

... nie wieder einer lieblichen Hand fähig

Zeichentechnik beim Militär ca. 1750-1820

Martin Klöffler, Düsseldorf

Einleitung

Jeder, der sich ernsthaft mit Festungsbau, Artilleriewesen, Ingenieurwesen im Allgemeinen oder Kartographie beschäftigt, hat schon einmal originale Kupfertafeln, Skizzen, Pläne oder Karten in der Hand gehabt, deren makellose handwerklich Ausführung uns auch heute noch im Zeitalter der rechnergestützten Planungstechnik, Photographie und hochentwickelten Reproduktionstechnik besticht. Häufig sind diese Zeichnungen die einzigen erhaltenen Nachweise, die uns eine Anschauung eines geplanten oder realisierten Bauwerks, einer Landschaft oder von militärischen Ausrüstungsgegenständen vermitteln.

Wenn wir das Endergebnis betrachten, so erschließt sich nun keineswegs von selbst das Verfahren, nach dem eben diese „Kunstwerke“ entstanden sind. Wie bei vielen Dingen des vergangenen Alltags, so haben die Erzeuger dieser Werke es für überflüssig gehalten, diese „allgemein bekannten Tatsachen“ zu beschreiben, und so könnte Wissen über handwerkliche Techniken, wenn es über mehrere Generationen hinweg nicht tradiert wird, auch wieder verloren gehen, wie dies auch für die Zeichenkunst¹ vor zweihundert Jahren gelten mag.

Bisher gibt es nur wenige Veröffentlichungen zum Thema, siehe Schillinger, vielmehr finden sich die meisten Hinweise in der zeitgenössischen Literatur, wie zum Beispiel in Adams „Geometrische und graphische Versuche“ (siehe Literaturangaben).

Glücklicherweise lassen sich ein großer Teil der Techniken an Hand der zeitgenössischen Lehrbücher und erhaltener Realien rekonstruieren, was vielfach auf ein Experiment mit Versuch-und-Irrtum hinausläuft, da es keineswegs genügt, nur das Prinzip eines Verfahrens verstanden zu haben. Da viele Materialien an der Wende des 19. Jahrhunderts entweder zu kostspielig, zu schwierig zu beschaffen oder im Gegenteil, auch sehr einfach aufzubereiten waren, scheuen die zeitgenössischen Autoren nicht davor zurück, detaillierte Anleitungen zur Herstellung zu geben, die uns heute bei der

Rekonstruktion helfen können. Als Beispiele seien die Pigmentzubereitung bei Tuschen oder die Konstruktionsprinzipien von Instrumenten genannt.

Man darf ferner erwarten, daß ein vertieftes Verständnis der Zeichentechnik bei der Archivierung, Konservierung, Zuordnung und Datierung hilft. Dieser Artikel soll eine Übersicht über benutzten Verfahren, Instrumente und Materialien geben und beispielhaft in der Zeitenwende um 1800 erläutern.



Abbildung 1: Ein Friderizianischer Ingenieuroffizier, sein Kondukteur und ein Artillerieoffizier nach Menzel (ca. 1840). Auf dem Tisch zu erkennen sind Stechzirkel, Parallellineal und in der Hand des Kondukteurs ein Anschlaglineal. Die im Hintergrund gezeigten Aktenordner sind anachronistisch, denn Akten wurden einfach nur zusammen gebündelt (wie im Vordergrund zu sehen), und Pläne wurden in der Regel gerollt.

Krönitz unterscheidet das Zeichnen nach der Natur und die technische Zeichnungslehre:

Das Zeichnen erstreckt sich auch über Ansichten von oben, wie sie dem Beschauer von einem Thurm, oder wie sie einem Vogel, der über jeden gezeichneten Gegenstand gerade weglöge

¹ alt für Zeichenkunst

erscheinen würden. Diese Art Zeichnungen nennt man Situationszeichnungen; Fortificatorische Zeichnungen, Grundrisse von Bauten etc. gehören auch hierher. Wie diese Zeichnungen gehören auch andere, wie Architektur-, Perspectiv-, Artillerie, Maschinenzeichnungen etc., weniger zur Kunst, sondern sind zu technischen Zwecken geeignet, es kommt dabei nur auf strenge Richtigkeit, weniger oder gar nicht auf Schattengeben und dergleichen an. Die ganze Lehre faßt man unter dem Namen technische Zeichnungslehre zusammen.

Ausbildung und Beruf

Mit der Errichtung der Bau- und Ingenieurakademien sowie den Kadettenanstalten (auch Ritterschulen) im ausgehenden 18. Jahrhundert² etablierte sich ein mehrjähriger Lehrplan für die angehenden Offiziere, der unter anderem die reine und angewandte Mathematik, Geometrie und Terrain- sowie freies Handzeichnen als eigene Fächer enthielt. Nicht zuletzt wurden die Leistungen der Ingenieur-Élèves an Hand der vorgelegten Zeichnungen bewertet:

*Wenn der König [Friedrich II] zum Karneval nach Berlin kam, so sah er gelegentlich die Arbeiten und Zeichnungen der Zöglinge...*³

Die typischen Anwendungen der militärischen Zeichnenkunst waren Kartierung des Geländes, Bauaufnahme sowie Planung militärischer Bauten, Maschinen, Spezifikationen für die militärische Ausrüstung und Croquis (freihändige Situationskizzen) aller Art. Dazu heißt es der Kabinettsordre des Prinzen August für den Lehrplan der vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule 1816:

*Anleitung zum Militärischen Zeichnen, sowohl zur Anfertigung von Rissen aus dem Gebiete der Artillerie- und Befestigungskunst, als in Bezug auf die Darstellung der Erdoberfläche; es muß jedoch in dieser Hinsicht bei den unumgänglich notwendigen Einübung sein Bewenden haben*⁴.

Mitunter bildeten sich begabte Autodidakten, wie zum Beispiel der spätere Ingenieuroffizier und General der Infanterie Ludwig von Reiche, selbst aus:

Zur Anfertigung der dazu gehörigen Karten und Pläne [des Feldzugs von 1793] fehlt es ihm [Lieutenant v. Neander] an einem geschickten

Zeichner, ... so wußte er es einzurichten, daß ich mich zur Übernahme dieser Arbeiten verstand.

Die Ausbildung der zivilen Baumeister, Kondukteure, Forstbeamten und Bergbaubeamten haben gleiche Fertigkeiten vermittelt. Auf diese Kenntnisse aufbauend, gehen zeitgenössische Werke über die höhere Befestigungskunst, Maschinenkunst, Baukunst oder Geodäsie nicht auf die geometrische Zeichnenkunst und Zeichentechnik ein⁵.

Aufgaben

Die Aufgabe der Planzeichnung ist, ein maßstäbliches, verkleinertes zweidimensionales Abbild eines zu konstruierenden dreidimensionalen Objekts auf die Papierebene zu bringen, so daß sich Dimensionen und verwendete Materialien als Planungshilfen daraus herleiten lassen. Hierbei bedient man sich im Wesentlichen verschiedener Darstellungsformen wie Aufsicht, Grundriß, Querschnitt und Abwicklung. Für dreidimensionale Darstellungen wurden die verschiedenen Formen der Perspektiven und der Schatten konstruiert, die hier nicht näher behandelt werden sollen.

Die Karte oder Bauaufnahme bildet dagegen ein bestehendes Objekt an Hand bekannter Maße auf das Papier ab. Die hierzu erforderlichen Vermessungstechniken wurden bereits in einem früheren Aufsatz beschrieben⁶.

Technik und Materialien

Unterlage

Hier waren im Zimmer ein Reißbrett oder ein Pult üblich, im Freien evtl. ein Meßtisch, ein Planchet (s.u.) oder einfach nur ein Heft verbreitet. Üblicherweise wurde das Papier auf das Reißbrett geleimt, s.u. beim Papier; es konnte bei Meßtischen auch mit Hilfe 2 Rollen gespannt werden.

2 Siehe in Preußen 1770 die Bauakademie, 1775 die Ingenieurschule (École de Génie), weitere z.B. im Ausstellungskatalog preußische Bauverwaltung, Bonin und Bolenz

3 Bonin, Geschichte des Ingenieurcorps I, S. 112

4 Bonin, Geschichte des Ingenieurcorps, II S. 287

5 Siehe z.B. Bousmard, Lehmann

6 Klöffler, Vermessungswesen



Abbildung 2: Der Nürnberger Maler Johann Adam Klein in seinem Atelier, ca. 1818. Deutlich ist das Pult (Pulpet) mit verstellbarem Brett zu sehen, welches in der Nähe des Fensters aufgestellt ist. Ähnlich (nur größer) dürfen wir uns die Pulte der Ingenieure vorstellen.



Abbildung 3: Johann Adam Klein skizziert in ein Zeichenbuch unter widrigen Bedingungen, ca. 1818

Decker schreibt über die Verwendung des Planchet⁷:

Das Planchet, dessen ich mich bei militairischen Aufnahmen stets bedient habe, entspricht ganz dem Zwecke des Geschäfts und hat im Wesentlichen folgende Einrichtung:

Man läßt von starkem schwarzem, sogenanntem Bankleder⁸, eine Platte von 10 Zoll im Quadrat schneiden, auf dessen Ecken kleine Dreiecke von Leder, an ihren beiden Katheten angenähet werden, die Hypothenuse derselben bleibt offen, wodurch man im Stande seyn wird, ein viereckiges Blatt Papier von 10 Zoll im Quadrat einzuklemmen.

An der Rückseite der ledernen Kappe ist eine Brieftasche von der nämlichen Größe angenähet, in welche man die übrigen Geräthschaften stecken kann.

An den 4 Ecken des Planchets befinden sich kleine messingne Ringe; durch 2 derselben wird ein Riemchen mit einer Schnalle gezogen, um das Planchet über die Schulter hängen zu können. Das Riemchen muß aber lang genug seyn, damit das

Planchet frei darin spielen kann, wenn man es nach dieser oder jeder Richtung drehen will.



Abbildung 4: Planchet zum Krokieren nach Decker, welches über die Schulter gehängt wird. Darauf ist der Entwurf eines Dreiecksnetzes für die Triangulation zu sehen (Reproduktion des Autors).

Papier

Bis Mitte des 19. Jahrhunderts bestand Papier in Europa aus Hadernfasern, gewonnen aus gebrauchten Textilien (Flachs-, Hanf-, Woll- und später auch Baumwollgewebe). Aus den zu Fasern zerkleinerten Lumpen, in reichlich Wasser aufgeschwemmt, wurden einzelne Papierbögen (Büttenpapiere) geschöpft und an der Luft getrocknet. Glatte Oberflächen wurden durch die Zugabe von etwas Leim erzeugt.

Krünitz unterscheidet nach Größe und Qualität:

*Die Sorten des weißen Papiers sind sehr mannigfaltig. Nach der Größe theilt man es insgemein ein: 1) in **Royalpapier**, welches wieder in **Superroyal**, das zu Landkarten und Kupferstichen dient, oder in **ordinär Royal** unterschieden wird. Hierauf folgt 2) **Medianpapier**, welches in groß, mittel oder klein sortirt wird. Dieses hält das Mittel zwischen dem Royal= und ordinären Papier. 3) **Ordinär Papier** ist schlechter und wohlfeiler, als die vorige Sorte. 4) **Cavalierpapier**, ist das kleinste unter allen diesen Arten, und wird bloß zum Briefschreiben angewandt.*

*Das **Schreibpapier** zerfällt wieder, nach seiner unterschiedlichen Beschaffenheit, in **Notenpapier**, welches dick ist, und zu musikalischen Schriften dient; in mittelfein und ordinär=**Post**= oder **Schreibpapier**; in **Canzleypapier** welches zum Reinabschreiben, oder **Conceptpapier**, welches das geringste ist, und in Aemtern, Kanzleyen, auf Schreibstuben und in Schulen am häufigsten verbraucht wird.*

Ab ca. 1780 wurde erstes Velinpapier in Deutschland von Keferstein in Cröllwitz erstmals mit gewebten Sieben ohne Rippung hergestellt (Velin von lat. Vellum = pergament). Das geleimte Papier hat eine verbesserte glatte und matte, dem Pergament

⁷ Siehe Decker, §100

⁸ Starkes, nicht gespaltenes Leder

nahekommende Oberfläche mit einer Dichte von ca. 75g/m² und eignet sich besonders für technische Zeichnungen oder Drucke.

Das bei Burg⁹ genannte Realpapier bzw. Konzeptpapier bezeichnet hat eine regelmäßig strukturierte Oberfläche. Die senkrechten Linien nennt man Wasserlinien, die querlaufenden Linien nennt man Stege. Die Laufrichtung ist parallel zu den senkrechten Wasserlinien. Es wird für minderwertige Zeichnungen, die an Handwerker gegeben werden, verwendet. Beide Papiersorten sind alterungsbeständig, letztere eignet sich nicht für das Kolorieren, da sie sich zu stark wirft.

Aufziehen des Papiers auf ein Brett

Das Papier wurde auf ein zuvor angefeuchtetes Reißbrett aus Lindenholz, ca. 2'4" x 1'10", aufgezogen. Auch gequirltes Eiweiß oder in warmem Wasser gelöste Stärke (Mehl) waren als Klebstoff üblich, denn der Plan mußte ja nach der Vollendung ohne Schaden vom Reißbrett gelöst werden können.

Bleistifte, Federn und andere

Nicht ganz selbstverständlich ist die Verwendung des Bleistifts (Bleistift), der wegen des metallischen Glanzes des reinen Graphits so genannt wurde. Bis Ende des 18. Jahrhunderts wurde ein Stück Kohle oder Graphit in einen Halter gesteckt, der franz. *Porte Crayon* genannt wurde.



Abbildung 5: Porte Crayon aus einem mathematischen Besteck des 18. Jahrhunderts, hier mit eingespanntem Kohlestück

Mit dem Import der hochwertigen Graphitminen aus England wurde ab ca. 1780 auch die Schäftung mit Holz üblich. Farbstifte waren noch unbekannt. Krünitz¹⁰ schreibt in seiner Oekonomischen Encyclopädie:

Die deutschen Bleistiftmacher kaufen das zubereitete englische Wasserblei in vierkantigen unförmlichen Stücken, zerschneiden es, und legen es in Holz ein, wie ich unten bei den deutschen Bleistiften zeigen werde. Man trifft aber häufig Bleistifte dieser Art an, die bloß eine englische

Spitze haben, und das übrige ist in Deutschland gefertigt. [...]

Der in Berlin sich aufhaltende Bleistiftmacher verfertigt zwei Arten Bleistifte. Einige sind in Holz eingefaßt, und gleichen, dem äussern Ansehen nach, völlig den englischen. [...]. Die andere Art wird in Rohr eingesetzt, und ist ungleich dicker, als die vorige.

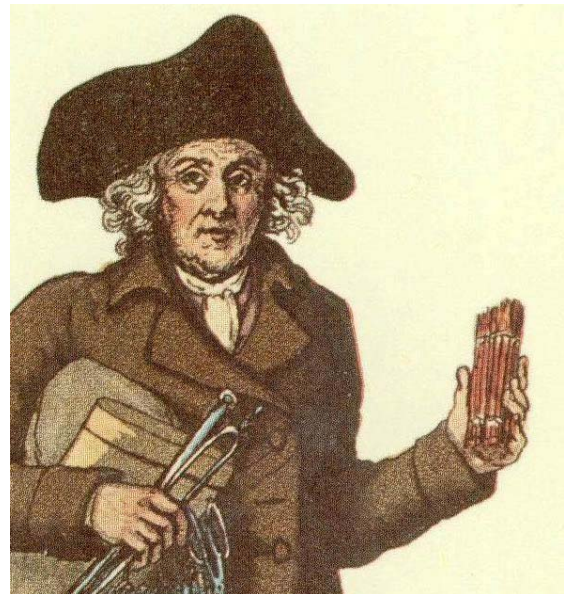


Abbildung 6: „Raare englische Bleischtickchen“ Ein Bleistiftverkäufer aus Hamburg 1808¹¹

Gerade Linien wurden mit der Reißfeder an einem Anschlaglineal (s.u.) gezogen, Flächen wurden getuscht.



Abbildung 7: Transporteur (s.u.), darauf liegend eine Reißfeder mit Federmesser an der Spitze, ein Tuschpinsel und eine Gänsekielfeder mit dem typischen doppeltgeschwungenem Profil.

Freihandzeichnungen wurden mit der gängigen Schreibfeder, in der Regel Gänsekielen, erstellt.

⁹ Burg, §30, S. 16-17

¹⁰ Krünitz, Oekonomische Encyclopädie, Band 5 (1775-1784): Stichwort Bleiweiß

¹¹ Siehe Suhr, Blatt 109



Abbildung 8: Schreiben mit dem Gänsekiel nach Weber, Schönschreibkunst 1780. Oben ist auch das Federmesser zu sehen, mit dem der Kiel gesäubert und zurechtgeschnitten wurde.

Zeicheninstrumente

Mathematische Bestecke

Diese waren weit verbreitet und universell einsetzbar, so daß der wohlhabende Staboffizier und Gentlemen ein Besteck besaß, ja sogar meist auf allen Reisen im Feldkasten oder Reisenecessaire bei sich führte. Bei Ingenieur- und Artillerieoffizieren sowie Ingenieurgeographen gehörten Bestecke ohnehin zum Handwerkzeug. Es versteht sich, daß die Ausführung dieses Statussymbols je nach Budget vom schmucklosen Messingzirkel bis zu feinziselierten Silber- oder Goldarbeiten reichte. Lyncker, hessischer Ingenieurgeograph, beschreibt 1811 für den Bedarf im Felde:

Als Werkzeuge zum Zeichnen braucht man zunächst Bleystifte, Federmesser, Federn und Pinsel; ferner einen Einsetzzirkel¹² mit dazugehöriger Verlängerungsstange und dem Einsatz zu Bleystifte und Federn, einen Handzirkel, eine Reißfeder und einige Lineale und Winkelhaken¹³.

¹² Gleich Stückzirkel, also ein Zirkel mit austauschbaren Teilen: Spitze, Reißfeder, Punktirrad

¹³ Lyncker, S 6 ff.



Abbildung 9: Taschenbesteck für den Feldgebrauch, mit Fischhaut bezogen, hier aufgeklappt, so daß Zirkelköpfe und Reißfedern sichtbar sind (englisch, 1. Hälfte 19. Jahrhundert). Das etwas weniger als handgroße Etui kann in der Rocktasche oder auch im Feldkasten transportiert werden.



Abbildung 10: Kleines Magazinbesteck, mit grünem Samt ausgeschlagen, von links nach rechts: Stechzirkel, 2 Reißfedern als Einsatz für Stückzirkel, darüber Köcher für Minen, Reißfeder, Verlängerung für Stückzirkel, Porte Crayon mit eingesetzter Kohle. Der Stückzirkel selbst ist verloren gegangen (Brüder Vogtländer, Wien, ca. 1800).

Lineale

Verschiedene Linealtypen unterstützten die Arbeit im Felde oder Büro: Bei den Taschenbestecken waren Lineal, Transversalmaßstab und Transporteur (Winkelbogen) mit einander kombiniert und ersparten mit der Fertigung aus Bein oder Elfenbein Platz und Gewicht.



Abbildung 11: Parallellineal, hier nur ein Gelenk gezeigt (Ebenholz, Messing, 19. Jahrhundert)



Abbildung 12: Großes Anschlaglineal mit Stangenzirkel auf Zeichenbrett. Stangenzirkel, hier die beiden Spitzen aufgesteckt auf eine ca. 1m lange Hartholzstange, Mahagoni (19. Jahrhundert). Stangenzirkel wurden zum Kopieren von Plänen oder Übertragen genauer Längen für großformatige Pläne oder Karten benutzt.

Ein Lineal ohne Skaleneinteilung, an welchem nur die Reißfeder entlang geführt wurde, nannte sich Reisschiene bzw. Anschlaglineal. Parallelverschiebungen wurden entweder durch das Parallellineal (meist aus Ebenholz), Anschlaglineal oder das Rolllineal erstellt. Das leichte Parallellineal läßt wegen der beiden Arme nur eine kurze Verschiebung zu, während diese bei dem massiven Rolllineal aus Messing unbegrenzt ist.

Parallelschiebungen waren gleichfalls über zwei aneinander gelegte Dreiecke möglich (siehe Magazinbesteck).

Dreiecke

Zum Zeichnen von festen Winkeln wie z.B. 90° oder 45°, und zum Ziehen von Parallelen waren Dreiecke üblich. Die kleineren waren den Magazinbestecken beigegeben.



Abbildung 13: Zwei kleinere Dreiecke aus einem Magazinbesteck; sie ersetzen hier das fehlende Parallellineal. (Wien, ca. 1800)

Maßstäbe

Diese waren in jedem Besteck enthalten oder auch auf Vermessungsinstrumenten eingraviert. Entfernungen wurden mit dem Stechzirkel auf drei Stellen genau abgegriffen oder bestimmt. Beispielsweise horizontal 200°

(° steht für Ruthe), dann auf dem linken Feld 60° oben und auf dem vertikalen Feld 3°, also zusammen 263°. Halbe Ruthen ließen sich auch noch abschätzen.



Abbildung 14: Transversalmaßstab 1" auf 100" = 1 Zoll auf 100 österreichische Ruthen, duodezimal = Maßstab 1:14.400 für Situationskarten (Vogtländer, Wien, Herkunft wie oben)

Winkelmessung

Winkel wurden über den einfachen Transporteur (siehe Abb. Magazinbesteck und unten) abgelesen oder festgelegt. Bei den einfachen, kleinen Winkelmessern waren damit bestenfalls eine Genauigkeit von einem halben (Alt)grad zu erreichen, mit dem Protraktor (siehe Abbildung) ging es schon weitaus genauer. Für komplexere Konstruktionsaufgaben wurden weitere Zeicheninstrumente wie Ellipsographen, elliptische Zirkel, schiefe Lineale, Parallellineal mit Transporteur etc. entwickelt, siehe z.B. Adams Kapitel über Zeicheninstrumente. Diese dürften aber in der Planungspraxis des Ingenieurs keinen Eingang gefunden haben.



Abbildung 15: Einfacher Transporteur aus Messing mit 180°-Einteilung, je 1/2 Grad genau (Wien, ca. 1800). Eine größere Genauigkeit kann mit einem größeren Halbkreis oder dem Protraktor (siehe folgende Abbildung) erreicht werden.

Rechenhilfen

Allgemein ist festzuhalten, daß man den graphischen Konstruktionen, bei denen es nur auf eine mittlere Genauigkeit ankam, gegenüber den mathematischen Verfahren den Vorzug gab. Die oft noch mangelhafte Ausbildung in praktischer Mathematik mag ihr Übriges beigetragen haben, einfach verständliche zeichnerische Verfahren zu bevorzugen, denn aufwendige mathematische Berechnungen waren damals nur in der

Geodäsie erforderlich: Bei der Triangulation, angewendet auf die Landesvermessung, wurden beispielsweise Winkel bis auf wenige Bogensekunden genau gemessen, die mit den üblichen Winkelinstrumenten gar nicht auf dem Papier aufgetragen werden konnten.

Der *Proportionalzirkel* (engl. *Sector*), ein Vorläufer des Rechenschiebers, erlaubte immerhin einfache arithmetische Operationen auf 2-3 Stellen genau, hatte somit nur den Charakter einer Abschätzung. Er hatte eine weite Verbreitung bis in das 19. Jahrhundert hinein, bis er durch verbesserte Mathematikausbildung und nicht zuletzt infolge weiter verbreiteter Tabellenwerke überflüssig wurde.¹⁴

Für militärische Zwecke erhält der französische Proportionalzirkel dazu folgende Skalen¹⁵:

- Parties égales (Linea arithmetica): Lineare Skala für Multiplikation und Division
- Poids des Boulets (Kugelmassen): Massenberechnungen für Vollkugeln
- Calibres des Pièces: Kaliberberechnungen für Vollkugeln
- Les Métaux (Linea Metallica, Die Metalle): Vergleichende Dichte- und Volumenberechnungen für verschiedene Metalle wie Eisen, Blei, Silber etc., die als alchemistische Symbole dargestellt sind.
- Plans (Linea planorum oder geometrica): Flächenberechnungen, auch zum Ziehen der Quadratwurzel
- Polygons (Linea Polygonorum): Polygonberechnungen für regelmäßige Vielecke, also für den Festungsbau
- Solides (Linea solidorum): Volumenberechnungen der Körper, auch zum Ziehen der Kubikwurzel
- Chordes (Linea Chordarum, Chordenlinie): Sehnenberechnungen



Abbildung 16: Proportionalzirkel für militärische Anwendungen (siehe Text). Hier zusammen mit einem Stechzirkel, um diesen transversim aufzuspannen. (französisch, 18. Jahrhundert).

Die *Tabellenwerke*, wie z.B. die des Freiherrn von Vega und des Obersten v. Hoyer, enthielten Logarithmen und Winkelfunktionen mit Anleitungen für die zu lösenden Aufgaben.

Kopieren

Karten und Pläne können entweder mit der freien Hand abgezeichnet, mechanisch kopiert oder gepaust werden.

Beim mechanischen Kopieren ist Durchstechen mit der Punktirnadel die gängigste und preiswerteste Methode: durch die Vorlage hindurch wird auf die darunter liegende Kopie gestochen bzw. Mit einem Kopierrad wird eine Kontur nachgefahren und durchgedrückt. Mit Hilfe dieser Markierungen werden auf der Kopie dann weitere Hilfslinien gezogen. Beide Methoden beschädigen die Vorlage, besonders nach mehrmaliger Anwendung, erheblich, und werden deshalb nur bei Vorlagen von geringem Wert angewendet.

¹⁴ Damerow: Ein vergessenes Standardinstrument der mathematischen Praktiker, in: Adams, S. 301 ff. und Originaltext Adams, S. 105 ff.

¹⁵ Herdegen, S. 249 ff, Mallet Planche XLIV



Abbildung 17: Punktier- oder Kopiernadel mit abgeschraubter Reißfeder (wohl englisch, 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts)

Ist geringere Genauigkeit erforderlich, so werden Original und Kopie mit einem feinmaschigen quadratischen Netz überzogen und die abzuzeichnenden Gegenstände werden schrittweise aus dem Original in die Kopie mit dem Blei[Stift] übertragen und ausgezeichnet.¹⁶

Die schonendste Methode ist jedoch das Durchpausen nach den folgenden beiden Methoden:

*Erstens: ... man befestigt Öhl oder Wachspapier auf dem den zu kopierenden Riß, und zeichnet die Signaturen mit Bleystift oder auch sogleich mit der Feder ... durch.*¹⁷

Die so entstandenen Pausen werden auch franz. Calques genannt. Diese Calques kann man erstens wiederum auf ein Zeichenpapier durchstechen und hat dadurch das Original nicht beschädigt. Zweitens zeichnet man mit einer sehr feinen Kohle auf der Unterseite des Ölpapiers die Linie nach, legt dieses auf ein Zeichenpapier und drückt mit einem weichen Holz die Vorlage auf das Zeichenpapier ab.¹⁸ Die Kopie wird wie üblich mit Bleistift oder Feder ausgearbeitet.

Zweitens: Man befestigt entweder das Papier, worauf die Copie kommen soll, mit Mundleim oder Nadeln an so vielen Stellen auf dem abzuzeichnenden Plan, als nöthig sind, beyde unverrückt aufeinander zu halten, hält es zusammen ans Fenster oder die Copirscheibe – ein großes in einem Rahme gefasstes Planglas – und zeichnet die Gegenstände mit dem Bleystift durch.

Hier wird vorzugsweise mit Tageslicht, möglicherweise auch mit Kerzenlicht gearbeitet, was wohl eine starke Anstrengung der Augen erfordert. Meno Burg beschreibt eine verbesserte Kopiermaschine, leider ohne Abbildung, welche

aus einer von einem hölzerner Rahmen eingeschlossenen Glasscheibe bestehet, die gegen

*ein sehr einfaches Gestelle in Form eines Notenpult gestellt wird. [...] Diese Maschine würde noch vervollkommnet werden, wenn ...man einen Spiegel hinter dem Pulpet verbände.*¹⁹

Die solcherart hergestellten Kopien konnten auch getuscht werden, in den Gegensatz zu den Wachs- oder Ölpapieren. In jedem Fall muß

*man die gemachte Zeichnung ... noch einmal mit dem Original sorgfältig vergleichen, um die Mängel im Ausdruck ... und die allenfalls vergessenen oder nicht gesehenen kleineren Gegenstände entdecken, verbessern und nachtragen zu können.*²⁰

Reduzieren oder Vergrößern

Um eine Karte auf einen anderen Maßstab zu bringen, bedient man sich im einfachsten Fall des Reduktionszirkels. Über das Verhältnis der Abschnittslängen beider Schenkel läßt sich der Vergrößerungs- oder Verkleinerungsfaktor einstellen. Die aus dem Original abgegriffenen Längen lassen sich so ohne weitere Umrechnung direkt auf die Kopie übertragen.

¹⁶ z.B. Lynker, S. 49ff

¹⁷ Lynker, S 49.

¹⁸ Burg, 1822, S. 382

¹⁹ Burg, 1822, S. 381

²⁰ Lynker, ibid



Abbildung 18: Reduktionszirkel, über die Stellschraube in der Mittel lassen sich die Verhältnisse der Schenkel über eine Skala einstellen, hier Flächen = Plains (englisch, ca. 1940)

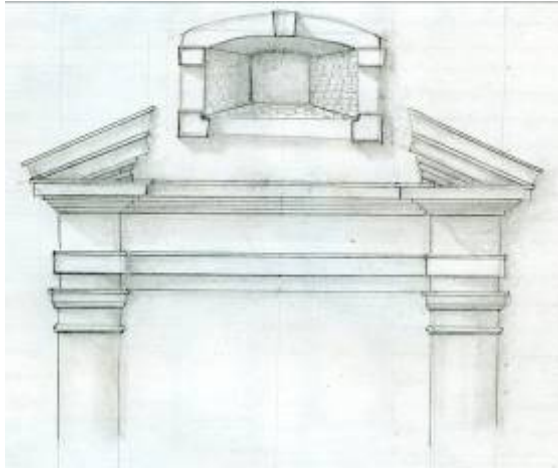


Abbildung 19: Portal eines Festungstores mit einer Scharte im gekröpften Giebel. Mit Hilfe des Reduktionszirkels erstellte Kopie einer Architekturstudie (Zeichnung des Autors)

Auch die oben beschriebene Methode der Quadrate eignet sich für die Verkleinerung oder Vergrößerung.

Die eigentliche Bestimmung des Panthographen, auch Storchschnabel genannt, ist die Verkleinerung von Karten. Dieser besteht aus vier Schenkeln, die, über vier Gelenke verbunden, ein Parallelogramm bilden. Der Drehpunkt des Lagers, der Abtaster und der Bleistift müssen sich in einer geraden Linie befinden. Das Verhältnis der Schenkelabstände bestimmt dann den Reduktionsfaktor vom Original zur Kopie. Der Pantograph erfordert immer einen großen Zeichentisch, auf dem Original und Kopie nebeneinander gelegt werden können, eignet sich also kaum für den Feldgebrauch.



Abbildung 20: Aufgebauter Pantograph (ca. 1780) zur Vergrößerung eines Kupferstichs. Der Bleistift links wird zum Zeichnen auf- und abgesenkt. Vorlage und Kopie werden durch Bleigewichte in Position gehalten.

Reduktionszirkel oder Pantograph lassen sich auch für einfache Kopien 1:1 verwenden.

Konstruktionshilfen bei der Perspektive

Durch perspektivische Darstellung – meist eine Vedute – wird eine wirklichkeitsgetreue Abbildung erreicht. Die optischen oder mechanischen Instrumente erlauben eine schnellere und genauere sowie reproduzierbare Erfassung der Perspektive als dies mit der Freihandzeichnung möglich wäre. Auch ein mittelmäßiger Zeichner kann damit ansehnliche Ergebnisse erzielen, weil er keine Kenntnisse von der Konstruktion der Zentralperspektive haben muß. Selbstverständlich lassen sich somit nur bestehende Objekte abbilden, nicht aber Objekte, die sich erst in der Bauplanung befinden. Diese lassen sich aber nach Regeln der Perspektive erstellen.

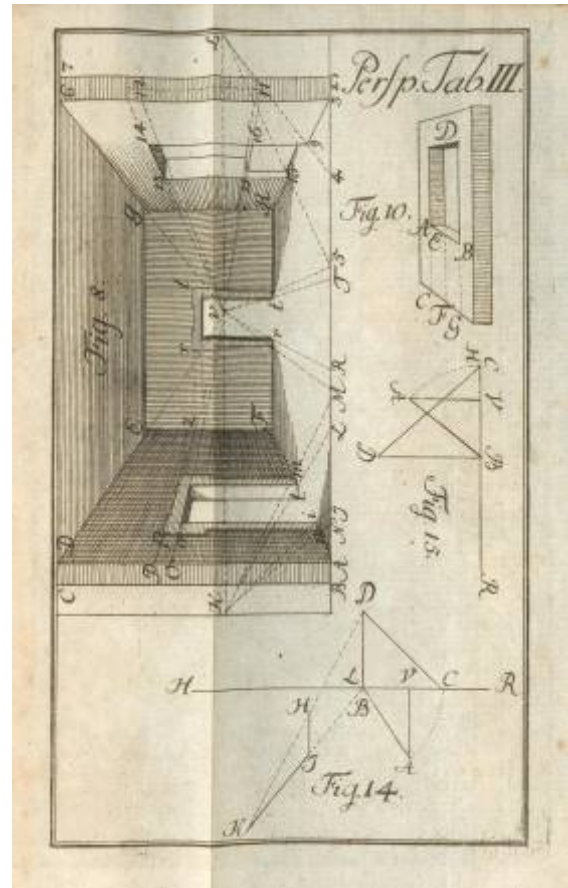


Abbildung 21: Konstruktionen der Zentralperspektive (Freiherr v. Wolff, Anfangsgründe, Perspektive Tab. III)

Freihandzeichnung

Wenn die Zeit drängt oder nicht die Perspektivhilfen zur Verfügung stehen, so muß

der Zeichner sicher aus der freien Hand skizzieren können. Die Erfassung der Perspektive setzt einen geübten Blick für Proportionen und Entfernungen voraus.



Abbildung 22: Malerfreunde nach Johann-Adam Klein, ca. 1818. Deutlich ist das Zeichenbrett auf der Brüstung zu erkennen, welches in der Umhängetasche aufbewahrt wird, die an der Lehne aufgehängt ist. Zum Schutz vor grellem Licht ist ein Schirm aufgespannt. Die Perspektive ist meisterhaft erfaßt.

Netzgitter

Ein Mittelding zwischen Freihandzeichnung und einer echten perspektivischen Zeichenhilfe ist das Netzgitter. Hier wird der abzubildende Gegenstand durch einen Rahmen und eine Absehe anvisiert. Das im Rahmen eingezogene Gitter aus Fäden wird auch auf das Gitter des Papierbogens übertragen, so daß jedes Quadrat nur für sich abgezeichnet werden muß. Diese Methode hilft vor allem, die Proportionen zu wahren.

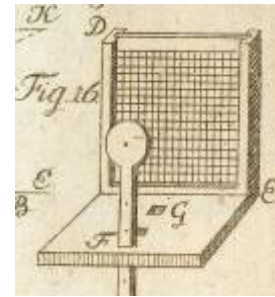


Abbildung 23: Gitternetz zur Erfassung der Perspektive (Freiherrn v. Wolff, Anfangsgründe, Perspektive Tab. II)



Abbildung 24: Zeichnung mit Netzgitter, Vorstudie zur bayerischen Belagerung von Breslau im Jahr 1806/7 von Wilhelm von Kobell, der jedoch kein Augenzeuge war, sondern erst ab 1808 Schlesien im Auftrag des Kronprinzen Ludwig bereiste. Die im Vordergrund gezeichnete Batterie mit den Soldaten ist also virtuell, die Vedute der Stadt Breslau dagegen real. Vermutlich wurden hier zwei Studien miteinander kombiniert. Das Gitternetz diente könnte einerseits bei der Zeichnung vor Ort gedient haben (siehe Abbildung 23), oder andererseits Hilfskonstruktion zum Übertragen auf die Leinwand verwendet worden sein.

Camera Obscura

Die *Camera obscura* bildet durch eine Sammellinse das Objekt direkt auf das Papier ab. Bedingt durch die geringe Lichtintensität des Abbilds mußte der Projektionsraum abgedunkelt werden, um das auf dem Kopf stehende Bild nachzuzeichnen. Das Verfahren eignete sich für die schnelle Aufnahme mit kleinformatigen Papieren.



Abbildung 25: Portable Camera obscura mit Linse aus dem Anfang des 19. Jahrhunderts.

Eine militärische Verwendung der *Camera obscura* scheint wohl bisher nicht direkt nachweisbar zu sein, aber immerhin wurde sie von den zeitgenössischen Malern und Reisenden im Sinne einer Dokumentation eingesetzt. Goethe berichtet nämlich in seiner *Belagerung von Mainz* über den befreundeten englischen Maler Charles Gore, wie dieser 1793 mit seiner Camera obscura eine Perspektive des brennenden Mainz und seiner Festungswerke aufnahm.

Er zeichnete recht glücklich in die Camera obscura und hatte, Land und See bereisend, sich auf diese Weise die schönsten Erinnerungen gesammelt. [...] Die Belagerung von Mainz, als ein seltener wichtiger Fall, wo das Unglück selbst malerisch zu werden versprach, lockte die beiden Freunde an den Rhein [...] Herr Gore stellt seine tragbare dunkle Kammer auf dem Wall sogleich zurecht, in Absicht, eine Zeichnung der ganzen, durch Belagerung zerstörten Stadt zu unternehmen [...] wie sie uns in seinen hinterlassenen, schön geordneten Blättern noch vor Augen liegt.



Abbildung 26: Aufnahme von Mainz mit der schwer beschädigten Stadt im Hintergrund, gesehen von der Zitadelle, gezeichnet unmittelbar nach der Einnahme 1793 von Charles Gore. Beachtenswert ist die fast photographische Genauigkeit der wohl erst mit Blei vorgezeichneten, dann getuschten Zeichnung (Archiv Stadtmuseum Weimar)



Abbildung 27: Portraitzeichnen mit einem Nachbau der Camera obscura (© Kerstin Kircher)

Camera Lucida

Sehr viel handlicher als die Camera obscura ist die ca. 1805 von dem Engländer Wollaston erfundene kleinere Schwester, die *Camera Lucida*, mit der auch bei Tageslicht gezeichnet werden kann. Das kleine Stativ muß dazu nur an ein Zeichenbrett oder einen Tisch geschraubt werden. Ihr Etui paßt einfach in eine Schußtasche und eignet sich so besonders zum Croquieren.

Durch ein Halbtransparentes Prisma visiert der Zeichner das Objekt an und erhält gleichzeitig dessen Kontur auf dem Papier, welche er nur noch mit dem Bleistift nachziehen muß. Mit einer Linse kann das Abbild auf dem Papier vergrößert werden.

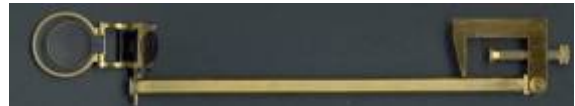


Abbildung 28: Zusammengeklappte Camera lucida nach Wollaston (ca. 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts). Das Prisma sitzt im oberen Gelenk. Das Blickfeld kann mit einer kleinen Blende eingeschränkt werden.



Abbildung 29: Zeichnung des Hauses Oberzettlitz in Windsheim mit der oben gezeigten Camera Lucida (Zeichnung des Autors, Bleistift auf Karton)

Mechanische Konstruktionshilfen

Aus England sind weitere mechanische Geräte für die Erfassung der Perspektive bekannt – nämlich der Perspektograph und der Delineator von Adams. Wegen ihrer Unhandlichkeit und Anfälligkeit wurden sie wohl nur von Landschafts- und Architekturmalern eingesetzt und dürften kaum feldtauglich gewesen sein.

Nur ein Typ sei hier vorgestellt, der von Adams 1795 beschrieben wird: Der kleine Apparat wird auf einem Tisch fixiert und das Papier in der vorderen Hälfte eingeklemmt. Über eine Absehe wird das Objekt durch den aufgestellten Bügel anvisiert; die beiden Schieber auf dem Bügel werden solange eingestellt, bis sich das Objekt im Fadenkreuz, Punkt P, erfaßt ist. Sodann wird der Bügel auf das Papier heruntergeklappt und das Papier am Fadenkreuz mit dem Bleistift markiert. So werden fortlaufend alle wichtigen Punkte erfaßt, die dann durch Linien untereinander verbunden werden.

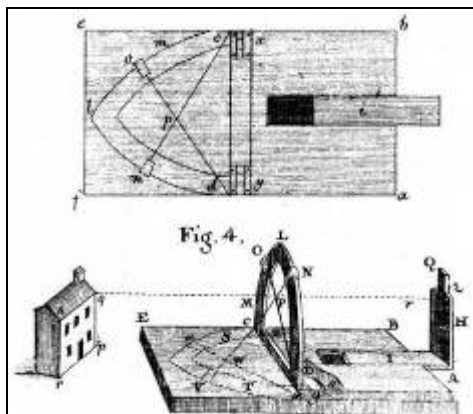


Abbildung 30: Instrument zum Perspektivischen Zeichnen, (Adams Tafel XXXII²¹)



Abbildung 31: Äußeres Torhaus am Schloß Adolphseck zu Fulda, aufgenommen mit einem Nachbach des oben beschriebenen Perspektivinstrumentes von Adams. Es können nur die Konturen aufgenommen werden, die Details müssen vom Zeichner nach Augenmaß ergänzt werden. (Zeichnung des Autors).

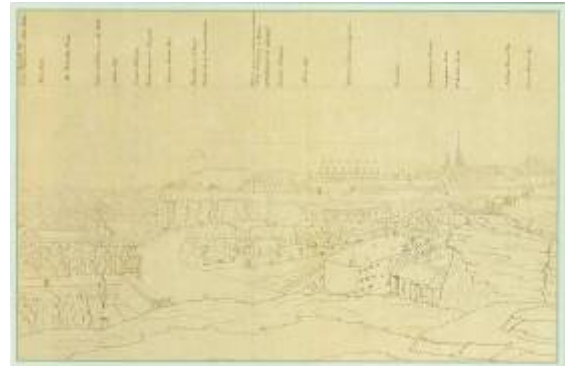


Abbildung 32: Bundesfestung Luxemburg, Heilig-Geist-Zitadelle, gesehen von der Rhamhöhe. Zeichnung durch N. Haubenschmidt 1821-22²², die sicher mit Hilfe einer perspektivischen Zeichenhilfe erstellt wurde, also keine Freihandzeichnung ist.

Kolorieren und Tuschen

Jede Zeichnung gewinnt erst durch Kolorieren (hist. Illuminieren) weitere Gefälligkeit und Klarheit. Erst in der illuminierten Zeichnung können Licht und Schatten, Nähe und Ferne sowie natürliche Farbgebung weitere realistische Wirkung erzielen. Bei Bauzeichnungen beschreiben Farben dagegen Material und Zustand des Objekts. Decker beabsichtigt mit der Farbgebung offensichtlich auch eine künstlerische Wirkung²³:

Warum soll eine militärische Zeichnung das Auge nicht ebenso gefällig ansprechen als das Bild eines Malers, so lange es nämlich ohne optischen Betrug, welcher nachtheilig für die Richtigkeit der Darstellung seyn würde, geschehen kann? Warum soll man aus der militärischen Zeichnung nicht eben die Harmonie des Colorits mittheilen können als jede andere Handzeichnung?

²² Thewes, Guy et. Al: Luxemburg – Festung Europas, Musée d'Histoire de la Ville de Luxembourg (1998), Abb. 14, S. 159

²³ siehe Decker, S. 22-23

²¹ Adams, S. 102-104



Abbildung 33: Engl. Tuschkasten (Artist Box) um ca.1780. Inhalt ergänzt: Mischpalette, Pinsel, Federspitzer, Petschaft, Siegellack, Farben und Schellmuschel als Mischpalette (Rekonstruktion Autor)

Der Zeichner kaufte die Grundfarben oder bereitete sie selbst zu. Zwischen Tuschen und Tinten wurde Anfang bis Anfang des 19. Jahrhunderts nicht unterschieden. Einige Rezepte aus dem „Gemeinnützigen Kunstbuch ... enthaltend eine Anweisung zur Verfertigung allerley Tinten“ lesen sich aus heutiger Sicht recht kurios:

Rote Tinte, No, 29, Dritte Art

Man nehme ½ Pfd. geraspelte Fernambukspäne, gieße ½ Maas gutes Bier darüber, nebst 1 Glas voll Regenwasser und eben so viel Weinessig; thue dazu 3 Loth Alaun, und 1 Loth Gummi Traganth, und lasse es ein wenig weichen. Hierauf setzt man es über's Feuer, läßt es auf die Hälfte einsieden, gießet oder seihet das Klare davon ab, und wenn es erkaltet ist, verwahrt man sie in einem reinen Geschirr.

Aus den Farben werden die fertigen Tuschen bereit, in dem sie mit Wasser angerührt werden. Mit etwas Gummi Arabicum vermischt, sind die Farben nach dem Antrocknen weniger wasserlöslich. Sie werden Saft- und Lasurfarben genannt, wirken transparent und haben keine deckenden Eigenschaften. Diese werden mit einem feinen Haarpinsel stark verdünnt aufgetragen. Nur das Velin- oder Royalpapier eignet sich zum Tuschen, da sich dieses nicht wirft oder verzieht.

Die „Musterblätter für die topographischen Arbeiten“ nennen nur wenige Grundfarben, die mineralischen oder pflanzlichen Ursprungs sind: Schwarze Tusche, Karmintusche, Gummigutti, Indigotusche, Gebrannte Umbratusche, Zinnoberatusche und Grünspan. Die Artilleriezeichnung und Planzeichnung²⁴ kommt sogar nur mit schwarzer Tusche, Gummigutti, Saffroth/Karmin und Saftblau/blauer Karmin aus.

Durch Mischung der Grundfarben wurden die benötigten Farben gewonnen, also z.B.

Purpur	Karmin und Zinnober
Gartengrün	Grünspan und Gummigutti
Wiesengrün	Mehr Gummigutti als Grünspan
Waldfarbe	Schwarze Tusche und Karmin
Sandfarbe	Gummigutti und Karmin
Wegefarbe	Umbratusche und Karmin



Abbildung 34: Skripturkasten mit Zeichenutensilien; zu sehen sind ein Taschensonnenuhr, Tinte, Parallellineal, Zeichenbrett, Schreibfedern, Pinsel, Siegellack, Transversalmaßstab, Papier, Bleistift (Rekonstruktion des Autors).

Beispiele für typische Aufgaben

Bauzeichnung eines Festungswerks durch Ingenieure

Architekturzeichnungen sind das eigentlich Handwerk der zivilen Baumeister und militärischen Ingenieure. Die aus dem Entwurf abgeleitete Reinzeichnung bestimmt sehr wesentlich die mögliche Auftragsvergabe und wurde deshalb sehr hoch bewertet, mußte also hohen ästhetischen Kriterien genügen.²⁵

Bis Anfang des 19. Jahrhunderts bleiben, im Gegensatz zum zivilen Architekturwesen, der reine Architektenriß und die Fassadenabwicklung im militärischen Ingenieurwesen die verbreitete Form der Bauzeichnung. Die perspektivisch angelegten Architekturveduten scheinen weitaus weniger üblich gewesen zu sein.

²⁴ siehe Burg, Band 1, S. 21 ff.

²⁵ Ottomeyer

Der Plan wird auf Velinpapier in vorgebenem Maßstab (z.B. 1" (Zoll) auf 1° (Ruthe) = 1:144) in Bleistift vorgezeichnet und die Linien bzw. Kurven werden mit der Ziehfeder nachgezeichnet. Die Flächen werden durch verdünnte Tusche gefüllt (illuminiert) und, um eine plastische Wirkung zu erzielen, leicht mit dem Wasser- und Tuschepinsel verwaschen. Dabei wird die Beleuchtung meist in der oberen linken Ecke angenommen, so daß sich ein Schattenwurf nach rechts hin ergibt. Flecken und Linien korrigiert der Zeichner mit dem Schabmesser. Die noch sichtbaren Bleistiftstriche werden mit Gummi-Elasticum oder Brotsemmeln ausradiert. Die Beschriftung – Titel, Kartusche, Legende, Transversalmaßstab - etc. schließt die Zeichnung ab.²⁶

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen Quer- und Längsschnitt, Fassadenabwicklung und einen Grundriß mit folgender Farb-Kodierung der Materialien und Bauzustände, wie sie für die Zeit des Deutschen Bundes repräsentativ sein dürfte. Die Aufsicht wird meist in gleicher Farbe heller hervorgehoben als der Schnitt.

- Orange: alter Bestand, wahrscheinlich Bruchsteinmauerwerk
- Rosa: neuer Bestand, Material Sandstein oder Ziegel?
- Helles Blau: Abdichtung der Gewölbe durch Pech und/oder Ton.
- Gelb: Abdichtung der Kasemattengewölbe, mit Wasserrinnen in den Stoßpunkten.
- Dunkleres Gelb: Querschnitt durch Holz (hier nicht gezeigt).
- Hellere Braun: Verdeck mit Blick auf die Brustwehr und die Geschützrampe im ausspringenden Winkel
- Dunkleres Braun/Grau: Gewölbe und Scharten im Aufsicht, mit Schattenwurf von links oben, Fassade in Aufsicht.
- Braune Platten: Gewachsener Fels
- Hellgrün: Aufsicht auf das Verdeck, Wallanlagen allgemein.

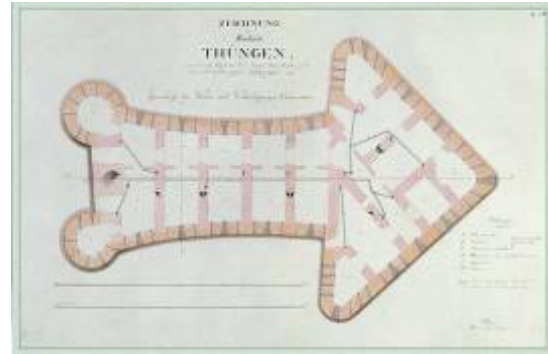


Abbildung 35: Bundesfestung Luxemburg, Geschoßplan der Wohn- und Verteidigungskasematten des Reduits vom Forts Thüngen (1837). Die Grabensituation ist nicht dargestellt. Hier die Lage der Schnitte A-B und C-D des oberen Plans. Die beiden Transversalmaßstäbe geben rheinländische Ruthen und Meter an.

Schattenwirkung ist hier nur den umlaufenden Sockel angedeutet, im Inneren fehlt er. Die Aufsicht auf den Geschoßboden ist farblos dargestellt, während die Kamine und Drainage schwarz bzw. grau hervorgehoben sind.

Wenn Muster von Bauzeichnungen durch Druck vervielfältigt werden sollten, wurden Material und Schnitte durch verschiedene Schraffen ausgedrückt.

Das Reglement von 1790 befaßt sich lediglich mit den Dienstvorschriften, nicht aber mit der Planung und Bauzeichnungen ins besondere, mithin ist also ein späteres Reglement zu vermuten. Eine erste Vorschrift für das preußische Ingenieurcorps wurde von dem Gen. Major v. Rauch, Chef des Ingenieurcorps, 1820 formuliert.²⁷

Maßstäbe und Längeneinheiten

Die in den deutschen Staaten am Anfang des 19. Jahrhundert herrschende Vielfalt von Maßsystemen war von besonderer Delikatesse und konnte nur den französischen linksrheinischen Departements durch die Einführung des metrischen Systems, sowie in den Zentralstaaten Preußen, Österreich und Bayern reguliert werden. Die Autoren aller Lehrbücher fanden es folglich nötig, jeweils ein besonderes Kapitel „Der Verwandlung der Maße ineinander“ zu widmen. Bei den überkommenden Maßstabslinealen und Maßstäben der Pläne und Karten können wir nur auf Grund der Herkunft auf die damals gebräuchlichen Maßeinheiten schließen. In der Kartographie und im Festungsbau – als staatliche regulierte Aktivitäten – haben sich einheitliche Maßstäbe landesweit durchgesetzt.

²⁶ Burg, Band, Erster Abschnitt

²⁷ Klaus Jordan, Festungsjournal 39 (2011), S. 37 ff.

1. Festgesetzte Maßstäbe (nach dem Königl. Preuss. Ingenieur-Reglement.)

	Auf 1 Rheinl. u. d. Quadr. Zoll	
	Wuthen.	Fuß.
Zu den Profilen einzelner Festungswerke, zu einzelnen Gebäuden, Magazinen, Brücken etc.	—	12
Zu dem Grundriß einzelner Werke, wenn er bei dem Bau gebraucht werden soll.	—	24
Zu dem Grundriß einer einzelnen Polygonseite	6	—
Zu dem Grundriß von projektierten oder in Arbeit stehenden Festungswerken	12	—
Zu dem Grundriß ganzer Festungen	20	—
Zu dem Grundriß derselben mit umliegendem Terrain	83	4 oder 1000 auf 1 Fuß.
Zu topographischen Karten und Terrainsplänen, 2 bis 12 Zoll die deutsche Meile.		

Abbildung 36: Maßstäbe für Festungspläne 1818 (Hoyer, S. 5)

Brouillon

Die rasch hingeworfene Faust- oder Handskizze entspricht den schnell zu lösenden militärischen Aufgaben im Felde oder Manöver, bei denen es auf eine genaue maßstäbliche und graphisch anspruchsvolle Darstellung nicht ankommt. Das Terrain wird hierbei nach dem Augenmaß aufgenommen und Distanzen werden lediglich geschätzt. Es wird mit Bleistift, Reißkohle oder auch Tusche gezeichnet. Typische Anwendungen sind Tracés von Festungen und Feldbefestigungen, Belagerungsarbeiten, Kolonnenwege, Lagerpläne, Aufmarschpläne, Manöverpläne, Situationskarten, um nur die wichtigsten zu nennen.



Abbildung 37: Kroki (franz. Croquis) eines Dorfes durch Begehung (Aufnahme des Autors auf dem Planchet, Freilichtmuseum Kiekeberg).

Meßtischaufnahme des Geländes durch Ingenieurgeographen

Die Meßtischaufnahme ist Teil einer topographischen Aufnahme des Terrains; im kleinen Maßstab ca. 1:1000 bis 1:5000 aufgenommen, dient sie der Vorbereitung einer topographischen Karte, die aus mehreren Meßtischaufnahmen zusammengesetzt wird. Eine topographische Aufnahme auf der Basis eines Dreiecksnetzes entsteht Anfang des 19. Jahrhunderts folgendermaßen:

Durch ein Netz entlang Breiten- und Längengraden, organisiert in Partien und Banden wird die Erdoberfläche unterteilt, so daß auch die Berandungen der einzelnen Blätter festgelegt sind. Die Ausrichtung erfolgt nach geographisch Nord. Zur Vorbereitung werden die zuvor gemessenen trigonometrischen Punkte in kartesischen Koordinaten als Bezugssystem des ansonsten noch leeren Meßtischblatts eingetragen. Die erste Aufnahme (Croquis) entsteht direkt im Gelände, wobei der Vermesser zuerst an den trigonometrischen Punkten einmißt. Alle weiteren sichtbaren Geländepunkte werden graphisch nach dem Einschneideverfahren bestimmt. Die wichtigsten Gegenstände werden beschriftet und die Kulturformen werden vermerkt. Das einzelne Blatt wird meist nicht ins Reine gezeichnet.

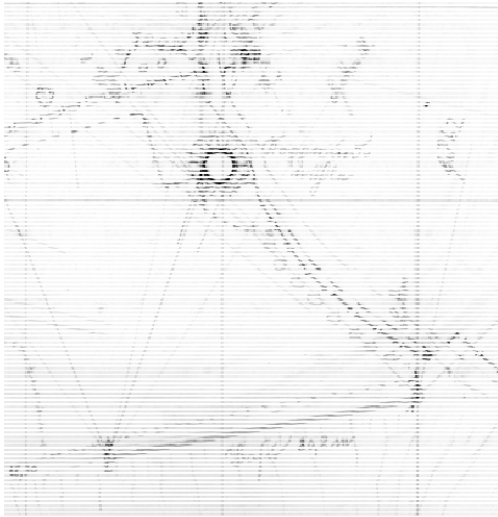


Abbildung 38: Brouillon einer Meßtischaufnahme im Grenzgebiet von Preußen und den Niederlanden zwischen den Grenzpfählen No. 62 und 64, aufgenommen im Maßstab 1:1000 mit 5 trigonometrischen Punkten (TP), Kreise mit den mittigen Stechpunkten der Markiernadeln. Die Basislinie ist unten am unteren Rand als Doppellinie zwischen TP 1 und 2 zu erkennen. Die von den TP und weiteren Standpunkten ausgehenden Visurlinien der Kippregel legen in ihren Schnittpunkten die Lage der Objekte fest. Bleistift auf Velinpapier (reduzierte Aufnahme des Autors im Freilichtmuseum Kommern).

Vielmehr werden die einzelnen Meßtischblätter zu einer Aufnahme zusammengesetzt und danach mit dem Pantographen reduziert. Die Reinzeichnung enthält dann die Schraffen für die Steilheit, Schummerung, Signaturen, Farben für die Kulturformen, Straßen, Gebäude etc. nach Vorschrift, also z.B. nach den Spezifikationen des preuß. Generalstabs 1818. Dieses Blatt ist immer noch ein Unikat und kann nur durch Abzeichnen vervielfältigt werden.

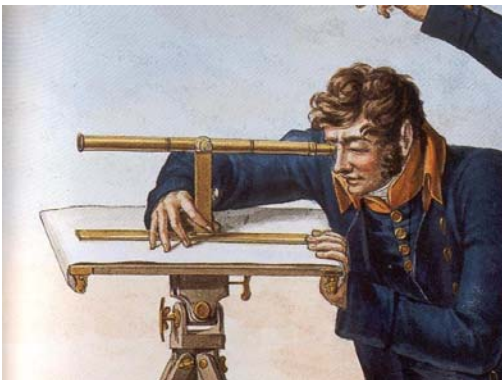


Abbildung 39: Meßtisch von franz. Ingenieurgeographen nach Care Vernet, ca. 1810. Das Papier wird mittels zweier Rollen, die über eine Sperrklinke fixiert werden, über das Brett gespannt.

Im Gegensatz zur Bauzeichnung sind hier weitere Hilfsmittel verpönt. Deckert schreibt hierzu:

Freie Handzeichnung – schon der Name spricht die Sache aus – muß dem jungen militairischen Zeichner vorangehen; er ist verdorben, sobald er Lineal und Triangel früher in die Hand nimmt als die Reiskohle und den Pinsel.

... habe ich selbst die Erfahrung gemacht, daß selbst ein vieljähriges Streben nicht instande ist, die pedantischen Eindrücke eines ersten Unterrichts zu verwischen, und daß eine in der Jugend auf diese Weise verkrüppelte Hand, nie wieder einer lieblichen Freiheit fähig ist.

Darum sind die meisten Situationspläne matte, kraftlose, pedantische Gebilde, die dem Auge wehe tun, weil es beim Beschauen keine Harmonie findet, und auf steife Linien und scharfe Ecken stößt.

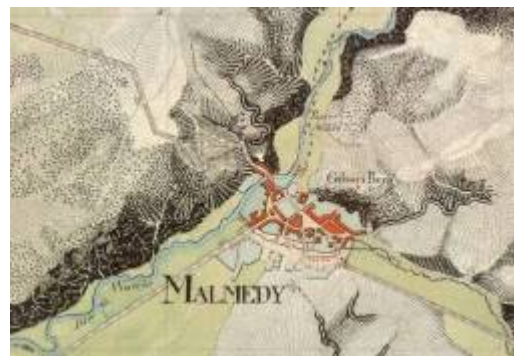


Abbildung 40: Reinzeichnung mehrerer zusammengefügter Meßtischaufnahmen in ein Blatt mit Gradabteilung. Die Kolorierung der Gärten und Gebäude entspricht schon den Musterblättern von 1818. Besonders hervorgehoben sind die Hänge, deren Neigung durch die Dichte der Schraffen nach Lehmann ausgedrückt wird. Steile Felsenpartien sind ebenso deutlich erkennbar wie Wiesen, Gärten und Wälder. (Müfflingsche Aufnahme der Rheinlande 1:20.000, Bande XXX, Partie e, 1. Meßtisch, theils aufgenommen, theils reduziert und nach französischen Croquis gezeichnet von Fromholz, Lieutenant im 2. Schützen-Bataillon, 1818, Reproduktion des Landesvermessungsamts Bonn)

Die topographischen Blätter dienen wiederum als Vorlage für eine Karte noch größeren Maßstabs, also zum Beispiel einer Generalkarte 1:86.400. Die Informationen aus der Vorlage werden nochmals in einer Vorlage für den Stecher verdichtet, dessen Aufgabe es ist, eine spiegelverkehrte Druckvorlage herzustellen. Der Stich auf Kupferplatten war bis Anfang des 19. Jahrhunderts das gängigste Vervielfältigungs-Verfahren, erst ab ca. 1810 kam die von Senefelder in München erfundene Lithographie auf Solnhofener Platten hinzu. Die so hergestellten Karten konnten solange vervielfältigt werden, bis die Vorlage nach einhundert Drucken abgenutzt war und nachgestochen werden mußte. Die gedruckten Karten wurden Anfangs des 19. Jahrhundert in der Regel nicht mehr koloriert, waren dafür preiswerter und konnten – wie die Lecoq'sche Karte – frei im Buchhandel erworben werden.

Auf der anderen Seite blieben die ab 1815 betriebenen Landesaufnahmen des preußischen Generalstabs geheime Verschlussache und wurden bestenfalls den eigenen zivilen Behörden oder befreundeten Staaten des Deutschen Bundes in Kopien zugänglich gemacht.



Abbildung 41: Generalkarte Westfalens von LeCoq, in Kupfer gestochen, Maßstab 1:86.400 in Anlehnung an die französische Cassinikarte. Hier in der Section XV ein nicht-maßstäblicher Ausschnitt für Wesel, aufgenommen 1803 u.a. durch die Ingenieuroffiziere v. Engelbrecht, v. Reiche, v. Hake, v. Bornstaedt, gestochen zu Berlin 1812 (Reproduktion des Landesvermessungsamts Bonn)

Topographische Aufnahmen am Anfang des 19. Jahrhunderts trugen oft noch die sehr persönliche Handschrift des Ingenieurgeographen oder des aufnehmenden Offiziers, die wegen der fehlenden Gleichförmigkeit einen Vergleich und die Interpretation einzelner Blätter oft erschwerten. Dies ist besonders deutlich an den Kartenaufnahmen der Rheinlande zu erkennen, die zuerst unter dem französischen Oberst Tranchot von 1801-14 geleitet, dann von 1815 bis 1828 unter dem preußischen General v. Müffling fortgeführt und abgeschlossen wurden. Der preußische Generalstab erließ deswegen eine Instruction im Jahr 1818, der Musterblätter beigefügt waren (siehe Abbildungen zum Schriftmuster und Signaturen). Es heißt kurz und bündig:

Nach diesen Musterblättern sollen künftig alle topographischen Arbeiten des Königlichen Generalstabs sowohl gezeichnet als beschrieben werden....



Abbildung 42: Verkleinertes Schriftmuster (Normschrift) aus der „Erläuterungen zu den Musterblättern für die topographische Arbeiten des königl.-preuß. Generalstabs“

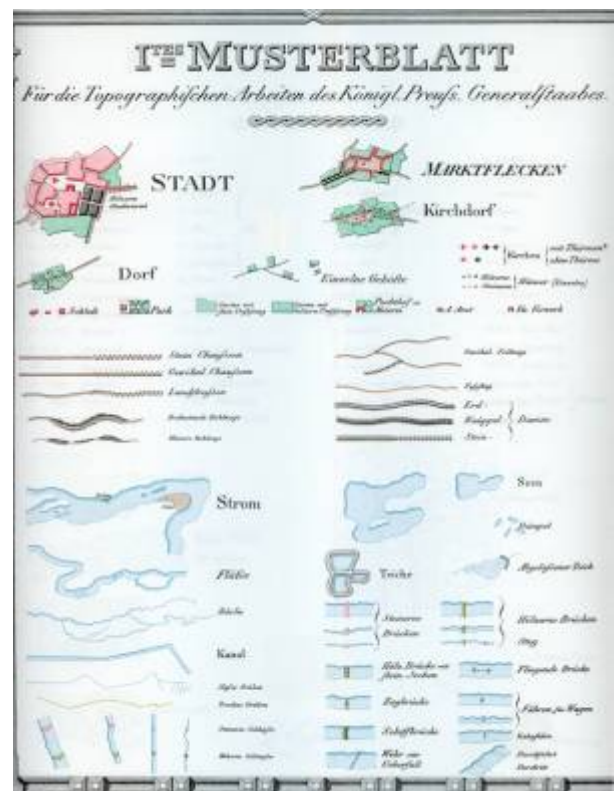


Abbildung 43: 1. Musterblatt, Kolorierung und Signaturen aus den „Erläuterungen zu den Musterblättern für die topographische Arbeiten des königl.-preuß. Generalstabs“. Auch hier ist die Beleuchtung von links oben gut erkennbar. In einem weiteren Blatt sind die verschiedenen Kulturformen erläutert.

Ein weiteres Muster behandelt die Geländeneigung nach der Müfflingschen Skala, die durch mehr- oder weniger dichte Schraffen entlang der Wasserlinien des Hangs verdeutlicht werden. Theoretische Grundlage

war die Beleuchtung des Geländes nach dem sächsischen Major Johann George Lehmann.

Artilleriematerial

Die Vereinheitlichung des Artilleriematerials, in Preußen erst ab 1816 systematisch durchgesetzt, erforderte das Anlegen von Musterzeichnungen, die an die Arsenale verteilt wurden. Das Zeichnen des Artilleriematerials wurde von dem Artillerieoffizier Meno Burg an der vereinigten Ingenieur- und Artillerieschule zu Berlin gelehrt.

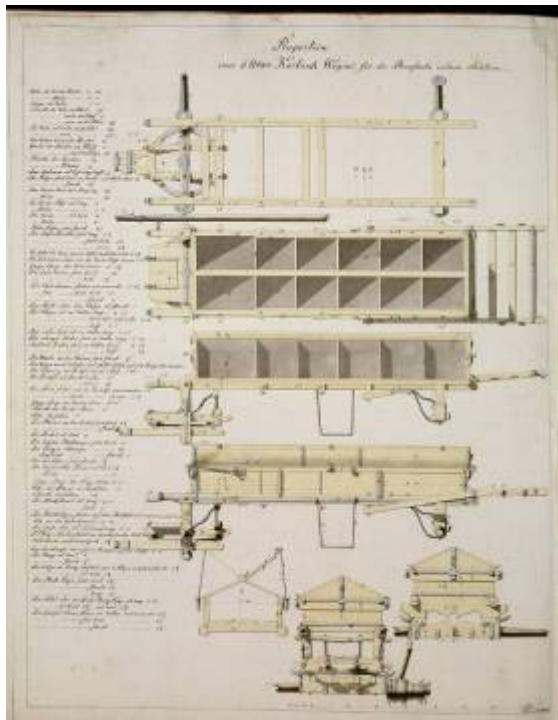


Abbildung 44: Maschinenzzeichnung, 6-pfündiger preußischer Kartuschwagen nach den Spezifikationen des Jahres 1795. Alle Gegenstände werden bereits halbperspektivisch dargestellt, wobei die Beleuchtungsquelle immer links oben vorzustellen ist. Die verwendeten Materialien sind dargestellt als blau = Eisen, gelb = Kupfer, Braun = Holz und Grau = verzinnnes Eisenblech (?). (DIGAM, Digitales Archiv Marburg)

Weitere Anwendungen

Als weitere Beispiele für militärische Anwendungen der Zeichnenkunst sind beispielsweise die mechanischen Einrichtungen des Trains und der preußischen Kasernen, des Artillerie- und Pioniermaterials, also im weiteren Sinne alle Materialspezifikationen, zu nennen.²⁸

Bilanz des Fortschritts

Die Wende zum 19. Jahrhundert markiert eine Zäsur für Europa in politischer,

gesellschaftlicher und technischer Sicht. Die napoleonischen Feldzüge bewirkten durch neue Herausforderungen einen Entwicklungsschub für die Kartographie, das Maschinenwesen, den Festungsbau und das Ausrüstungsmaterial. Auf der anderen Seite stellte die von England ausgehende Industrialisierung ganz neue Anforderungen an die immer mehr standardisierte und mechanisierte Produktionstechnik. Daraus ergab sich auch ein qualitativer Fortschritt für die Zeichentechnik, welche zuvor überwiegend auf das zivile Bauwesen beschränkt war. Dennoch galt immer noch die Forderung, daß Bauzeichnungen und Karten auch das Auge erfreuen sollten.

Die gesteigerten Anforderungen zogen zunächst die Standardisierung der Zeichnenkunst in der Kartographie, der Maschinenkunde, dem Bauwesen und dem Ingenieur- und Artilleriewesen nach sich. Die zunehmende Verwissenschaftlichung spiegelt sich sowohl in der spezialisierten Ausbildung der Offiziere sowie Baumeister als auch in reglementierten Zulassungen bei der Ausübung von zivilen Berufen wieder. Reglements und Instruktionen bewirkten eine zunehmende Vereinheitlichung der zuvor oft sehr persönlich geprägten Zeichentechnik. Die Flut von Lehrbüchern nach 1815 und die verbesserten Vervielfältigungstechniken wie der Steindruck zogen eine zunehmende Verbreitung des Wissens nach sich und trugen so weiter zur Standardisierung im beginnenden Industriezeitalter bei.

²⁸ Burg und Ribbentrop

Anhang: Glossar der Instrumente

Taschenbesteck im Felde

Reißzeug = mathematisches Besteck, darin:
Kleiner Transporteur = Winkelmesser mit oder ohne Nonius (Vernier)
Reißnadel = Punktierfeder = Kopiernadel = Copir-Nadel
Punktierrad = Punctir-Rad = Punktierrädchen
Reißfeder = Ziehfeder
Zubringer für Einführen der Tusche in die Reißfeder
Dreieck = Drey-Eck
Lineal = Reisschiene
Parallellineal
Maßstabslineal in Zoll / Fuß / Klafter / Ruthen etc.
Zirkel
Haarzirkel
Bogenzirkel
Stechzirkel
Proportionalzirkel = Proportional-Circul
Visierzirkel
Tasterzirkel

Zusätzlich beim Magazinbesteck und im Büro:

Winkelmesser (Zeichnen) = Gradbogen = Transporteur
Bewegliches Winkelmaß mit 2 Armen
Protraktor
Reißschiene = Anschlaglineal
Kurvenlineal
Anschlaglineal
Rollineal
Schiefes Lineal
Anschlaglineal
Stangenzirkel
Dreischenkliger Zirkel
Elliptischer Zirkel
Halbierungszirkel
Sektoralzirkel
Reißbrett = Zeichenbrett, vorzugsweise aus Lindenholz
Messer, Feile, Schlüssel, Schraubenzieher für Zeicheninstrumente

Papier und anderes Zubehör

Schwamm
Gummi elasticum
Papier
Realpapier
Velinpapier
Ölpapier
Wachspapier
Vor- und Unterlegeblätter

Kopieren, Reduzieren und Vergrößern

Kopiermaschine
Pantograph = Storchenschnabel
Reduktionszirkel

Transport und Aufbewahrung von Plänen und Karten

Kartenrolle
Kartenmappe

Papiermappe = Portfolio

Aufbewahrung:

plano

Gefaltet, meist auf Leinen aufgezogen

gerollt

Schreibzeug

Tintenfaß
Sandstreuer
Tuschpinsel
Schreibfeder = Gänsekiel
Federmesser
Bleistift
Tinte (z.B. Gallus, Sepia, Indigo)
Schwarze Tusche
Pinsel
Tusche
Zeichentinte = Dinte
Schellmuschel als Mischpalette
Leim
Knochenleim,
Stärke oder
Mundleim bzw. gequirltes Eiweiß
Kreide
Kohle = Graphit
Kreidetafel mit Stift und Schwamm

Literaturauswahl

1. 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.*
2. Bion, M: *Traité de la construction et principaux usages des instruments mathématiques*, Paris (1709)
3. 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)
4. Bonin, Udo von: *Geschichte des Ingenieurcorps und der Pioniere in Preußen*, Berlin (1877-1878), Nachdruck LTR-Verlag (1981)
5. Brachner, Alto (Hrsg.): *G. F. Brander 1713 - 1783 Wissenschaftliche Instrumente aus seiner Werkstatt*, Deutsches Museum, München (1983)
6. Bugge, Thomas: *Lehrbuch der gesamten Mathematik oder Vorlesungen über die*

-
- mathematischen Wissenschaften, Ersten Theils zweyte Abteilung oder Anleitung zum Feldmessen, Altona (1807)
7. 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)
 8. 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)
 9. Burg, Meno: *Zeichnen und Aufnahmen des Artilleriematerials oder die geometrische Zeichenkunst angewendet auf die bildliche Darstellung der Geschütze, Wagen, Maschinen u.s.w. der Artillerie*, Duncker, Berlin (1845)
 10. Decker, Carl von: *Das militairische Aufnehmen ... Mit besonderer Rücksicht auf die herrschenden militairischen Verhältnisse und auf eigends dazu erfundene Instrumente*. Mittler, Berlin (1816)
 11. Diderot; D'Alembert: *L'Encyclopédie*, Nachdruck Hachette, Paris (1985)
 12. Goethe, Johann Wolfgang von: *Belagerung von Mainz (ca. 1820)*
 13. Hambly, Maya: *Drawing Instruments 1580-1980*, Sothebys Publications, London (1988)
 14. Hauser, Georg Freiherr von, Hauptmann im k.k. Génie-Corps und der Ritter des k. schwedischen Schwert-Ordens: *Die Minen und der unterirdische Krieg, k.k. Hof- und Staats-Ärarial-Druckerey*, Wien 1817
 15. Herdegen, J.C.F, königl. Baierischer Hauptmann und Ingenieurgeograph: *Praktisch-mathematische Zeichnungslehre als Vorbereitung zur topographischen Situations-, Fortifications-, taktischen, Artillerie und Maschinenzeichnung, Erster Theil*, München (1810)
 16. Hoyer, von: *Taschenbuch für Ingenieure und Artilleristen, welches die nöthigsten Maaße, Formeln und Notizen enthält. Zunächst für den Feldgebrauch*, Berlin, Realschulbuchhandlung (1818)
 17. Johnson, Kathy: *Art & Writing on the Frontier*, in: *The Book of Buckskinning VII*, Scurlock Publising, Texarkana (1995), pp. 100
 18. Klöffler, Martin: *Vermessungswesen in der Ausbildung und Praxis der preußischen Offiziere des frühen 19. Jahrhunderts*, 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
 19. Königlich-preußischer Generalstab: *Erläuterung zu den Musterblättern für die topographischen Arbeiten des Königlich-preußischen Generalstabs*, Berlin (1818)
 20. Königlich-preußischer Generalstab: *Instruction für die topographischen Arbeiten des Königlich-preußischen Generalstabs*, Berlin (1821)
 21. Krünitz, D. Johann Georg: *Oeconomische Encyclopädie*, 252 Bände (1773-1853), URL <http://www.kruenitz1.uni-trier.de/>
 22. Lehmann, Johann-Georg: *Die Lehre der Situationszeichnung oder Anweisung zum richtigen Erkennen und Abbilden der Erdoberfläche in die topographischen Karten und Situationsplanen*, herausgegeben von G.A. Fischer, Dresden (1820)
 23. Lyncker, L.: *Anleitung zum Situationszeichnen*, Darmstadt (1811), Reprint: Lehrdruckerei der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt (1981)
 24. Mallet, Alain Manesson: *La Géométrie Pratique*, Paris (1702)
 25. Mayer, Johann Tobias: *Gründlicher und ausführlicher Unterricht zur praktischen Geometrie*, 3 Teile, 1. Auflage (1783) bis 4. Auflage, Göttingen (1818)
 26. Morton, Alan Q., Wess, Jane A.: *Public and Private Science - The King George III Collection*, Oxford University Press, Oxford (1993), Part 3: *Drawing Instruments* pp. 375.
 27. N.N.: *Gemeinnütziges Kunstbuch, erstes Bändchen, enthaltend eine Anweisung zur Verfertigung von allerley Tinten etc.*, Carlsruhe (1811)
 28. N.N.: *Mathematisches Kalkül und Sinn für Ästhetik - Die preußische Bauverwaltung 1770-184*, Ausstellungskatalog des Geheimen Staatsarchivs preußischer Kulturbesitz, Duncker, Berlin (2000)
-

-
29. N.N.: *Reglement für das königlich-preußische Ingenieurscorps, de Dato* Berlin, den 14. Februar 1790
30. N.N.: *Zwölf Übungsblätter in der Situations-Zeichnenkunst nach der neuen Theorie seiner Exzellenz des Herrn General-Lieutenant v. Müffling*, Maurersche Buchhandlung, Berlin (1823)
31. Netto, Friedrich-Wilhelm: *Handbuch der gesammten Vermessungskunde, zwei Theile*, Amelang, Berlin (1820 und 1825)
32. Ottomeyer, Hans: *Das Handwerk des Architekten – Die Entwicklung und Typologie der Architekturzeichnung 1760-1835*, in : Heinrich Christoph Jussow: 1754-1825 – Ein hessischer Architekt des Klassizismus, Staatliche Museen Kassel (1999), S. 83 ff.
33. 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 angränzende zusammen genommen eine Landausmachen 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)
34. Proust, Jacques (Hrsg.): *L'Encyclopédie Diderot et d'Alembert*, Hachette, Paris (1985)
35. Rees, Abraham: *The new Cyclopedia or Universal Dictionary of Arts & Science*, London (1802-19)
36. Schillinger, Klaus: *Zeicheninstrumente – Katalog*, Staatlicher Mathematisch-Physikalischer Salon, Dresden, Zwinger, (1990)
37. Schmidt, Rudolf: *Die Kartenaufnahme der Rheinlande durch Tranchot und Müffling, Geschichte des Kartenwerks und vermessungstechnische Arbeiten*, Köln-Bonn (1973),
38. Suhr, Christoffer: *Der Ausruf in Hamburg vorgestellt in Einhundert und Zwanzig Colorirten Blättern*, Hamburg 1808, Reprint ca. 2000
39. Tempelhof, G. F. von: *Geometrie für Soldaten und die es nicht sind*, Berlin (1790)
40. Vega, Georg v.: *Logarithmisch-trigonometrisches Handbuch*, Leipzig (1847), mehrere Auflagen seit Beginn des 19. Jahrhunderts.
41. Vega, Georg 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. verb. Aufl. Wien, J. Tendler, (1808).
42. Verdenhalven, Fritz: *Alte Meß- und Währungssysteme aus dem deutschen Sprachgebiet*, 2. Auflage, Verlag Degener & Co., Neustadt an der Aisch (1993)
43. Weltzien, Louis von (Hrsg.): *Memoiren des königlich-preußischen Generals der Infanterie Ludwig von Reiche*, Zwei Teile, Leipzig, Brockhaus (1857)
44. Wolff, Freiherr von: *Anfangsgründe aller mathematischen Wissenschaften mit nöthigen Veränderungen und Zusätzen von Joh. Tob. Mayer und Karl Christian Langsdorf*, Marburg, 1797

Abbildungen

Abbildung 1: Ein Friderizianischer Ingenieuroffizier, sein Kondukteur und ein Artillerieoffizier nach Menzel (ca. 1840). Auf dem Tisch zu erkennen sind Stechzirkel, Parallellineal und in der Hand des Kondukteurs ein Anschlaglineal. Die im Hintergrund gezeigten Aktenordner sind anachronistisch, denn Akten wurden einfach nur zusammen gebündelt (wie im Vordergrund zu sehen), und Pläne wurden in der Regel gerollt.	Halbkreis oder dem Protraktor (siehe folgende Abbildung) erreicht werden.
Abbildung 2: Der Nürnberger Maler Johann Adam Klein in seinem Atelier, ca. 1818. Deutlich ist das Pult (Pulpet) mit verstellbarem Brett zu sehen, welches in der Nähe des Fensters aufgestellt ist. Ähnlich (nur größer) dürfen wir uns die Pulte der Ingenieure vorstellen.	Abbildung 16: Proportionalzirkel für militärische Anwendungen (siehe Text). Hier zusammen mit einem Stechzirkel, um diesen transversim aufzuspannen. (französisch, 18. Jahrhundert).
Abbildung 3: Johann Adam Klein skizziert in ein Zeichenbuch unter widrigen Bedingungen, ca. 1818.	Abbildung 17: Punktier- oder Kopiernadel mit abgeschraubter Reißfeder (wohl englisch, 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts).
Abbildung 4: Planchet zum Krokieren nach Decker, welches über die Schulter gehängt wird. Darauf ist der Entwurf eines Dreiecksnetzes für die Triangulation zu sehen (Reproduktion des Autors).	Abbildung 18: Reduktionszirkel, über die Stellschraube in der Mittel lassen sich die Verhältnisse der Schenkel über eine Skala einstellen, hier Flächen = Plains (englisch, ca. 1940).
Abbildung 5: Porte Crayon aus einem mathematischen Besteck des 18. Jahrhundert, hier mit eingespanntem Kohlestück.	Abbildung 19: Portal eines Festungstores mit einer Scharte im gekröpften Giebel. Mit Hilfe des Reduktionszirkels erstellte Kopie einer Architekturstudie (Zeichnung des Autors).
Abbildung 6: „Raare englische Bleischticken“ Ein Bleistiftverkäufer aus Hamburg 1808.	Abbildung 20: Aufgebauter Pantograph (ca. 1780) zur Vergrößerung eines Kupferstichs. Der Bleistift links wird zum Zeichnen auf- und abgelenkt. Vorlage und Kopie werden durch Bleigewichte in Position gehalten.
Abbildung 7: Transporteur (s.u.), darauf liegend eine Reißfeder mit Federmesser an der Spitze, ein Tuschpinsel und eine Gänsekielfeder mit dem typischen doppelt-geschwungenem Profil.	Abbildung 21: Konstruktionen der Zentralperspektive (Freiherr v. Wolff, Anfangsgründe, Perspektive Tab. III).
Abbildung 8: Schreiben mit dem Gänsekiel nach Weber, Schönschreibkunst 1780. Oben ist auch das Federmesser zu sehen, mit dem der Kiel gesäubert und zurechtgeschnitten wurde.	Abbildung 22: Malerfreunde nach Johann-Adam Klein, ca. 1818. Deutlich ist das Zeichenbrett auf der Brüstung zu erkennen, welches in der Umhängetasche aufbewahrt wird, die an der Lehne aufgehängt ist. Zum Schutz vor grellem Licht ist ein Schirm aufgespannt. Die Perspektive ist meisterhaft erfaßt.
Abbildung 9: Taschenbesteck für den Feldgebrauch, mit Fischhaut bezogen, hier aufgeklappt, so daß Zirkelköpfe und Reißfedern sichtbar sind (englisch, 1. Hälfte 19. Jahrhundert). Das etwas weniger als handgroße Etui kann in der Rocktasche oder auch im Feldkasten transportiert werden.	Abbildung 23: Gitternetz zur Erfassung der Perspektive (Freiherrn v. Wolff, Anfangsgründe, Perspektive Tab. II).
Abbildung 10: Kleines Magazinbesteck, mit grünem Samt ausgeschlagen, von links nach rechts: Stechzirkel, 2 Reißfedern als Einsatz für Stückzirkel, darüber Köcher für Minen, Reißfeder, Verlängerung für Stückzirkel, Porte Crayon mit eingesetzter Kohle. Der Stückzirkel selbst ist verloren gegangen (Brüder Vogtländer, Wien, ca. 1800).	Abbildung 24: Zeichnung mit Netzgitter, Vorstudie zur bayerischen Belagerung von Breslau im Jahr 1806/7 von Wilhelm von Kobell, der jedoch kein Augenzeuge war, sondern erst ab 1808 Schlesien im Auftrag des Kronprinzen Ludwig bereiste. Die im Vordergrund gezeichnete Batterie mit den Soldaten ist also virtuell, die Vedute der Stadt Breslau dagegen real. Vermutlich würden hier zwei Studien miteinander kombiniert. Das Gitternetz diente könnte einerseits bei der Zeichnung vor Ort gedient haben (siehe Abbildung 23), oder andererseits Hilfskonstruktion zum Übertragen auf die Leinwand verwendet worden sein.
Abbildung 11: Parallellineal, hier nur ein Gelenk gezeigt (Ebenholz, Messing, 19. Jahrhundert).	Abbildung 25: Portable Camera obscura mit Linse aus dem Anfang des 19. Jahrhunderts.
Abbildung 12: Großes Anschlaglineal mit Stangenzirkel auf Zeichenbrett. Stangenzirkel, hier die beiden Spitzen aufgesteckt auf eine ca. 1m lange Hartholzstange, Mahagoni (19. Jahrhundert). Stangenzirkel wurden zum Kopieren von Plänen oder Übertragen genauer Längen für großformatige Pläne oder Karten benutzt.	Abbildung 26: Aufnahme von Mainz mit der schwer beschädigten Stadt im Hintergrund, gesehen von der Zitadelle, gezeichnet unmittelbar nach der Einnahme 1793 von Charles Gore. Beachtenswert ist die fast photographische Genauigkeit der wohl erst mit Blei vorgezeichneten, dann getuschten Zeichnung (Archiv Stadtmuseum Weimar).
Abbildung 13: Zwei kleinere Dreiecke aus einem Magazinbesteck; sie ersetzen hier das fehlende Parallellineal. (Wien, ca. 1800).	Abbildung 27: Porträtzeichnen mit einem Nachbau der Camera obscura (© Kerstin Kircher).
Abbildung 14: Transversalmaßstab 1" auf 100° = 1 Zoll auf 100 österreichische Ruthen, duodezimal = Maßstab 1:14.400 für Situationskarten (Vogtländer, Wien, Herkunft wie oben).	Abbildung 28: Zusammengeklappte Camera lucida nach Wollaston (ca. 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts). Das Prisma sitzt im oberen Gelenk. Das Blickfeld kann mit einer kleinen Blende eingeschränkt werden.
Abbildung 15: Einfacher Transporteur aus Messing mit 180°-Einteilung, je 1/2 Grad genau (Wien, ca. 1800). Eine größere Genauigkeit kann mit einem größeren	Abbildung 29: Zeichnung des Hauses Oberzettlitz in Windsheim mit der oben gezeigten Camera Lucida (Zeichnung des Autors, Bleistift auf Karton).

Abbildung 30: Instrument zum Perspektivischen Zeichnen, (Adams Tafel XXXII).....	aufgenommen 1803 u.a. durch die Ingenieuroffiziere v. Engelbrecht, v. Reiche, v. Hake, v. Bornstaedt, .. 12 gestochen zu Berlin 1812 (Reproduktion des Landesvermessungsamts Bonn).....
Abbildung 31: Äußeres Torhaus am Schloß Adolphseck zu Fulda, aufgenommen mit einem Nachbach des oben beschriebenen Perspektivinstrumentes von Adams. Es können nur die Konturen aufgenommen werden, die Details müssen vom Zeichner nach Augenmaß ergänzt werden. (Zeichnung des Autors).	Abbildung 42: Verkleinertes Schriftmuster (Normschrift) aus der „Erläuterungen zu den Musterblättern für die topographische Arbeiten des königl.-preuß. Generalstabs.“..... 12
Abbildung 32: Bundesfestung Luxemburg, Heilig-Geist-Zitadelle, gesehen von der Rhamhöhe. Zeichnung durch N. Haubenschmidt 1821-22., die sicher mit Hilfe einer perspektivischen Zeichenhilfe erstellt wurde, also keine Freihandzeichnung ist.	Abbildung 43: 1. Musterblatt, Kolorierung und Signaturen aus den „Erläuterungen zu den Musterblätter für die topographische Arbeiten des königl.-preuß. Generalstabs“. Auch hier ist die Beleuchtung von links oben gut erkennbar. In einem weiteren Blatt sind die verschiedenen Kulturformen erläutert..... 12
Abbildung 33: Engl. Tuschkasten (Artist Box) um ca.1780. Inhalt ergänzt: Mischpalette, Pinsel, Federspitzer, Petschaft, Siegellack, Farben und Schellmuschel als Mischpalette (Rekonstruktion Autor)	Abbildung 44: Maschinenzzeichnung, 6-pfüндiger preußischer Kartuschwagen nach den Spezifikationen des Jahres 1795. Alle Gegenstände werden bereits halb-perspektivisch dargestellt, wobei die Beleuchtungsquelle immer links oben vorzustellen ist. Die verwendeten Materialien sind dargestellt als blau = Eisen, gelb = Kupfer, Braun = Holz und Grau = verzinnertes Eisenblech (?). (DIGAM, Digitales Archiv Marburg)..... 13
Abbildung 34: Skripturkasten mit Zeichenutensilien; zu sehen sind ein Taschensonnenuhr, Tinte, Parallellineal, Zeichenbrett, Schreibfedern, Pinsel, Siegellack, Transversalmaßstab, Papier, Bleistift(Rekonstruktion des Autors).	
Abbildung 35: Bundesfestung Luxemburg, Geschoßplan der Wohn- und Verteidigungskasematten des Reduits vom Forts Thüngen (1837). Die Grabensituation ist nicht dargestellt. Hier die Lage der Schnitte A-B und C-D des oberen Plans. Die beiden Transversalmaßstäbe geben rheinländische Ruthen und Meter an.....	14
Abbildung 36: Maßstäbe für Festungspläne 1818 (Hoyer, S. 5).....	15
Abbildung 37: Kroki (franz. Croquis) eines Dorfes durch Begehung (Aufnahme des Autors auf dem Planchet, Freilichtmuseum Kiekeberg).....	15
Abbildung 38: Brouillon einer Meßtischaufnahme im Grenzgebiet von Preußen und den Niederlanden zwischen den Grenzpfählen No. 62 und 64, aufgenommen im Maßstab 1:1000 mit 5 trigonometrischen Punkten (TP), Kreise mit den mittigen Stechpunkten der Markiernadeln. Die Basislinie ist unten am unteren Rand als Doppellinie zwischen TP 1 und 2 zu erkennen. Die von den TP und weiteren Standpunkten ausgehenden Visurlinien der Kippregel legen in ihren Schnittpunkten die Lage der Objekte fest. Bleistift auf Velinpapier (reduzierte Aufnahme des Autors im Freilichtmuseum Kommern).....	16
Abbildung 39: Meßtisch von franz. Ingenieurgeographen nach Care Vernet, ca. 1810. Das Papier wird mittels zweier Rollen, die über eine Sperrklinke fixiert werden, über das Brett gespannt.	16
Abbildung 40: Reinzeichnung mehrerer zusammengefügter Meßtischaufnahmen in ein Blatt mit Gradabteilung. Die Kolorierung der Gärten und Gebäude entspricht schon den Musterblättern von 1818. Besonders hervorgehoben sind die Hänge, deren Neigung durch die Dichte der Schraffen nach Lehmann ausgedrückt wird. Steile Felsenpartien sind ebenso deutlich erkennbar wie Wiesen, Gärten und Wälder. (Müfflingsche Aufnahme der Rheinlande 1:20.000, Bande XXX, Partie e, 1. Meßtisch, theils aufgenommen, theils reduziert und nach französischen Croquis gezeichnet von Fromholz, Lieutenant im 2. Schützen-Bataillon, 1818, Reproduktion des Landesvermessungsamts Bonn).....	16
Abbildung 41: Generalkarte Westfalens von LeCoq, in Kupfer gestochen, Maßstab 1:86.400 in Anlehnung an die französische Cassinikarte. Hier in der Section XV ein nicht-maßstäblicher Ausschnitt für Wesel,	