

... 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.

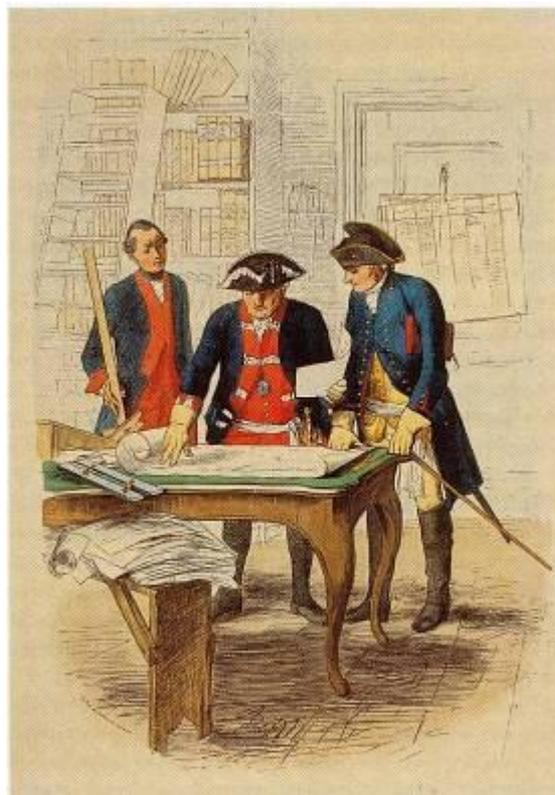


Abbildung 1: Ein Friderizianischer Ingenieuroffizier, sein Kondukteur und ein Artillerieoffizier nach Menzel (ca. 1840). Auf dem Tisch zu erkennen sind Stechzirkel, Parallellineal und in der Hand des Kondukteurs ein Anschlaglineal. Die im Hintergrund gezeigten Aktenordner sind anachronistisch, denn Akten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

Ausbildung und Beruf

Mit der Errichtung der Bau- und Ingenieurakademien sowie den Kadettenanstalten (auch Ritterschulen) im

¹ alt für Zeichenkunst

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 haben⁴.

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, Maschinkenkunst, 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 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.

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. Bousnard, Lehmann

⁶ Klöffler, Vermessungswesen

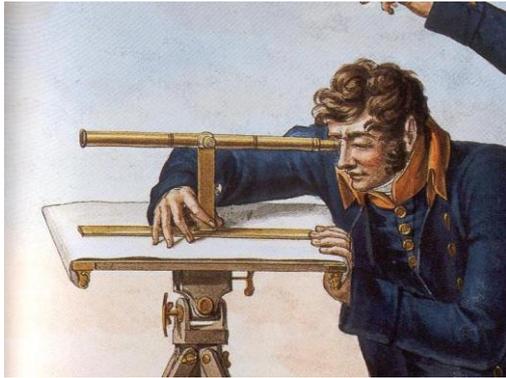


Abbildung 3: Meßtisch von franz. Ingenieurgeographen nach Care Vernet, ca. 1810. Das Papier wird mittels zweier Rollen, die über eine Sperrklinke fixiert werden, über das Brett gespannt.



Abbildung 4: Johann Adam Klein skizziert in ein Zeichenbuch unter widrigen Bedingungen, ca. 1818

Decker schreibt über die Verwendung des Planchet⁷:

Das Planchet, dessen ich mich beim 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 Briefftasche 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 jender Richtung drehen will.



Abbildung 5: 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.

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

Das bei Burg⁹ genannte Realpapier bezeichnet wohl das heutige Vergé-Papier mit regelmäßig strukturierter 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 gequirktes Eiweiß oder in warmen Wasser gelöste Stärke

⁷ Siehe Decker, §100

⁸ Starkes, nicht gespaltenes Leder

⁹ Burg, §30, S. 16-17

(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.

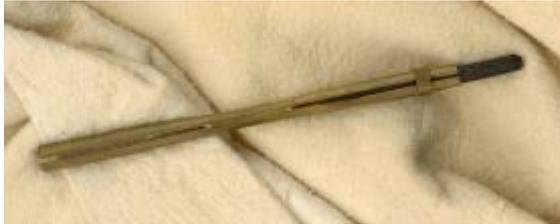


Abbildung 6: *Porte Crayon* aus einem mathematischen Besteck des 18. Jahrhundert, hier mit eingespanntem Kohlestück

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 7: Einer der ersten geschäfteten Bleistifte, Ende des 18. Jahrhunderts, siehe Beschreibung Krünitz (Quelle unbekannt)

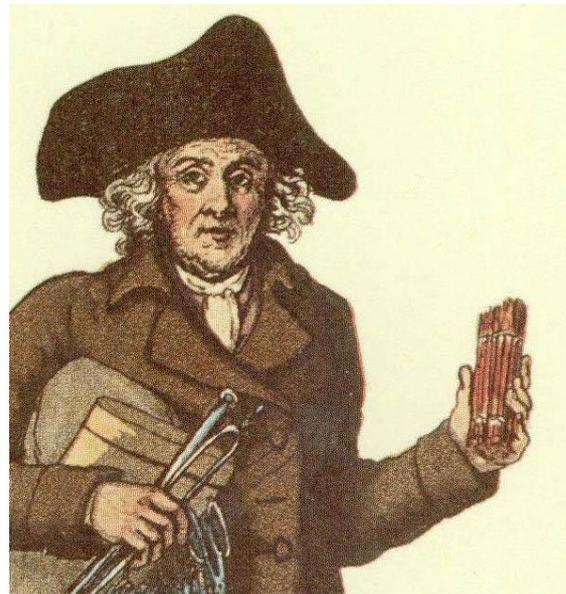


Abbildung 8: „Raare englische Bleischtickchen“ Ein Bleistiftverkäufer aus Hamburg 1808¹¹

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



Abbildung 9: Transporteur (s.u.), darauf liegend eine Reißfeder mit Federmesser an der Spitze, ein Tuschpinsel und eine Gänsekielfeder mit dem typischen doppeltgeschwungenem Profil.

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

¹¹ Siehe Suhr, Blatt 109

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



Abbildung 10: 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 Stabsoffizier und Gentlemen ein Besteck besaß, ja sogar meist auf allen Reisen im Feldkasten oder Reiseneccessaire 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 fein ziselierten 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 Einsetzirkel¹² mit dazugehöriger Verlängerungsstange und dem Einsatz zu Bleystifte und Federn, einen Handzirkel, eine Reißfeder und einige Lineale und Winkelhaken¹³.



Abbildung 11: 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 12: 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).

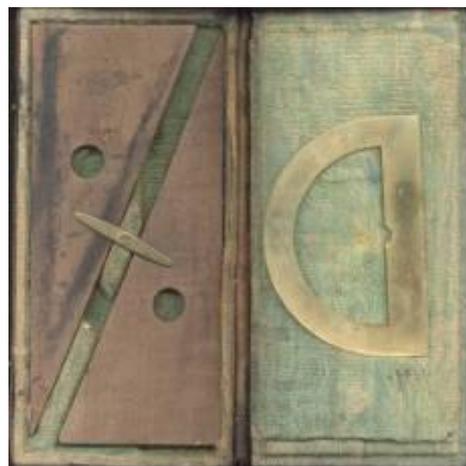


Abbildung 13: Kleines Magazinbesteck wie oben, unteres Fach mit Dreiecken und Transporteur

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

¹³ Lyncker, S 6 ff.



Abbildung 14: 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.

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 15: Lineal kombiniert mit Maßstab und Transporteur, als Bestandteil eines Taschenbestecks (Englisch, 19. Jahrhundert).



Abbildung 16: Parallellineal, hier nur ein Gelenk gezeigt (Ebenholz, Messing, 19. Jahrhundert)



Abbildung 17: Großes Anschlaglineal mit Stangenzirkel auf Zeichenbrett



Abbildung 18: Rolllineal aus Ebenholz, Skala aus Knochen oder Elfenbein, Messing. (engl., 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts, vermutlich zur Kursbestimmung in der Seefahrt eingesetzt)

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



Abbildung 20: Größeres Dreieck auf einem Pulpet (Pult) zusammen mit Magazinbesteck.

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 21: 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 22: 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.



Abbildung 23: Protraktor mit Zeigerarm, der einen Vernier mit 5 Minuten-Einteilung enthält, so daß die Winkel theoretisch sehr viel genauer als mit dem Transporteur abgegriffen oder gezeichnet werden können (19. Jahrhundert)



Abbildung 24: Winkelhaken (18. Jahrhundert)

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

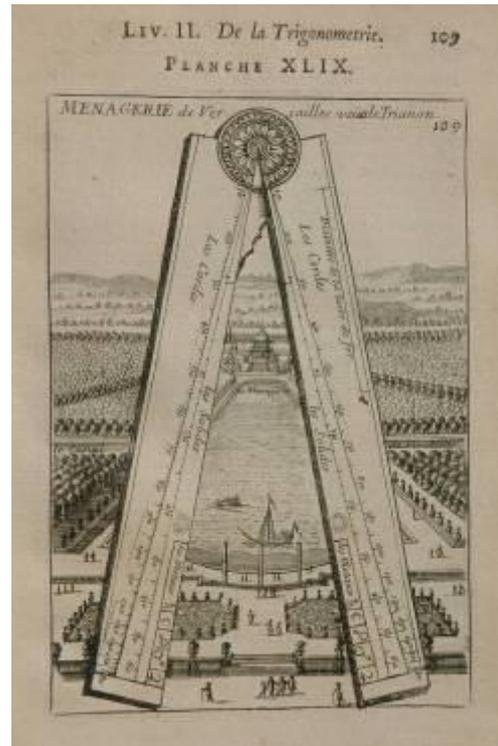


Abbildung 25: Franz. Proportionalzirkel, Typ Gallilei, nach Mallet, ca. 1700



Abbildung 26: Proportionalzirkel für militärische Anwendungen (siehe Text). Hier zusammen mit einem Stechzirkel, um diesen transversim aufzuspannen. (französisch, 18. Jahrhundert).

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

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 gepaut werden.

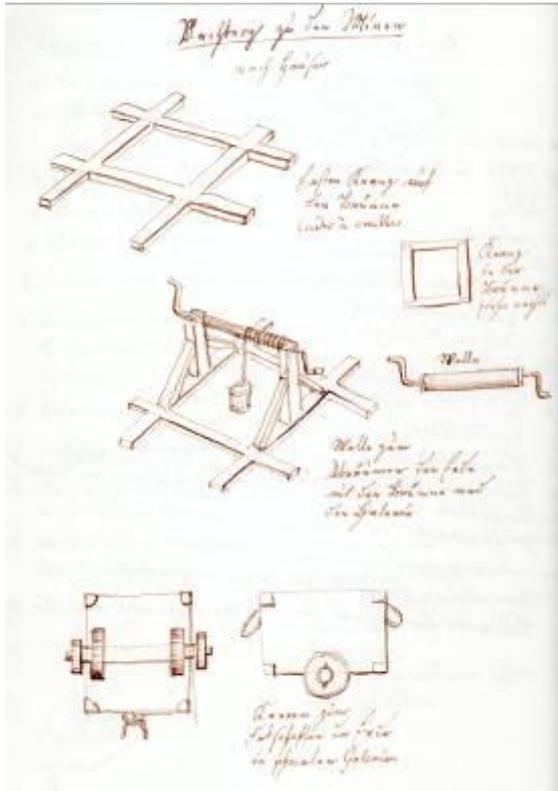


Abbildung 27: Nachzeichnung mit der Feder aus der Tafel I des Minenkrieges nach Hauser. Die erreichte Genauigkeit ist gering, aber für einfache Skizzen ausreichend (Skizze des Autors).

Beim mechanischen Kopieren ist Durchstechen mit der Punktiernadel die gängigste und preiswerteste Methode: durch die Vorlage hindurch wird auf die darunter liegende Kopie gestochen bzw. Mit einem Kopyerrad 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.



Abbildung 28: Punktier- oder Kopyiernadel mit abgeschraubter Reißfeder (wohl englisch, 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts)

Kopyerrad



Abbildung 29: Kopyerrad (englisch, aus Taschenbesteck)

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 Reiß, und zeichnet die Signaturen mit Bleistift 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 Copierscheibe – ein großes in einem Rahme gefasstes Planglas – und zeichnet die Gegenstände mit dem Bleistift durch.

¹⁶ z.B. Lynker, S. 49ff

¹⁷ Lynker, S 49.

¹⁸ Burg, 1822, S. 382

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 besteht, die gegen ein sehr einfaches Gestelle in Form eines Notenpult gestellt wird. [...] Diese Maschine würde noch vervollkommen 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.



Abbildung 30: Reduktionszirkel, über die Stellschraube in der Mittel lassen sich die Verhältnisse der Schenkel über eine Skala einstellen, hier Flächen = Plains (englisch, ca. 1940)

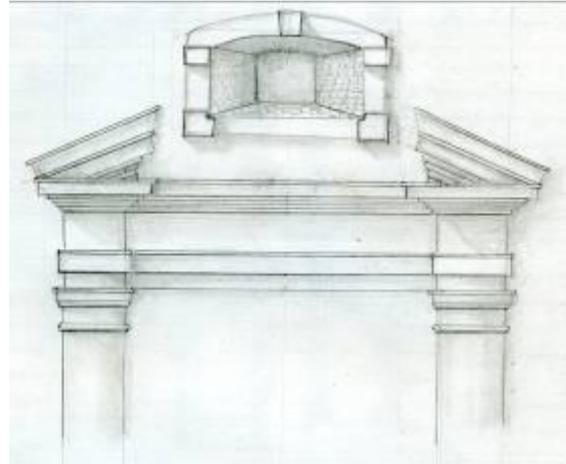


Abbildung 31: Portal eines Festungstores mit einer Scharte im gekröpften Giebel. Mit Hilfe des Reduktionszirkels erstellte Kopie einer Architekturstudie (Zeichnung des Autors)

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

Die eigentliche Bestimmung des Pantographen, 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.

¹⁹ Burg, 1822, S. 381

²⁰ Lynker, ibid



Abbildung 32: Kleiner (Taschen)Pantograph aus Messing für den Feldgebrauch (ca. 1800), eingestellt auf eine Reduktion 1:2; von oben links nach rechts: Abtaster für die Vorlage, Stift für die Kopie, Fixierung des Drehpunkts mit einem Nagel auf dem Zeichenbrett. Die Bohrungen in den Schenkeln erlauben das Umsetzen der Gelenke auf andere ganzzahlige Seitenverhältnisse. Damit sind Kopien eines Blatts im DIN A4 bei geringer Genauigkeit möglich, denn die Kopie muß immer nachgezogen werden.

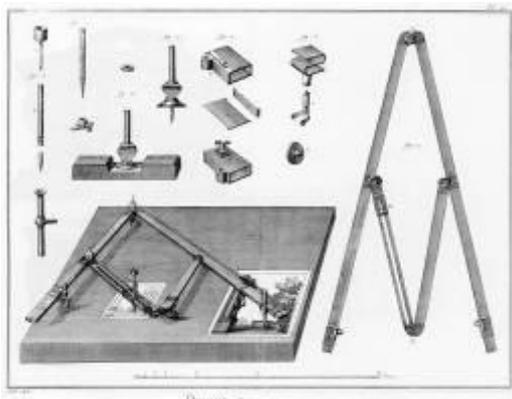


Abbildung 33: Großer Pantograph, eingestellt auf eine Reduktion 1:2. Weitere Verhältnisse können stufenlos eingestellt werden. Rechts ist das Original, links die Kopie zu sehen. Dieser Bautypus wurde praktisch unverändert über das ganze 19. Jahrhundert tradiert. Oberhalb des Brettes sind Hülsen für Bleistift und Abtaster, die Holzschraube zur Befestigung, die Klemmen mit Rädchen aus Bein zu sehen.²¹



Abbildung 34: Aufgebauter Pantograph (ca. 1850) zur Reduktion einer Karte.



Abbildung 35: Der gleiche Pantograph wie oben. Der mit einem Bleigewicht beschwerte Stift kann über einen Faden, der zum Zeigerarm auf der Kopiervorlage führt, auf- und abgesenkt werden. 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

²¹ Diderot, d'Alembert: L'Encyclopédie, Les techniques artistiques: le Dessin, Planche III, S. 150 ff..

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.

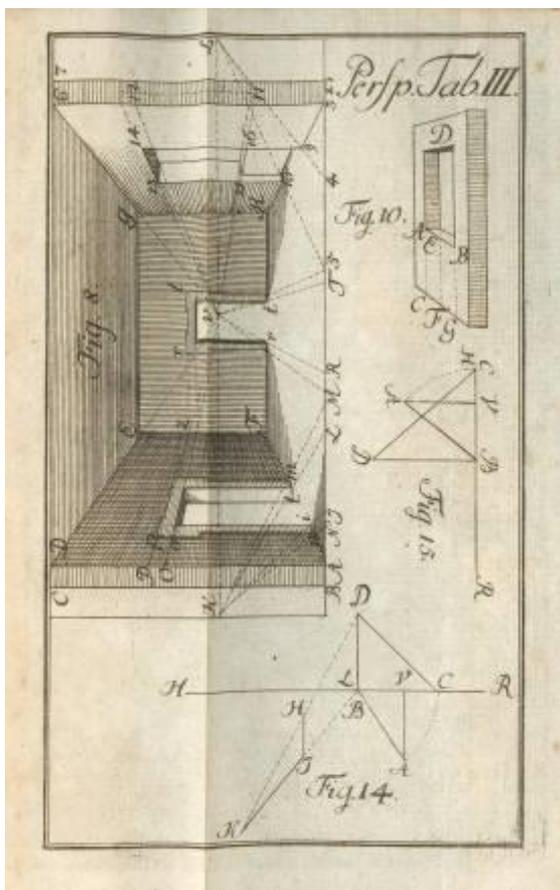


Abbildung 36: Konstruktionen der Zentralperspektive (Freiherr v. Wolff, Anfangsgründe, Persp. Tab. III)

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 37: Freihandzeichnung der Schloßbrücke vom Slot Loewenstein. Bleistift, laviert mit Sepia (Zeichnung des Autors).



Abbildung 38: 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.

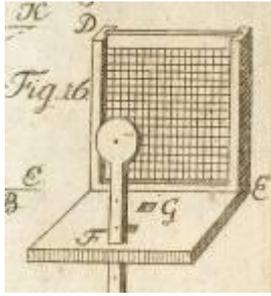


Abbildung 39: Gitternetz zur Erfassung der Perspektive (Freiherrn v. Wolff, Anfangsgründe, Persp. Tab. II)

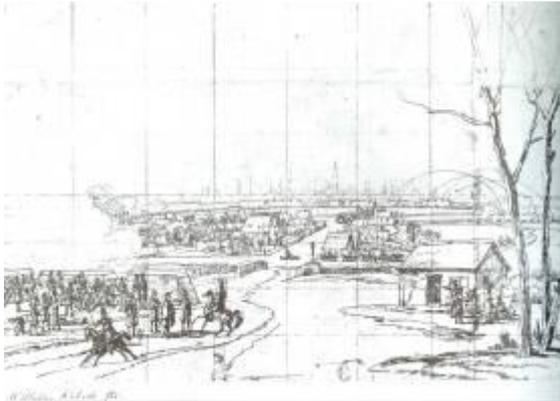


Abbildung 40: Zeichnung mit Netzgitter, Vorstudie zur bayerischen Belagerung von Breslau im Jahr 1806/7 von Wilhelm von Kobell, der jedoch kein Augenzeuge war, sondern erst ab 1808 Schlesien im Auftrag des Kronprinzen Ludwig bereiste. Die im Vordergrund gezeichnete Batterie mit den Soldaten ist also virtuell, die Vedute der Stadt Breslau dagegen real. Vermutlich wurden hier zwei Studien miteinander kombiniert.

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 kleinformigen Papieren.

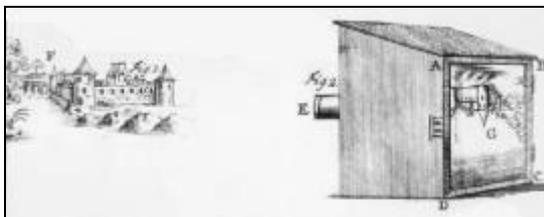


Abbildung 41: Camera obscura aus Bion, Mathematische Werkschule, ca. 1720.

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 42: Aufnahme von Mainz mit dem schwer beschädigten Dom 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)

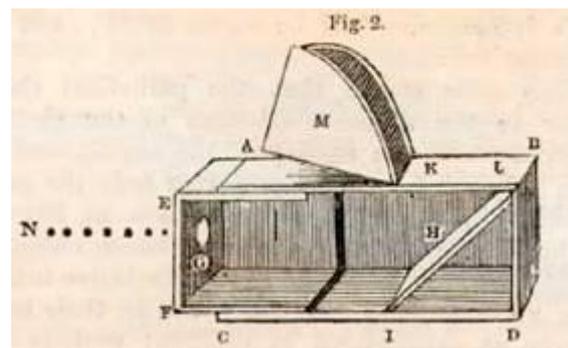


Abbildung 43: Portable Camera obscura aus der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts



Abbildung 44: 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 Wollastone 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 Schoßtasche 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.

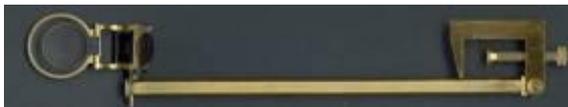


Abbildung 45: Zusammengeklappte Camera lucida nach Wollaston (ca. 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts). Das Prisma sitzt im oberen Gelenk. Das Blickfeld kann mit einer kleinen Blende eingeschränkt werden.



Abbildung 46: Zeichnung des Hauses Oberzettlitz in Windsheim mit der oben gezeigten Camera Lucida (Zeichnung des Autors, Bleistift auf Karton)



Abbildung 47: Der Zeichner mit der aufgebauten Camera lucida vor dem Haus Oberzettlitz, Frelandmuseum Bad Windsheim. Das Zeichenbrett, auf welches ein Karton gelehmt wird, und an das eine Camera obscura geklemmt ist, wird auf ein Dreibein gelegt. Auf dem kleinen Klappstuhl nimmt er Zeichner Platz.

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 felddauglich 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.

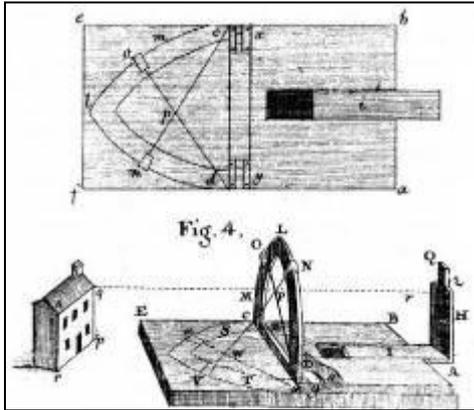


Abbildung 48: Instrument zum Perspektivischen Zeichnen, (Adams Tafel XXXII²²)



Abbildung 49: 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 50: Bundesfestung Luxemburg, Heilig-Geist-Zitadelle, gesehen von der Rhamhöhe. Zeichnung durch N. Haubenschmidt 1821-22²³, die sicher mit Hilfe einer perspektivischen Zeichenhilfe erstellt wurde, also keine Freihandzeichnung ist.

Kolorieren und Tuschen

²² Adams, S. 102-104

²³ Thewes, Guy et. Al: Luxemburg – Festung Europas, Musée d'Histoire de la Ville de Luxembourg (1998), Abb. 14, S. 159

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 Wirkung²⁴:

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 militairischen Zeichnung nicht eben die Harmonie des Colorits mittheilen können als jede andere Handzeichnung?



Abbildung 51: Tuschkasten (Reproduktion)

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.

²⁴ siehe Decker, S. 22-23

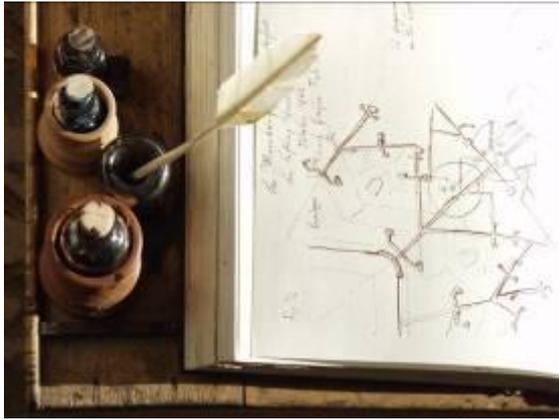


Abbildung 52: Tinte, Feder und Feldbuch mit Studien zum Minenkrieg in Schweidnitz 1762 (Reproduktion)

Aus den Farben werden die fertigen Tuschen bereitet, 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 feinen Haarpinsel stark verdünnt aufgetragen. Nur das Velin- oder Royalpapier eignet sich zum Tuschen, da sich dieses nicht wirft oder verzieht.



Abbildung 53: Shellmuschel als Mischpalette²⁵

Die „Musterblätter für die topographischen Arbeiten“ nennen nur wenige Grundfarben, die mineralischen oder pflanzlichen Ursprungs sind: Schwarze Tusche, Karmintusche, Gummigutti, Indigotusche, Gebrannte Umbratusche, Zinnobertusche und Grünspan. Die Artilleriezeichnung und Planzeichnung²⁶ 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

²⁵ Diderot, d'Alembert: Le Dessin, Planche II, Fig. 11, S. 150

²⁶ siehe Burg, Band 1, S. 21 ff.

Gartengrün
Wiesengrün
Waldfarbe
Sandfarbe
Wegefarbe

Grünspan und Gummigutti
Mehr Gummigutti als Grünspan
Schwarze Tusche und Karmin
Gummigutti und Karmin
Umbratusche und Karmin



Abbildung 54: Kleines Feldbureau mit Zeichenutensilien; zu sehen sind ein Magazinbesteck, Tuschkasten, Kurvenlineal, Rolllineal, Zeichenbrett, Skripturkasten, Schreibfedern, Pinsel, Siegellack, Transversalmaßstab, Papier, Parallellineal und Instruktionen. (Rekonstruktion des Autors, © Uwe Feuerbach).



Abbildung 55: Feldbureau eines preußischen Ingenieuroffiziers, der mit Hilfe eines Transporteurs und eines Transversalmaßstabs eine Entfernung graphisch bestimmt (Freilichtmuseum Kommern).

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.²⁷

Bis Anfang des 19. Jahrhunderts bleiben, im Gegensatz zum zivilen Architekturwesen, der reine Architektenriß und die Fassadenabwicklung im militärischen Ingenieurwesen die verbreitete Form der

²⁷ Ottomeyer

Bauzeichnung. Die perspektivisch angelegten Architekturveduten scheinen weitaus weniger üblich gewesen zu sein.

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.²⁸

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen Quer- und Längsschnitt, Fassadenabwicklung und einen Grundriß mit folgender Farbkodierung 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 Scharfen im Aufsicht, mit Schattenwurf von links oben, Fassade in Aufsicht.
- Braune Platten: Gewachsener Fels
- Hellgrün: Aufsicht auf das Verdeck, Wallanlagen allgemein.

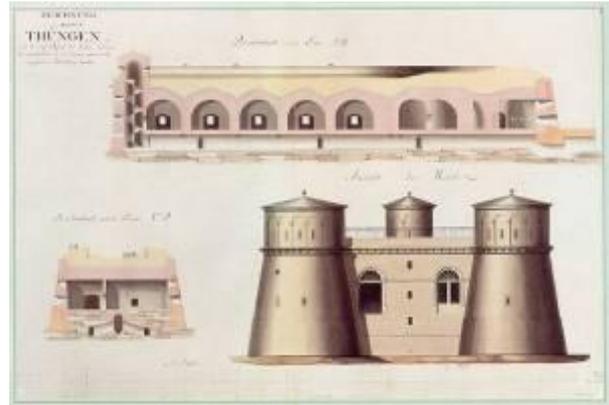


Abbildung 56: Bundesfestung Luxemburg, Reduit des Forts Thüngen (1837)²⁹, Plan zum Ausbau der Kasematten, nach der Auskernung des alten Baubestands aus der österreichischen Zeit. Ansicht der Kehltürme sowie Längs- und Querschnitt durch den Baukörper entlang der Galerie, die als Kommunikation zum Fort Ober Grünewald führt (Verkleinerter Maßstab). Die beiden Transversalmaßstäbe in preußischen Ruthen gelten jeweils für Durchschnitt und Fassade.

Der Blick in die Kasematten ist halbperspektivisch durch den angedeuteten Schattenwurf und Blick auf die Stirnwände mit den Scharfen sowie den Treppenturm. Bei der Fassade ist der Schattenwurf von links oben vorne angedeutet, wohl aber nicht in allen Punkten durchkonstruiert.

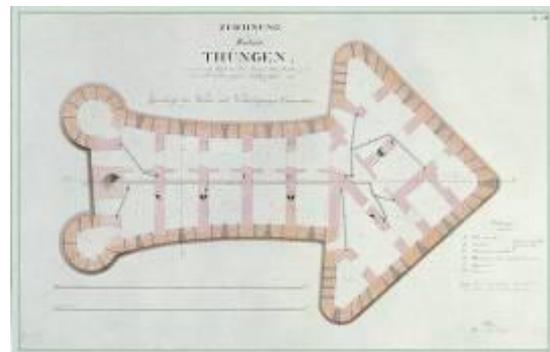


Abbildung 57: Bundesfestung Luxemburg, Geschößplan der Wohn- und Verteidigungskasematten des Reduits vom Fort Thüngen (1837). Die Grabensituation ist nicht dargestellt. Hier die Lage der Schnitte A-B und C-D des oberen Plans. Die beiden Transversalmaßstäbe geben rheinländische Ruthen und Meter an.

Schattenwirkung ist hier nur den umlaufenden Sockel angedeutet, im Inneren fehlt er. Die Aufsicht auf den Geschößboden 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.

²⁸ Burg, Band, Erster Abschnitt

²⁹ Thewes, *ibid*, Abb. 10, S.156

Dem Autor ist kein Reglement, Regulativ oder Muster für die Bauzeichnungen des königlich-preußischen Ingenieurcorps bekannt, obwohl dessen Existenz ähnlich wie bei den Ingenieurgeographen mit Sicherheit anzunehmen ist. 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.

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 Maßstablinealen 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.

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

Zu den Profilen einzelner Festungswerke, zu einzelnen Gebäuden, Magazinen, Brücken etc.	Auf 2 Abtheilung.	
	Quadrat-Zoll	Linien.
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	0	—
Zu dem Grundriß von projektirten 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 58: Maßstäbe für Festungspläne 1818 (Hoyer, S. 5)

Brouillon

Die rasch hingeworfene Faustskizze 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.

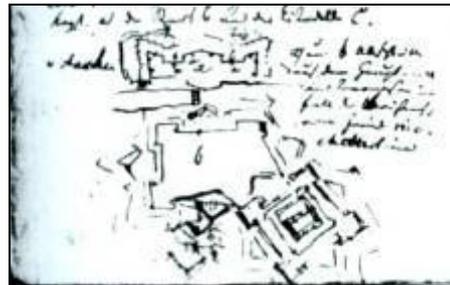


Abbildung 59: Festung Jülich mit Zitadelle, Stadtumwallung und Brückenkopf. Brouillon eines preuß. Ingenieuroffiziers Ende 1814 in dessen Kriegstagebuch. Das Tracé ohne Maßstab ist grob skizziert, eine Bastion der Stadtumwallung fehlt. Entscheidend ist aber die Reduktion auf das Wesentliche. Mit der Feder gezeichnet³⁰.

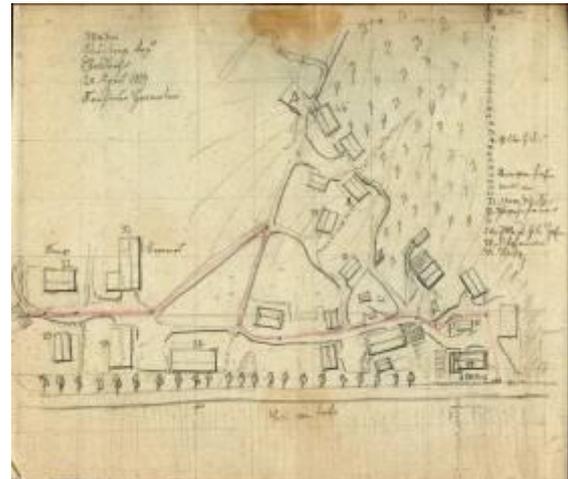


Abbildung 60: Krokis (franz. Croquis) eines Dorfes durch Begehung (Aufnahme des Autors auf dem Planchet, Freilichtmuseum Kiekeberg).

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

³⁰ Neumann, Stadt und Festung Jülich auf bildlichen Darstellungen, Nr. 346

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.

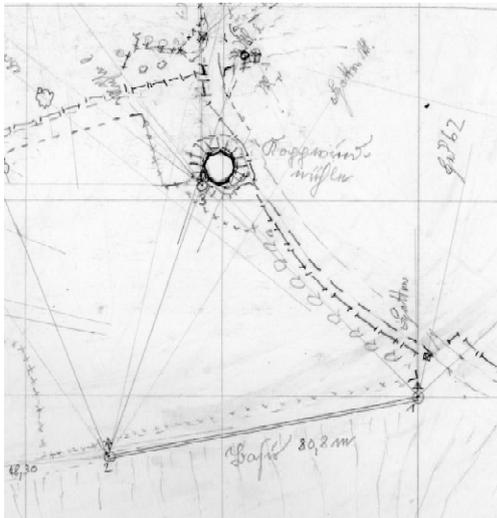


Abbildung 61: Brouillon einer Meßtischaufnahme im Grenzgebiet von Preußen und den Niederlanden zwischen den Grenzpfählen No. 62 und 64, aufgenommen im Maßstab 1:1000 mit 5 trigonometrischen Punkten (TP), Kreise mit den mittigen Stechpunkten der Markiernadeln. Die Basislinie ist unten am unteren Rand 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 62: Aufnahme mit dem Meßtisch (Freilichtmuseum Kommern)

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.

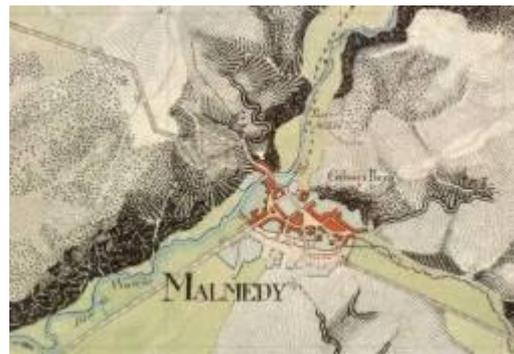


Abbildung 63: Reinzeichnung mehrerer zusammengefügter Meßtischaufnahmen in ein Blatt mit Gradabteilung. Die Kolorierung der Gärten und Gebäude entspricht schon den Musterblättern von 1818. Besonders hervorgehoben sind die Hänge, deren Neigung durch die Dichte der Schraffen nach Lehmann ausgedrückt wird. Steile Felsenpartien sind ebenso deutlich erkennbar wie Wiesen, Gärten und Wälder. (Müllingsche 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 einigen hundert 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 64: 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 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 65: Verkleinertes Schriftmuster (Normschrift) aus der „Erläuterungen zu den Musterblättern für die topographische Arbeiten des königl.-preuß. Generalstabs“

Bauzeichnungen und Karten auch das Auge erfreuen sollten.

Die gesteigerten Anforderungen zogen zunächst die Standardisierung der Zeichenkunst 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 bei.

Die ausgeprägtere Spezialisierung in Ausbildung und Beruf als auch die beschleunigte Entwicklung brachte aber auch das Aussterben des Universalgelehrten mit sich. Ein in der Geodäsie dilettierender Pastor Müller wäre schon zwanzig Jahre nach seinem Tod belächelt worden...

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 = Punktierädchen
 Reißfeder = Ziehfeder
 Zubringer für Einführen der Tusche in die Reißfeder
 Dreieck = Drey-Eck
 Lineal = Reisschiene
 Parallellineal
 Maßstabslineal in Zoll / Fuß / Klafter / Ruthen etc.
 Zirkel
 Haartzirkel
 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

Mischpalette

Knochenleim oder Mundleim bzw. gequirktes Eiweiß

Kreide

Kohle = Graphit

Kreidetafel mit Stift und Schwamm



Abbildung 68: Preußische Offiziere auf der Zitadelle Wesel. Im Vordergrund auf der Bodenplatte des Mörsers eine Kartenrolle (Reproduktion).

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 gesammten 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 Land-
.ausmachen auf ebenen Boden und
Gebürgen die Abnehmung derer Höhen
und Wasser-Fälle nebst beygefügt
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 Cyclopaedia 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. Tandler, (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*

Verzeichnis der 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.
- Abbildung 2: Der Nürnberger Maler Johann Adam Klein in seinem Atelier, ca. 1818. Deutlich ist das Pult 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.
- 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 5: Porte Crayon aus einem mathematischen Besteck des 18. Jahrhundert, hier mit eingespanntem Kohlestück
- Abbildung 6: Einer der ersten geschäfteten Bleistifte, Ende des 18. Jahrhunderts, siehe Beschreibung Krünitz (Quelle unbekannt)
- Abbildung 7: „Raare englische Bleschticken“ Ein Bleistiftverkäufer aus Hamburg 1808
- Abbildung 8: Transporteur (s.u.), darauf liegend eine Reißfeder mit Federmesser an der Spitze, ein Tuschpinsel und eine Gänsekielfeder mit dem typischen doppelt-geschwungenem Profil.
- Abbildung 9: Schreiben mit dem Gänsekiel nach Weber, Schönschreibkunst 1780. Oben ist auch das Federmesser zu sehen, mit dem der Kiel gesäubert und zurechtgeschnitten wurde.
- Abbildung 10: Taschenbesteck mit Fischhaut bezogen, für den Feldgebrauch, hier aufgeklappt, so daß Zirkelköpfe und Reißfedern sichtbar sind (englisch, 1. Hälfte 19. Jahrhundert). Das etwas weniger als handgroße Etui kann in die Rocktasche oder auch im Feldkasten transportiert werden.
- Abbildung 11: 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 12: Kleines Magazinbesteck wie oben, unteres Fach mit Dreiecken und Transporteur
- Abbildung 13: 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 14: Lineal kombiniert mit Maßstab und Transporteur, als Bestandteil eines Taschenbestecks (Englisch, 19. Jahrhundert).
- Abbildung 15: Parallellineal, hier nur ein Gelenk gezeigt (Ebenholz, Messing, 19. Jahrhundert)
- Abbildung 16: Großes Anschlaglineal mit Stangenzirkel auf Zeichenbrett
- Abbildung 17: Rollineal aus Ebenholz, Skala aus Knochen oder Elfenbein, Messing. (engl., 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts, vermutlich zur Kursbestimmung in der Seefahrt eingesetzt)
- Abbildung 18: Zwei kleinere Dreiecke aus einem Magazinbesteck; sie ersetzen hier das fehlende Parallellineal. (Wien, ca. 1800)
- Abbildung 19: Größeres Dreieck auf einem Pulpet (Pult) zusammen mit Magazinbesteck (Wien, 1800) liegend.
- Abbildung 20: Transversalmaßstab 1" auf 100° = 1 Zoll auf 100 österreichische Ruthen, duodezimal = Maßstab 1:14.400 für Situationskarten (Vogtländer, Wien, Herkunft wie oben)
- Abbildung 21: 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 (s.u.) erreicht werden.
- Abbildung 22: Protaktor mit Zeigerarm, der einen Vernier mit 5 Minuten-Einteilung enthält, so daß die Winkel theoretisch sehr viel genauer als mit dem Transporteur abgegriffen oder gezeichnet werden können (19. Jahrhundert)
- Abbildung 23: Winkelhaken (18. Jahrhundert)
- Abbildung 24: Franz. Proportionalzirkel, Typ Gallilei, nach Mallet, ca. 1700
- Abbildung 25: Proportionalzirkel für militärische Anwendungen (siehe Text). Hier zusammen mit einem Stechzirkel, um diesen transversal aufzuspannen. (französisch, 18. Jahrhundert).
- Abbildung 26: Nachzeichnung mit der Feder aus der Tafel I des Minenkrieges nach Hauser. Die erreichte Genauigkeit ist gering, aber für einfache Skizzen ausreichend (Skizze des Autors).
- Abbildung 27: Punktier- oder Kopiernadel mit abgeschraubter Reißfeder (wohl englisch, 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts)
- Abbildung 28: Kopterrad (englisch, aus Taschenbesteck)
- Abbildung 29: Reduktionszirkel, über die Stellschraube in der Mittel lassen sich die Verhältnisse der Schenkel über eine Skala einstellen, hier Flächen = Plains (englisch, ca. 1940)
- Abbildung 30: Portal eines Festungstores mit einer Scharte im gekröpften Giebel. Mit Hilfe des Reduktionszirkels erstellte Kopie einer Architekturstudie (Zeichnung des Autors)
- Abbildung 31: Kleiner (Taschen)Pantograph aus Messing für den Feldgebrauch (ca. 1800), eingestellt auf eine Reduktion 1:2; von oben links nach rechts: Abtaster für die Vorlage, Stift für die Kopie, Fixierung des Drehpunkts mit einem Nagel auf dem Zeichenbrett. Die Bohrungen in den Schenkeln erlauben das Umsetzen der Gelenke auf andere ganzzahlige Seitenverhältnisse. Damit sind Kopien eines Blatts im DIN A4 bei geringer Genauigkeit möglich, denn die Kopie muß immer nachgezogen werden.
- Abbildung 32: Großer Pantograph, eingestellt auf eine Reduktion 1:2. Weitere Verhältnisse können stufenlos eingestellt werden. Rechts ist das Original, links die Kopie zu sehen. Dieser Bautypus wurde praktisch unverändert über das ganze 19. Jahrhundert tradiert. Oberhalb des Brettes sind Hülsen für Bleistift und Abtaster, die Holzschraube zur Befestigung, die Klemmen mit Rädchen aus Bein zu sehen.

- Abbildung 33: Aufgebauter Pantograph (ca. 1850) zur Reduktion einer Karte.
- Abbildung 34: Der gleiche Pantograph wie oben. Der mit einem Bleigewicht beschwerte Stift kann über einen Faden, der zum Zeigerarm auf der Kopiervorlage führt, auf- und abgesenkt werden. Vorlage und Kopie werden durch Bleigewichte in Position gehalten.
- Abbildung 35: Konstruktionen der Zentralperspektive nach dem Freiherrn v. Wolff, Anfangsgründe, Persp. Tab. III.
- Abbildung 36: Freihandzeichnung der Schloßbrücke vom Fort Loewenstein. Bleistift, laviert mit Sepia (Zeichnung des Autors).
- Abbildung 37: Malerfreunde nach Johann-Adam Klein, ca. 1818. Deutlich ist das Zeichenbrett auf der Brüstung zu erkennen, welches in der Umhanttasche aufbewahrt wurde, die an der Lehne aufgehängt ist. Zum Schutz vor grellem Licht ist ein Schirm angespannt. Die Perspektive ist meisterhaft erfaßt.
- Abbildung 38: Gitternetz nach Freiherrn v. Wolff, Anfangsgründe, Persp. Tab. II
- Abbildung 39: Zeichnung mit Netzgitter, Vorstudie zur bayerischen Belagerung von Breslau im Jahr 1806/7 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.
- Abbildung 40: Camera obscura aus Bion, Mathematische Werkschule, ca. 1720.
- Abbildung 41: Aufnahme von Mainz mit dem schwer beschädigten Dom 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 getuschelten Zeichnung (Archiv Stadtmuseum Weimar)
- Abbildung 42: Portable Camera obscura aus der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts
- Abbildung 43: Portraitzeichnen mit einem Nachbau der Camera obscura (© Kerstin Kircher)
- Abbildung 44: 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 45: Zeichnung des Hauses Oberzettlitz in Windsheim mit der oben gezeigten Camera Lucida (Zeichnung des Autors, Bleistift auf Karton)
- Abbildung 46: Der Autor mit dem Aufbau vor dem Haus Oberzettlitz. Das Zeichenbrett mit aufgeleimten Karton und der angeklebten Camera obscura wird auf ein Dreibein gelegt. Auf dem kleinen Klappstuhl nimmt er Zeichner Platz.
- Abbildung 47: Instrument zum Perspektivischen Zeichnen, Adams Tafel XXXII
- Abbildung 48: Äußeres Torhaus am Schloß Adolphseck zu Fulda, aufgenommen mit einem Nachbau 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 49: 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 50: Tuschkasten (Reproduktion)
- Abbildung 51: Tinte, Feder und Feldbuch mit Studien zum Minenkrieg in Schweidnitz 1762 (Reproduktion)
- Abbildung 52: Shellmuschel als Mischpalette
- Abbildung 53: Kleines Feldbureau mit Zeichenutensilien; Zu sehen sind ein Magazinbesteck, Tuschkasten, Kurvenlineal, Rolllineal, Zeichenbrett, Skripturkasten, Schreibfedern, Pinsel, Siegellack, Transversalmaßstab, Papier, Parallellineal und Instruktionen. (Rekonstruktion des Autors, © Uwe Feuerbach).
- Abbildung 54: Feldbureau eines preußischen Ingenieuroffiziers, der mit Hilfe eines Transporteurs und eines Transversalmaßstabs eine Entfernung graphisch bestimmt (Freilichtmuseum Kommern).
- Abbildung 55: Bundesfestung Luxemburg, Reduit des Forts Thüngen (1837), Plan zum Ausbau der Kasematten, nach der Auskernung des alten Baubestands aus der österreichischen Zeit. Ansicht der Kehltürme sowie Längs- und Querschnitt durch den Baukörper entlang der Galerie, die als Kommunikation zum Fort Ober Grünwald führt (Verkleinerter Maßstab). Die beiden Transversalmaßstäbe in preußischen Ruthen gelten jeweils für Durchschnitt und Fassade.
- Abbildung 56: 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.
- Abbildung 57: Maßstäbe für Festungspläne 1818 (Hoyer, S. 5)
- Abbildung 58: Festung Jülich mit Zitadelle, Stadtumwallung und Brückenkopf. Brouillon eines preuß. Ingenieuroffiziers Ende 1814 in dessen Kriegstagebuch. Das Tracé ist ohne Maßstab grob skizziert, eine Bastion der Stadtumwallung fehlt. Entscheidend ist aber die Reduktion auf das Wesentliche. Mit der Feder, d.h. Gänsekiel oder Rabenfeder, gezeichnet.
- Abbildung 59: Krokis (franz. Croquis) eines Dorfes durch Begehung (Aufnahme des Autors auf dem Planchet, Freilichtmuseum Kiekeberg).
- Abbildung 60: 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), darinnen mit den 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).
- Abbildung 61: Aufnahme mit dem Meßtisch (Freilichtmuseum Kommern)
- Abbildung 62: 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)

Abbildung 63: 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)

Abbildung 64: Verkleinertes Schriftmuster (Normschrift)
aus der „Erläuterungen zu den Musterblätter für die
topographische Arbeiten des königl.-preuß.
Generalstabs“

Abbildung 65: 1. Musterblatt, Kolorierung und Signaturen
aus „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.

Abbildung 66: 6-pfünder preußischer Kartuschwagen
nach den Spezifikationen des Jahres 1816. 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 = Zinnblech (?).
(Archiv Marburg)

Abbildung 67: Besichtigen eines Baugrundes durch
Friedrich II, nach Menzel ca. 18140. Der Husar
außen hält eine Kartenrolle.

Abbildung 68: Preußische Offiziere auf der Zitadelle
Wesel. Im Vordergrund auf der Bodenplatte des
Mörsers eine Kartenrolle (Reproduktion).