant aufgebaut ist, erlaubt das gleichzeitige Anpeilen zweier horizontaler Zielpunkte. Er wurde beispielsweise bis ca. 1821 fast ausschließlich bei der 10 bis 11 Stunden währenden Feldarbeiten für das Kartenwerk Tranchot-Müffling verwendet<sup>28</sup>. Mit dem

Instrument waren immerhin Genauigkeiten bis zu 2 Bogenminuten auf einer Noniusskala und auf eine Bogenminute auf der Chordenskala erreichbar. Es galt bei den Militärs - nicht zuletzt wegen seiner Handlichkeit - größeren Winkelmeßinstrumenten als ebenbürtig. Er konnte aber nur ungefähr horizontal eingestellt werden.

Der Graphometer enthält auf der Grundplatte einen Halbkreis mit Winkeinteilung in Altgrad, auf der ein schwenkbarer Zeigerarm (Alhidade) mit Visur montiert ist. Mit der Grundplatte wird das erste Objekt angepeilt und arretiert. Mit dem Zeigerarm wird das zweite Objekt angepeilt und der Öffnungswinkel kann direkt auf ca. ½ Grad genau abgelesen werden (Abb. 6). Der Graphometer konnte durch Schwenken horizontale und vertikale Winkel messen und wurde beim Bau sowie kleineren Geländeaufnahmen, jedoch nicht für die Kartographie, verwendet.



Abb. 8 Bei Bauarbeiten wurden Winkel mit Hilfe zum Beispiel mit Hilfe eines Graphometers (Halbkreisinstrument, hier 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts) gemessen. Im einfachsten Fall, wie hier, war auf der Grundplatte eine Alhidade (Zeigerarm) montiert, mit das Objekt über einen Schlitz und ein Fadenkreuz aus Rohßhaar angepeilt wurde. Unter Platte sind Arretierschraube für die horizontale Drehung der Platte und das Kugelgelenk für die Horizontierung gut zu erkennen.

Der Theodolit, eine Weiterentwicklung des Graphometers, läßt die gleichzeitige Messung horizontaler und vertikaler Winkel zu. Durch ein Teleskop konnten die Objekte auch über größere Entfernungen anvisiert werden. Winkelteile konnten durch den Nonius (Vernier) und durch ein Okular (Ableselupe)

<sup>27</sup> Brachner, Aufsatz Bachmann, Katoptrischer Zirkel, S. 131 und folgende

<sup>28</sup> Schröder-Horwarth, S. 15



ungleich genauer, das heißt auf wenigstens eine Bogenminute genau, abgelesen werden (Abb. 7). Diese Geräte konnten nur von wenigen Mechanikern<sup>29</sup> angefertigt werden und waren entsprechend teuer<sup>30</sup>. Der Theodolit war deshalb ausschließlich der Kartographie in Friedenszeiten vorbehalten.



Abb. 9 Theodolit, ca. 1790, nach Adams, W. 154, Fig. 65

Das Verfahren setzt Kenntnisse der ebenen Geometrie sowie der Winkelfunktionen voraus und konnte deshalb nur von wenigen ausgebildeten Fachleuten wie Ingenieuren, Kartographen, Landmessern, Markscheidern, Baukondukteuren, Chausseebauern, Forst- und Hüttenbeamten angewendet werden.

### Nivellieren

Die oben beschriebenen Verfahren taugen nur für die „horizontale“ Geländeaufnahme. Die Höhenmessung, das sogenannte Nivellement, wurde mit ebenso einfachen Instrumenten gelöst.

Wallprofile konnten auch direkt mit der Meßlatte „treppenweise“ vermessen werden<sup>31</sup>.

Auf kurze Distanzen wurde entweder ein Diopter<sup>32</sup> oder eine Kanalwaage, die auf dem Prinzip der kommunizierenden Röhren beruht, auf ein Stativ gesetzt. Da hier die Skalen wegen der Entfernung nicht direkt vom

Standort des Ingenieurs abgelesen werden konnten, wurden Nivellierlatten<sup>33</sup> mit einem markierten Zielkreuz (Absichts-Schieber, Abb. 8) von Meßgehilfen auf die Höhe der Kanalwaage - dem Nullpunkt - eingestellt und die Lattenhöhen durch die Gehilfen abgelesen. Wenn der erste Stationspunkt der Standort des Instruments war, so konnte der Höhenunterschied zum zweiten Stationspunkt direkt abgelesen werden.

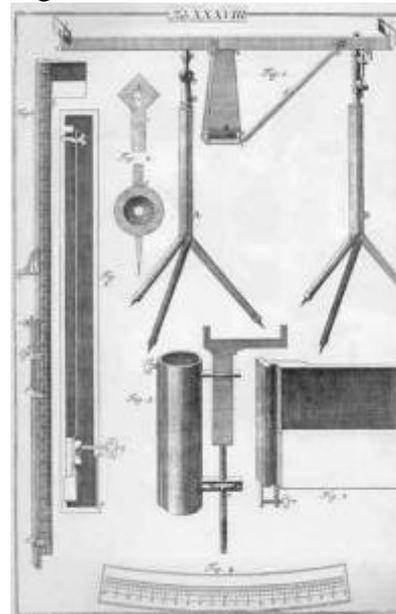


Abb. 10 Nivellierlatte (Penther, Tab. XXXVIII, Fig. 6 und 7). An der linken Figur ist Skaleneinteilung erkennbar, die mit dem Nullpunkt auf der Instrumentenhöhe beginnt, dessen Höhe mit Hilfe der 2. Latte eingestellt werden kann. Die rechte Figur stellt den Absichtsschieber dar, der in der Nut der Latte vertikal verschoben wird.

Für längere Distanzen und bei hoher Anforderung für die Genauigkeit kam ein Nivellier mit Teleskop zum Einsatz (Abb. 9). Das Gerät wird zwischen den zwei auszumessenden Stationspunkten aufgestellt und die Höhe wird vom Ingenieur an den Skalen der beiden Nivellierlatten der Stationspunkte direkt abgelesen. Die Höhe ist dann die Differenz zwischen beiden abgelesenen Werten, wobei die Höhe des Nivelliers nicht bekannt sein muß. Bei beiden Verfahren benötigt der Ingenieur wie oben mindestens zwei Gehilfen an den beiden Stationspunkten. Beim zusammengesetzten Nivellieren werden Stationspunkte in einer Kette oder in einem Netz fortgesetzt und ergeben so ein Höhenprofil. In der

<sup>29</sup> Zum Beispiel Brander, Reichenbach (beide Augsburg), Adams (London), Ramsden (London), Gambey (Paris)

<sup>30</sup> Adams, Preisliste S. 381 und folgende

<sup>31</sup> Penther, Die dreyzehnte Aufgabe, Eine fortificierte Stadt auszumessen und zu Papier zu bringen.

<sup>32</sup> Penther, Tafel XXXVIII, Fig. 1

<sup>33</sup> Penther, Tafel XXXVIII, Fig. 6 und 7



Kartographie wurde hingegen das Höhenprofil und dessen Darstellung als Höhenlinien noch nicht systematisch verwendet.



Abb. 11 Nivellier (Weingeistwaage) auf Stativ, ca. 1790 (Adams, Abb. 70, S. 164)

## Rechenverfahren

Die ebene Geometrie bildete einerseits die theoretische Grundlage der Vermessung und gab andererseits den Leitfaden für die Auswertung der Vermessungen, wobei nur wenige elementare Verfahren Eingang in die Praxis fanden.

**Strahlensatz:** Bei ähnlichen Dreiecken verhalten sich die Seiten des ersten Dreiecks wie die des zweiten Dreiecks:  $a_1 / b_1 = a_2 / b_2$ . Es genügt also die Kenntnis dreier Parameter, um den vierten berechnen zu können.

**Proportionalzirkel für den mathematischen Praktiker:** Der heute nahezu in Vergessenheit geratene Proportionalzirkel, im Englischen auch Sector genannt, besteht aus zwei Schenkeln, in denen jeweils strahlenförmig Skalen für die notwendigen Funktionen eingraviert waren. Weiterhin war ein Stechzirkel passender Größe erforderlich.

Der Proportionalzirkel<sup>34</sup> kam dem zeitgenössischen Denken in Proportionen entgegen und erforderte bei seiner Anwendung kein tiefergehendes Verständnis mathematischer Funktionen. Er kann als Vorläufer des Rechenschiebers angesehen werden. Einfache Multiplikationen und

Divisionen waren auf der „Linea Arithmetica“ mit einer Genauigkeit auf zwei Stellen möglich, erforderten aber immer das Abspalten des Exponenten. Der eigentliche Nutzen lag in der Überschlagsrechnung von Längen, Flächen, Volumina und Winkeln beziehungsweise Sehnen. Speziell für militärische Anwendungen waren dies Kugeldurchmesser, Volumen und Massen aus Dichten der Metalle bei den Artilleristen und diverse Winkelberechnungen für reguläre Polygone bei den Ingenieuren.

Der Proportionalzirkel war handlich und Bestandteil der mathematischen Bestecke. Er erlaubte aber nur relativ ungenaue Berechnungen auf zwei Stellen genau, ersetzte also nicht die Tabellenwerke. Interpolationen sind mit dem Stechzirkel kaum möglich.

**Trigonometrie und Geradengleichungen:** Die Winkelfunktionen Sinus, Kosinus etc. der ebenen Trigonometrie waren bekannt und in Tabellenwerken wie zum Beispiel Vega, Hoyer, Scharnhorst zu finden. Hier wird wieder eine höhere mathematische Ausbildung vorausgesetzt, die den Umgang mit algebraischen Formeln erforderte. Diese Kenntnis fand erst Anfang des 19.

Jahrhunderts mit der Entwicklung des höheren Schulsystems und der Ingenieurschulen weitere Verbreitung. Der Dreisatz, auch „Regula de tri“ genannt, ist nichts anderes als die Geradengleichung  $y(x) = b \cdot x$  und wurde schon bei der Unteroffiziersprüfung verlangt.

**Tabellenwerke:** Für Flächen, Volumen und Winkel waren Tabellenwerke, wie zum Beispiel die von Vega in Gebrauch, die aber wiederum algebraischen Kenntnisse voraussetzten<sup>35</sup>. Mit den sogenannten „analytischen“ Lösungen ließen sich auch die notwendigen Berechnungen für die Bauplanung und Vermessung durchführen<sup>36</sup>.

**Maßeinheiten:** Scharnhorst stellt fest:

*Im Preußischen bedient man sich des rheinländischen Maaßes, eine rheinländische*

<sup>34</sup> Adams, S. 105 ff und 301

<sup>35</sup> siehe zum Beispiel Scharnhorst, Anhang I nach Vega und Hoyer,

<sup>36</sup> siehe zum Beispiel Scharnhorst, Anhang II, Die Entfernung eines unzugänglichen Objektes finden, zweite Auflösung mit Instrument



*Ruthe hält 12 rheinländische Fuß, der Fuß 12 Zoll und der Zoll zu 12 Linien.*<sup>37</sup>

Dennoch herrschte in anderen deutschen Staaten eine geradezu babylonische Vielfalt von Systemen, die sich häufig nur geringfügig unterschieden<sup>38</sup>. Zum Rechnen erwies sich das Duodezimalsystem nicht gerade als praktisch, weswegen die entsprechende Längeneinheiten, wie zum Beispiel die Ruthe oder der Fuß, dezimal aufgeteilt wurden<sup>39</sup>. Zur Unterscheidung von dem gewöhnlichen duodezimalen Fuß sprach man dann von Dezimalfuß. In der Rheinprovinz und in dem Großherzogtum Luxemburg wurden ab 1815 das metrische und preußische System gleichzeitig benutzt.

Geometrie und Zeichnen: Die eben beschriebene Vermessung und Berechnung wird erst durch die Ausarbeitung, das heißt das Erstellen von Zeichnungen vervollständigt (Abb. 10). Die sogenannte Zeichenkunst wurde daher auch als allgemeines Fach unterrichtet. Ein besonderes Lehrbuch für den Zeichenunterricht der preußischen Portepeefähnliche der Ingenieure und der Artillerie läßt sich erst nach den Befreiungskriegen ab 1816 nachweisen<sup>40</sup>. Eine allgemeiner Zeichenunterricht wurde dagegen vermutlich nach Vorlagen wie zum Beispiel Vegas „Vorlesungen“, Penthers „Praxis Geometriae“ oder Tempelhofs „Geometrie für Soldaten“ erteilt.

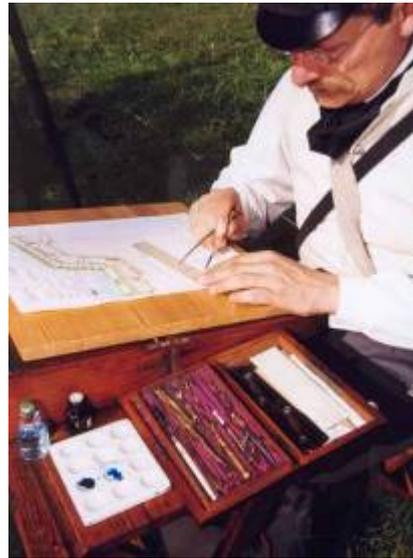


Abb. 12 Der Ingenieuroffizier beim Zeichnen eines Bauentwurfs für die rechte Halbbastion eines Kronwerks. Er greift gerade eine vorgegebene Entfernung auf dem Maßstabslineal mit Hilfe des Stechzirkels ab. Der Plan ist bereits zur Hälfte illuminiert (Koloriert). Im Vordergrund sind eine Mischpalette, Farben und das Reißzeug (hier Magazinbesteck) zu erkennen (Rekonstruktion).

## Militärische Vermessungsaufgaben an Beispielen

### Aufnahme einer Festung

Um den Grundriß der Wallanlagen in Friedenszeiten zu Papier zu bringen, beschreibt Penther<sup>41</sup> zwei Methoden:

Direkte Ausmessung: Er setzt voraus, daß die aufzunehmende Anlage ein regelmäßiges bastioniertes Polygon sei, also beispielsweise ein Hexagon. Dann genügt es, eine halbe Front aufzunehmen, weil alle anderen Maße sich daraus herleiten lassen. Man beginnt an den höchsten Punkten der Wallanlagen, weil sich dort alle anderen Objekte leichter einsehen lassen. Zunächst werden die Distanzen auf den ein- und ausspringenden Winkeln des Wallgangs gemessen und die Winkel mit der Boussole in Abweichung zur Nordlinie an den nämlichen Punkten als Entwurf (Brouillon) aufgezeichnet. Man geht zum Tor hinaus und vermißt das Wallprofil. Der gesamte Wall wird dann durch Parallelverschiebung des gemessenen

<sup>37</sup> Scharnhorst, Anhang II, Längenmaß

<sup>38</sup> Verdenhalven, siehe dort Definitionen von Fuß, Zoll etc.

<sup>39</sup> Hoyer: Verwandlung des Duodezimalmaßes in zehentheilig

<sup>40</sup> Burg, Die geometrische Zeichenkunst

<sup>41</sup> Penther, Eine fortifizierte Stadt auszumessen und zu Papier zu bringen, §479



Wallprofils konstruiert. Die Breite des Grabens bis zum Ravelin wird vermessen. Auf gleiche Weise fährt man bei den Außenwerken und Glacis fort. Auf diese Weise gewinnt man die wichtigen Punkte, Distanzen und Winkel. Die vermessenen Werke werden von dem Entwurf auf einen Plan mit Hilfe von Zeicheninstrumenten zu Papier gebracht und illuminiert (koloriert).

Die zweite Methode benutzt den Meßtisch, der wiederum auf dem Wallgang, beispielsweise an den Bastionsspitzen und Flankenpunkten aufgestellt wird (Abb. 4). Der Maßstab muß sofort festgelegt werden. Die Distanzen innerhalb der Bastion werden direkt ausgemessen, alle anderen müssen nur noch dann ermittelt werden, wenn die weiteren verdeckten Stationspunkte nicht direkt angepeilt werden können. Das Wallprofil wird wie oben ermittelt. Die Vorwerke können direkt von den Bastionen angepeilt und erfaßt werden. Das Verfahren erbringt eine Zeitersparnis, liefert aber weniger genaue Ergebnisse. Der Plan wird direkt ausgearbeitet und braucht nicht mehr ins Reine übertragen zu werden.

Der Maßstab für den Grundriß einer gesamten Festung war nach dem königl.-preuß. Ingenieur-Reglement<sup>42</sup> festlegt auf 1 Rheinländisches Duodezzoll auf 20 Ruthen, das heißt 1:2880. War zum Beispiel der gesamte Durchmesser einer Festung 300 Ruthen (ca. 1100m), so ergab das einen Platzbedarf von 15 Zoll (ca. 40 cm) auf dem Plan, der auf einem Meßtisch von ca. 20 x 20 Zoll erstellt werden konnte.

## Schanzenbau

Bei der Planung einer Feldbefestigung mußten taktische Erfordernis, Stärke, Lage im Gelände, Ressourcen für den Bau und die aufzunehmende Besatzung berücksichtigt werden<sup>43</sup>.

Die Länge der Feuerlinie, die an Hand einfacher Überlegungen hergeleitet werden

kann, richtete sich nach der Besatzung und der Bestückung durch Artillerie,<sup>44</sup>. Bei einem reinen Infanteriewerk wurde immer eine rottenweise Aufstellung, das heißt zwei Glieder tief angenommen. Bei einer Kompagnie mit 120 Mann macht dann die Frontbreite 60 Mann. Eine Redoute hätte dann auf jeder Seite 15 Rotten, woraus sich dann die Feuerlinie von 15 Schritt bei einem Schritt pro Mann ableitet. Der Innenraum der Schanze belegt demnach 15 x 15 Schritt = 225 Quadratschritt. Auf einen Mann entfallen mithin 1,8 Quadratschritt zum Lagern, was deutlich zu wenig ist! Fordern wir umgekehrt eine Lagerfläche von 4 Quadratschritt pro Mann, so errechnet sich die Feuerlinie einer Redoute für eine Kompagnie auf ca. 22 Schritt.

Beim Wallprofil mußte das Erdreich nach Erfahrungswerten berücksichtigt werden, weil mit Sand zum Beispiel nur flache Dossierungen (Böschungen) zu erreichen waren. Der Aushub für den Graben war so zu bemessen, daß er das geplante Wallprofil ergab. Bei der Walltiefe war die Kugel-Eindringtiefe der angreifenden Artillerie zu berücksichtigen, welche i.a. tabelliert war. Ein typisches Infanteriewerk war an der Crete (Kamm) ca. 9 Fuß hoch, der Schützenaufritt ca. 4 Fuß hoch und 5 Fuß tief. Dadurch ergab sich vollkommene Deckung eines dahinter stehenden Mann mit ca. 6 Fuß Größe. Die äußere Abdachung war ca. 10 Fuß tief, was als ausreichender Schutz gegen sechspfündige Feldgeschütze galt. Der Spitzgraben sollte mindestens 9 Fuß tief und 15 Fuß breit sein, um einen eindringenden Gegner das Hineinspringen und das Umlaufen auf der Grabensohle zu erschweren. Aus allen diesen Überlegungen konnte der Grundriß des Werks abgeleitet und in einem Plan niedergelegt werden, der dann in das Gelände übertragen wurde. Für einen erfahrenen Ingenieur war diese Planungen bei den gewöhnlichen Schanzen, wie Flechen, Lünetten, Redouten etc. nicht mehr notwendig.

<sup>42</sup> Hoyer, Festgesetzte Maßstäbe und Reglement

<sup>43</sup> Scharnhorst, Einrichtung des Profils und Bau einer Schanze

<sup>44</sup> Reiche, Die Feldfortifikation aus theoretischen und praktischen Gründen...



Baugrund und Vorfeld wurden gegebenenfalls gerodet und planiert. Beim Abstecken mußte der Ingenieur mit den einfachsten Mitteln auskommen, wie zum Beispiel v. Reiche im „Versuch einer vollständigen Baupraktik“ beschreibt: So werden nur Stangen, Tracierschnüre und Erdzirkel benötigt. Ein Graphometer und eine Meßstange konnten die Arbeiten erleichtern. Das Zweite Kapitel zeigt, wie einfache geometrische Figuren, reguläre Polygone, Sternschanzen und ganze Schanzensysteme mit eben diesen Hilfsmitteln angelegt werden können. Grundsätzlich wurde zuerst nur die Feuerlinie (Cretelinie) abgesteckt, da sich das restliche Wallprofil durch Parallelverschiebung hiervon ableiten ließ. So wurden alle Kanten des Wallprofils, wie Schützenauftritt, Kamm, Vordere Abdachung, Berme, Escarpe, Contreescarpe und Glacis durch Schnüre markiert. Winkel wurden mit dem Erdzirkel gerundet.

In Abständen von ca. 10 bis 20 Schritt wurde das Wallprofil mit Hilfe von Latten geschlagen. Zwischen den Latten wurde eine Schnur gezogen, die immer auf die Höhe des angeschütteten Erdreichs gebracht wurde.<sup>45</sup>

Anhand von Volumenberechnungen wurde das zu bewegende Erdreich und damit auch Zahl der Arbeiter sowie die benötigte Zeit bei durchschnittlicher Arbeitsleistung abgeschätzt.

### **Förmliche Belagerungen**

Wenn kein Plan beziehungsweise nur veraltete oder ungenaue Pläne vorlagen, mußte die gesamte Festung oder wenigstens die anzugreifende Front neu mit Hilfe des Meßtischs vermessen werden<sup>46</sup>, um die enfilierenden Linien und die Kapitale der Werke zu bestimmen. Die Standlinie wird auf etwa 2000 Schritt parallel an die Festungsfront gelegt und hat in etwa deren Ausdehnung. Die Meßtischaufnahme teilten sich in der Regel zwei Ingenieure, die im Vorfeld der Festung von der Standlinie bis zum Glacisfuß kartierten. Dies erregte i.a. die

Aufmerksamkeit der leichten Festungsartillerie, die dann mit plongierenden Schüsse versuchte *den Thätigkeiten der Ingenieure auf immer ein Ende zu setzen*<sup>47</sup>. Einer der beiden Ingenieure beobachtete die Schüsse, wobei sie den hüpfenden Kugeln zu entkommen suchten, in dem Sie sich auf den Boden warfen oder zur Seite sprangen. Dies hieß auch, höchstens einige Minuten auf einer Station zu verweilen. Diese Arbeiten sollten innerhalb von zwei Tagen abgeschlossen sein. Hogrewe rät deshalb auch zur Tarnung, das heißt zum Beispiel die Metallknöpfe der Uniform mit Stoff zu überziehen, alle glänzenden Metallteile am Meßtisch mit Pappmaché zu überstreichen und sogar graues, das heißt weniger auffälliges Papier, auf den Tisch zu leimen.

Der Maßstab dieser Pläne war zum Beispiel 1 Zoll auf 20 Ruten<sup>48</sup>, das heißt 1:2880. Bei den gut bekannten klassischen Manieren genügten wenige Punkte wie Bastionsspitze, Flankenpunkt etc. um daraus mit hinreichender Genauigkeit das Tracé zu konstruieren. Besonderheiten des Geländes wurden ebenfalls vermerkt.

Wenn die Richtung entlang der Kapitale der anzugreifende Bastion oder des Ravelins festgelegt war, so mußte die Lage der ersten Parallele, Approchen, Depots und Batterien auf dem Plan festgelegt und in das Gelände übertragen werden (Abb. 11). Die Linienführung (Tracé) wurde durch kleine Stecken und schwarzgeteerte Tracierschnüre tagsüber möglichst unauffällig im Gelände unter Leitung der Ingenieure markiert. Das Ausheben der Tranchéen in der ersten Parallele in etwa 700 bis 1000 Schritt vom Glacis erfolgte dann über Nacht und war der Beginn jeder förmlichen Belagerung.

<sup>45</sup> Blesson, Capitel VIII, Bau der Verschanzungen

<sup>46</sup> Adams, Einen Grundriß der Laufgräben eines Angriffs machen, S. 277 und Scharnhorst, Angriff und Vertheidigung der Festungen

<sup>47</sup> Hogrewe

<sup>48</sup> Hoyer, Festgesetzte Maßstäbe

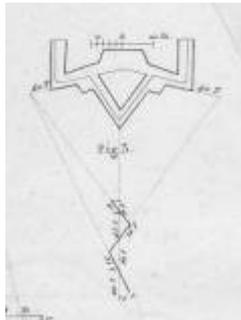


Abb. 13 Schulbuchmäßige Konstruktion der Approchen gegen ein Hornwerk. Entfernungen in Toises. (Bousmard, 1814, Pl. 5).

## Minenbau

Hier kamen das Vermessungsverfahren unter Tage, die Markscheidekunst, in Anwendung, wie zum Beispiel in Magold<sup>49</sup> beschrieben ist. Auch hier gilt wieder, daß die Verfahren in Lehrbüchern des Minenbaus, wie zum Beispiel Mouz , nicht behandelt wurden (Abb. 12).

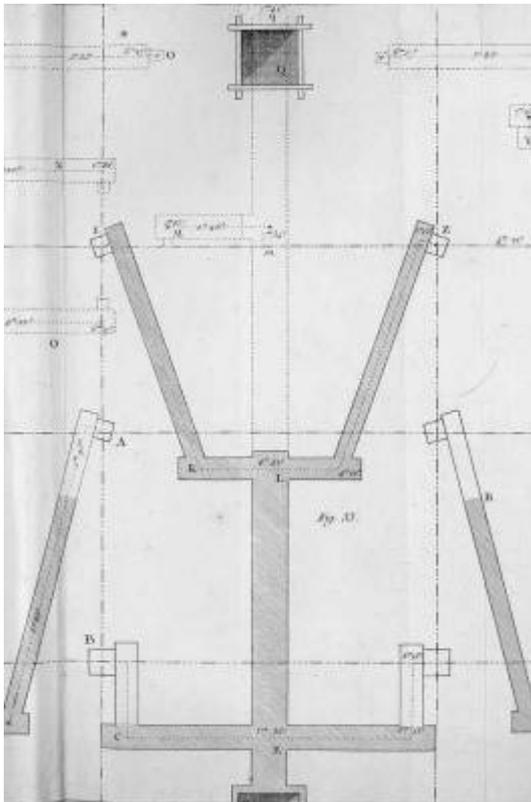


Abb. 14 Schulbuchmäßige Anlage von Minen. Entfernungen in Toises. (Ausschnitt, Mouz , Pl. 4).

Als Besonderheit sind die Bedingungen unter Tage zu nennen: Enge und fehlendes Licht erschwerten die Arbeiten, weshalb zum Beispiel keine Linien gefluchtet werden konnten. Die Instrumente mußten sehr kompakt gebaut werden. Sie wurden an eine straff gespannte Schnur oder einen Draht in

den Stollen gehängt und deshalb auch als H ngeinstrumente bezeichnet. Wegen der schlechten Lichtverhältnisse wurde keine Teleskopen mit den damals lichtschwachen Linsen, sondern nur Diopter oder Visierrohre verwendet. Die Längen wurden wie über Tage gemessen, für Winkelmessungen wurden Gradbogen, Kompaß, Stundenscheibe, Winkelmesser (zum Beispiel ein Grubentheodolit) benötigt. Es wurde stets der (Hänge-)Kompaß verwendet, weil nur damit unter Tage die Himmelsrichtung festgestellt werden konnte (Abb. 13).

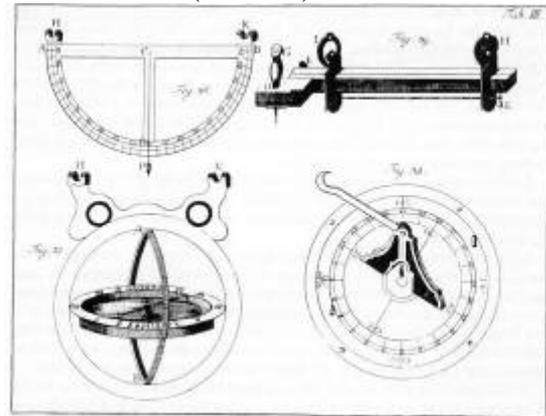


Abb 15 H ngeinstrumente für Markscheider (Magold, Tafel II)

## Kottierung im permanenten Festungsbau

Das Vorgelände der Festung wurde in einem sogenannten Cottierungsplan (Höhenplan)<sup>50 51</sup> bis auf ca. 3000 Fuß erfaßt, dem man beispielsweise die Überhöhung des Vorgel ndes entnehmen konnte, wonach sich wiederum das Wallprofil nach der Lehre des vertikalen Defilements richten mußte. Die Aufgabe lautete, das kleinste Profil (Relief) zu bestimmen, weil dies die geringsten Kosten nach sich zog (Abb. 14). Das Nivellement wurde beispielsweise weiter für den Kanal- und Schleusenbau der nassen Gräben, die Inundation, die Wallprofilierung, etc. eingesetzt.

<sup>50</sup> abgeleitet von franz. Cotte = H henzahl

<sup>51</sup> siehe zum Beispiel Schema in Bousmard, 1814, Pl. 49 und 50, Beschreibung im 3. Buch, 1. Kapitel

<sup>49</sup> Brachner, Aufsatz Seeberger, S. 180 und folgende

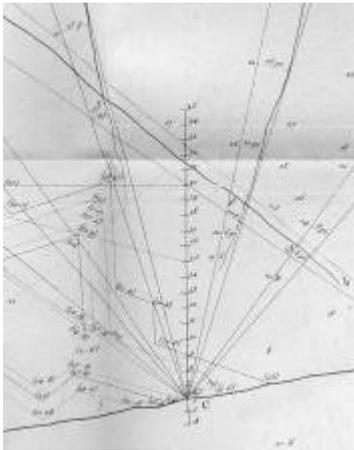


Abb. 16 Lehrbuchmäßiger Kottierungsplan [Höhenplan] nach Bousmard, 1814, Pl. 50. Entlang der strahlenförmig von A und B ausgehenden Linien ist das Höhenprofil (Relief) mit Distanzen in Toisen eingezeichnet. Die eigentlichen Höhen über dem Bauhorizont des Brückenkopfs sind in Klammern () angegeben.

## Kartographie

Die ersten Ansätze zur geschlossenen preußischen Landesaufnahme begannen 1772 unter Friedrich II. - hier sind die Aufnahmen von LeCoq, Schroetter, Schmettau, Gilly zu nennen - doch erst ab 1816 wurde alle Provinzen systematisch kartiert. In der Rheinprovinz führte v. Müffling die unter dem französischen Oberst Tranchot begonnenen Arbeiten fort. Wir unterscheiden hier zwischen den trigonometrischen Arbeiten, der eigentlichen Triangulation, und den topographischen Aufnahmen, die den Ingenieurgeographen beziehungsweise Kondukteuren oblagen.

Die Endpunkte der ca. 1000-3000 Ruthen langen Grundlinien konnten auch über astronomische Verfahren, das heißt mit Hilfe eines Sextanten und eines Chronometers, bestimmt werden. Über größere Entfernungen mußten die angepeilten trigonometrischen Punkte - wenn es nicht gerade Türme waren - beispielsweise durch Pyramiden aus Rundhölzern<sup>52</sup> oder Feuerzeichen über Nacht besonders kenntlich gemacht werden<sup>53</sup>. Distanzen für die Triangulation können nun auch rechnerisch mit größerer Genauigkeit aus der Basisvergrößerung<sup>54</sup> ermittelt werden. Allerdings werden die Entfernungen immer

noch sehr mühsam mit der Meßkette ermittelt:

„Die Anlage der Grundlinien ... erfolgte durch vier Meßruthen aus trockenem Tannenholz, die gegen Feuchtigkeit mit Ölfarbe bestrichen und deren Enden mit Messing beschlagen waren... Diese Meßruthen wurden entlang einer gespannten Schnur auf die Erde gelegt und mit einer Wasserwaage ausgerichtet. Entlang dieser Linie steckte man Visierstäbe in den Boden und richtete sie mit dem Astrolabium (Graphometer beziehungsweise Theodolit) aus. Diese Länge wurde mit einer geeichten Meßkette vermessen und alle 10 Ruthen ein dünner Pfahl etwa 1 Fuß tief in die Erde geschlagen. Schließlich wurde von Pfahl zu Pfahl eine Schnur gespannt, an der entlang eine Meßruthe endgültig ausgerichtet wurde. Die Ausmessung einer Grundlinie von 1000 Ruthen Länge dauerte ... etwa eine Woche.“<sup>55</sup>

Die gemessenen Entfernungen und Winkel werden zunächst im Feldbuch oder auf dem Planchet [Zeichenbrett] grob skizziert. Auf dem Zeichentisch wird mit Hilfe von Maßstabslineal, Transporteur und Zirkel eines genauen Abbild im gewünschten Maßstab erstellt. In der Praxis wird die Triangulation mit den topographischen Meßtischaufnahmen kombiniert, die dann Stück für Stück in die gemessene Basis als Bezugspunkt in die Reinzeichnung eingepaßt werden. Diese Vorlagen wurde dann in Kupfer gestochen.

## Nachweisbare Ausrüstung im Felde, Eigentumsverhältnisse und Fertigung der Instrumente

Über die Ausrüstung im Felde hat der Autor nur Kenntnis aus einer englischen Inventarliste<sup>56</sup> über die Belagerung von Badajos. Dort werden Scheibeninstrumente<sup>57</sup>, Sextanten, Bussolen und Meßketten neben dem üblichen Werkzeug der Pioniere vermerkt. Ein Meßtisch oder ein katoptrischer Zirkel werden dagegen nicht aufgeführt. Dies bestätigt im wesentlichen die These, daß im Feld nur mit den einfachsten Methoden, das heißt Meßkette und Stab, gearbeitet wurde.

<sup>52</sup> nach Beschreibung des Artillerielieutenants Textor 1798, in: Jäger, S. 200

<sup>53</sup> Jones, Journal of Sieges in Spain, Vol. 1, p. 345-346

<sup>54</sup> Im Original *Theodolite* genannt; der Autor vermutet aber ein Scheibeninstrument oder Graphometer, weil laut Adams ein gewöhnlicher Theodolit ein Scheibeninstrument ist.

<sup>52</sup> Jäger, S. 200

<sup>53</sup> Müffling, pp 278

<sup>54</sup> Koscha: Vermessungsgeschichte, S. 59

Auf Grund der Inventarliste vermutet der Autor, daß die Instrumente entweder der Feldarmee oder dem Ingenieurcorps gehörten, obwohl mit Sicherheit viele Ingenieure ihre eigenen Instrumente besaßen. Möglicherweise hat es für den einzelnen Ingenieur einen besonderen Etat für die Anschaffung der benötigten Instrumente gegeben.

Völlig anders verhält es sich bei der Landesaufnahme und den Bauarbeiten im Frieden, wo mit Sicherheit die genauesten und neuesten Instrumente verwendet wurden.

Die Instrumente des vorindustriellen Zeitalters waren einzelne Werkstücke, die fast immer im Auftrag von einem Mechaniker gefertigt wurden. Nur große Werkstätten wie die von Brander in Augsburg und Adams in London dürften kleinere Serien gefertigt haben, für die auch Preislisten<sup>58</sup> angegeben waren. Die in den Pariser oder Londoner Werkstätten gefertigten Stücke waren mit Sicherheit begehrte Importware, die teuer bezahlt werden mußte. Die Einsatzdauer dieser einfachen und robusten Instrumente darf sicher auf mehrere Jahrzehnte geschätzt werden.

---

<sup>58</sup> Adams, Anhang 3, S. 381

## Anhang:

### Glossar der Aufgaben für einfache Aufnahmen und der dazu benötigten Instrumente<sup>59</sup>

Ledernes Zeichenbrett mit Gurt (Planchet)  
Reflektor<sup>60</sup> (Ein dem Sextanten verwandtes Gerät zu horizontalen Winkelmessung)  
Teleskop mit Strichskala und Etui<sup>61</sup>  
Bleistift  
Bleifeder

### Feldvermessung mit der Kette<sup>62 63</sup>

Meßkette in Fuß und Ruthen, oder  
Meßband aus Leinen = Bandmaß und/oder  
Meßleine und/oder Meßschnur  
Meßstäbe = Meßlatte und/oder  
Wegmesser = Hodometer  
Fluchtstäbe = Stationsstäbe oder  
Meßfahnen mit rot-weißem Wimpel<sup>64</sup>  
Winkeltrummel = Winkelkopf für 90° oder 45°  
Kreuzmaß = Kreuzscheibe = Vermessungskreuz =  
Feldmesserkreuz  
Winkelspiegel  
Garnrollen  
Tracierschnur aus Leinen oder Stroh  
Ziehstab für Kette<sup>65</sup>  
Zählstäbe für Kette oder Meßstangen  
Köcher für Zählstäbe<sup>66</sup>  
Feldbuch  
Blendlaterne  
Regenschirm

### Meßtischaufnahme

wie oben und zusätzlich  
Meßtisch mit Platte und Stativ = Mensul = Meßtischgen  
Dioptrilineal = Visierlineal, evtl. Mit Kompaß, oder  
Kippregel  
Kompaß mit Kante als Zulegeinstrument, evtl. mit Diopter  
Stecknadel  
Lot = Blei = Senkblei mit Schnur  
Bussole auf Stativ  
Maßstabslineal  
Stechzirkel  
Bleistift  
Zeichenkarton, aufgeleimt oder geklemmt

rot-weiße Signalflagge am Stock  
Wasserwaage oder  
Weingeistwaage  
Persenning  
[Taschen]Sonnenuhr  
Kleine Schachtel

### Aufnahme mit Winkelmeßgeräten wie dem Theodolit

wie Vermessung mit der Kette und zusätzlich:  
Winkelmesser (allg.)  
Theodolit oder  
Vollkreisinstrument = Scheibeninstrument = Astrolabium  
= Holländischer Kreis oder  
Winkelmesser mit Teleskop oder  
Halbkreisinstrument = Graphometer oder  
Reflektor = katoptrischer Zirkel oder  
Sextant (Hadley) oder Oktant  
Dreibein = Piket = Vermessungsstativ  
Stockstativ für Winkeltrummel etc.

### Nivellieren<sup>67</sup>

Nivelliergerät = Nivellier auf Stativ  
Nivellierlatten = Nivellierstab  
Neigungsmesser mit Blei = Setzwaage  
Kanalwaage

### Schanzenbau<sup>68</sup>

wie Vermessung mit der Kette und zusätzlich:  
Erdzirkel  
Neigungsmesser  
Kings Vermessungsquadrant  
Profillatten = Dossierlatten  
Tracierschnur  
Winkelmesser wie oben  
Abstecke-Stangen  
Absteck-Pfähle  
Tracieren = Abschnürleinen  
Talgfaß  
Seil zum Abstecken rechter Winkel 3:4:5

<sup>59</sup> Scharnhorst, Anhang 4

<sup>60</sup> beschrieben bei Decker

<sup>61</sup> Scharnhorst, Anhang 3

<sup>62</sup> Penther S. 2 und folgende und Tabelle III, IV und XXIII

<sup>63</sup> Adams, Isaac Landmanns Abhandlung über die praktische Geometrie beim Militär

<sup>64</sup> Penther S. 2

<sup>65</sup> Penther Tabelle III, Fig.

<sup>66</sup> Penther S. 2 und Tabelle III Fig. 2.b

<sup>67</sup> Penther, S. 87 und Tafel XXIV, Adams, S. 190ff

<sup>68</sup> Reihe, Vollständige Baupraktik, Erstes Kapitel

## Quellen

- Adams, George; Geißler, J.E. (Übers.): *Geometrische und praktische Versuche oder die Beschreibung der mathematischen Instrumente deren man sich in der Geometrie, der Civil- und Militairvermessung, beim Nivellieren und in der Perspektive bedient*, Leipzig (1795). Reprint: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1985), ausgewählt, bearbeitet und erläutert von Peter Damerow und Wolfgang Lefèvre.
- Blesson, Louis: *Feldbefestigungskunst für alle Waffen*, Berlin, Schleunigeres Buch und Musikhandlung (1825)
- Bolenz, Eckhard: *Bauwesen und Militär - Zur Ausbildungsgeschichte des Ingenieurcorps in Preußen seit dem 18. Jahrhundert*, in: Volker Schmidchen (Hrsg.), *Schriftenreihe Festungsforschung, Band 12*, Wesel (1994)
- Bonin, Udo von: *Geschichte des Ingenieurcorps und der Pioniere in Preußen*, Berlin (1877-1878), Nachdruck LTR-Verlag (1981)
- Bousmard, M. de: *Essai général de Forfitication et d'Attaque et Défense des Places, dédié au roi de Prusse*, 1. Auflage Berlin (1799), 2. Vermehrte Auflage Paris (1814)
- Bousmard, M. de (eigentlich anonym als B. zitiert): *Allgemeiner Versuch über die Befestigungskunst und über den Angriff und die Verteidigung der Plätze, in welchem diese beiden Wissenschaften wechselseitig durch einander erklärt und allgemein verständlich werden. Aus dem Französischen „Essai général de fortification“ von Johann Wilhelm Andreas Kosmann*. 4 Bände in 2 Theilen, Berlin (1800)
- Brachner, Alto (Hrsg.): *G. F. Brander 1713 - 1783 Wissenschaftliche Instrumente aus seiner Werkstatt*, Deutsches Museum, München (1983)
- Burg, Meno: *Die geometrische Zeichenkunst, oder vollständige Anweisung zum Linearzeichnen, zum tuschen und zur Construction der Schatten für Artilleristen, Ingenieure, Baubeflissene und überhaupt für Künstler und Technologen, zunächst zum Gebrauche beim Unterricht in den königlich-preußischen Artillerieschulen, Teil I: Die allgemeine geometrische Zeichenlehre*, Berlin (1822)
- Burg, Meno: *Geschichte meines Dienstlebens, Erinnerungen eines jüdischen Majors der preußischen Armee, mit einem Geleitwort von Ludwig Geiger, Vorwort von Hermann Simon*, Berlin (1853), Neudruck & Hentrich, Teetz (1998)
- Decker, C.: *Das Militärische Aufnehmen*, Ernst Mittler, Berlin (1816)
- Doercks, Johann Karl Theodor: *Meine militairische Laufbahn*, in: Granier, Hermann (Hrsg.): *Schlesische Kriegstagebücher aus der Franzosenzeit 1805-1815*, Breslau (1904)
- Dreier, Franz Adrian: *Winkelmeßinstrumente vom 16. Bis zum frühen 19. Jahrhundert*, 3. Auflage, Berlin (1989), Kapitel III. Instrumente zur Landvermessung, S. 33 und folgende
- Großer Generalstab: *Das preußische Heer im Jahre 1812, Band I*, Berlin (1912), S. 273 und folgende
- Hambly, Maya: *Drawing Instruments 1580-1980*, Sothebys Publications, London (1988)
- Hogrewe, Johann L.: *Theoretische und praktische Anweisung zur militärischen Aufnahme oder Vermessung im Felde. Zum Gebrauch für Officiers und angehende Ingenieurs*, Hannover (1785)
- Hoyer, von: *Taschenbuch für Ingenieurs und Artilleristen, welches die nöthigsten Maaße, Formeln und Notizen enthält. Zunächst für den Feldgebrauch*, Berlin, Realschulbuchhandlung (1818)
- Jäger, Eckhard: *Prussia Karten 1542-1810*, Konrad-Verlag, Weißenhorn (1982). Hierin sehr viele weitere Quellen.
- Jones, John T.: *Journal of sieges carried on*



*by the Army under the duke of Wellington between the years 1811 and 1814 with an account of the lines of Torres Vedras, 3<sup>rd</sup> Edition, Vol.1, London (1820), Note 2, pp 344-347*

*Kioscha, Wolfgang (Hrsg.): Museumshandbuch, Teil 2, Vermessungsgeschichte, Museum für Kunst und Kulturgeschichte der Stadt Dortmund, Dortmund 1989*

*Lyncker, L.: Anleitung zum Situationszeichnen, Darmstadt (1811), Reprint: Lehrdruckerei der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt (1981)*

*Magold, M: Lehrbuch zur Polygonometrie und Markscheidekunst, Landshut (1804)*

*Morton, Alan Q., Wess, Jane A.: Public and Private Science - The King George III Collection, Oxford University Press, Oxford (1993), Part 3 and 4: Drawing Instruments p. 375, Clinometers and Surveying Instruments p .392*

*Mouzé: Traité de la Fortification souterraine, Paris (An XII, 1804)*

*Müffling, Baron Carl von: Aus meinem Leben, Engl: The Memoirs of Baron von Müffling - A Prussian Officer in the napoleonic Wars (Hrsg. Peter Hofschröder), Greenhill Books, London (1997), Chapter Supplement - The Congress of Aix-la-Chapelle, and its result*

*Penther, Johann Friedrich: Praxis Geometriae worinnen nicht alle bey dem Feldmessen vorkommenden Fälle mit Stäbe, dem Astrolabio, der Boussole und der Mensul, in Ausmessung einzelner Linien/Flächen und gantzer Reviere, welche, wenn etliche agränzende zusammen genommen eine Land- .ausmachen auf ebenen Boden und Gebürgen die Abnehmung derer Höhen und Wasser-Fälle nebst beygefügtten practischen Hand-Griffen deutlich erörtert sondern auch eine gute Ausarbeitung der kleinsten Risse bis zum größten mit ihren Neben-Zierraten treulich communiciret werden, Augsburg (1749), Reprint im Klett-*

*Verlag, Stuttgart (1981)*

*Reglement für das königlich-preussische Ingenieurcorps, Berlin (1790)*

*Reiche, Ludwig C. von: Die Feldfortifikation aus theoretischen und praktischen Gründen hergeleitet..., Halle (1804)*

*Reiche, Ludwig C. von: Versuch einer vollständigen Bau-Praktik für Feld-Ingenieure und Infanterie-Offiziere oder Anweisung zum praktischen Bau aller im Felde vorkommenden Verschanzungen und alles dessen, was auf Feldbefestigung Bezug haben kann, Berlin (1820)*

*Scharnhorst, G.: Militärisches Taschenbuch zum Gebrauch im Felde. Dritte Auflage, Hannover (1794), Reprint: Biblio-Verlag, Osnabrück (1980)*

*Scherbening, v. (Hrsg.): Die Reorganisation der Preussischen Armee nach dem Tilsiter Friede, Zweiter Band, vierter Abschnitt, Die Jahre 1809 bis 1812, erschienen als Beilage zum Militair-Wochenblatt, Verlag Mittler und Sohn, Berlin (1865 und 1866)*

*Schroeder-Horwarth, J.: Die preußische Landesaufnahme von 1816-1875, in: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Heft Nr. 5, Verlag des Instituts für angewandte Geodäsie, Frankfurt/Main (1958), Seite 8 ff.*

*Tempelhof, G. F. von: Geometrie für Soldaten und die es nicht sind, Berlin (1790)*

*Vaupel, Rudolf: Die Reorganisation des preußischen Staates unter Stein und Hardenberg, zweiter Teil: Das preußische Heer vom Tilsiter Frieden bis zur Befreiung 1807-1814, Leipzig, Verlag S. Hirzel (1938)*

*Vega, G. v. Vorlesungen über die Mathematik, Band 2, die theoretische und practische Geometrie, die geradlinige und sphärische Trigonometrie, die höhere Geometrie, und die Infinitesimal-Rechnung enthaltend. 3. verbesserte. Aufl. Wien, J. Tendler, (1808).*



Verdenhalven, Fritz: Alte Meß- und  
Währungssysteme aus dem deutschen  
Sprachgebiet, 2. Auflage, Verlag Degener & Co.,  
Neustadt an der Aisch (1993)