

Block 6

Inhalt

1.	Einführung.....	1	5.	Die geometrischen Grundlagen des konstruktiven Zeichnens.....	119
2.	Zur Kulturgeschichte technischer Darstellungen.....	3	5.1	Anschaulichkeit und Maßgerechtheit.....	119
2.1	Zeichenkunst in prähistorischer Zeit und im Altertum.....	3	5.2	Parallelprojektionen.....	121
2.2	Zeichenkunst vom Mittelalter bis zur Neuzeit.....	7	5.3	Zentralprojektionen.....	123
2.2.1	Zeichenkunst und konstruktives Zeichnen.....	7	5.4	Axonometrische Projektionen.....	125
2.2.2	Konstruktives Zeichnen.....	7	6.	Technische Darstellungen im Entstehungsprozess technischer Objekte.....	127
3.	Die Zeichnung in der Technik.....	15	6.1	Entwicklung technischer Objekte als Problemlösungsprozess.....	127
3.1	Bemerkung.....	15	6.2	Darstellungen im Konstruktionsprozesses.....	129
3.2	Großes „Gewerf“ (um 1405).....	21	6.3	Arten von konstruktiven Zeichnungen.....	131
3.3	Hebekunst mit Göpelantrieb (um 1430).....	23	7.	Die technische Skizze.....	133
3.4	Bohrmühle (um 1480).....	25	7.1	Technische Skizzen im konstruktiven Prozess.....	133
3.5	Fahrrad mit Tretkurbelantrieb (um 1480).....	27	7.2	Schematische Skizzen.....	137
3.6	Schöpfgrad (um 1505).....	29	7.3	Anschauliche Skizzen.....	141
3.7	Drehbank zum Drechseln elliptischer Teile (um 1565).....	31	7.4	Parallelprojektive Skizzen.....	145
3.8	Maschine zum Ziehen sehr schwerer Lasten (um 1620).....	33	8.	Zeichnungen beim Entwerfen.....	147
3.9	Häcksel-Schneidemaschine (um 1695).....	35	8.1	Technische Entwurfszeichnungen.....	147
3.10	Dampfmaschine zur Wasserhebung (um 1706).....	37	8.2	Grobmaßstäbliche Entwurfszeichnungen.....	179
3.11	Feuermaschine von Schemnitz (1724).....	39	8.3	Maßstäbliche Gesamtentwurfszeichnungen und Entwurfszeichnungen für Einzelteile.....	153
3.12	Dampfwagen von Cugnot (um 1769).....	41	9.	Ausgearbeitete Gesamtzeichnungen.....	157
3.13	Handpresse für den Buchdruck (1772).....	43	9.1	Zeichnungsarten.....	157
3.14	Feuermaschine von Resener aus Breslau (1787).....	45	9.2	Vollständige und vereinfachte Gesamtzeichnungen.....	161
3.15	Zweite deutsche Lokomotive (1817).....	47	9.3	Baugruppenzeichnungen.....	191
3.16	Druckluftlokomotive (1822).....	49	9.4	Begleitende Informationen.....	199
3.17	Konstruktionsbeispiele für Zahnräder und Wellenkupplungen“ (1834).....	53	9.5	Besondere Ausgestaltung technischer Zeichnungen.....	201
3.18	Wasserdruckwerk (1834).....	57	10.	Zeichnungen der Einzelteile.....	203
3.19	Eisenschere für ein Hüttenwerk (1840).....	59	10.1	Zeichnungsarten.....	203
3.20	Einrichtung zur Regulierung des Kessel-Wasserstandes (1841).....	61	10.2	Integrierte Einzelteilzeichnung.....	204
3.21	Dampflokomotive (1846).....	63	10.3	Nebengeordnete Einzelteilzeichnung.....	207
3.22	Lokomobile von 10 Pferdekraft (1864).....	69	10.4	Teilegruppen-Zeichnung.....	209
3.23	Dampfzugmaschine von L. Schwartzkopff, Berlin (1864).....	73	10.5	Einzelteilzeichnung.....	213
3.24	Presspumpe (1872).....	77	10.6	Einzelteilzeichnungen nach Technologien und für Sonderfälle.....	215
3.25	„Rotierende“ Wasserhaltungsmaschinen (1881).....	79	11.	Zeichnerische Verfahren im Maschinenbaus.....	217
3.26	Hydraulischer Mechanismus einer Drehbrücke (1882).....	81	11.1	Bemerkung.....	217
3.27	Dampflokomotive, System Abt (1889).....	85	11.2	Beispiele zu den zeichnerischen Verfahren.....	218
3.28	Übungsaufgaben zum technischen Zeichnen (1897).....	87	12.	Nomographie.....	223
3.29	Wasserrohrkessel (1906).....	89	12.1	Bemerkung.....	223
3.30	Angebotszeichnung einer Lokomotive (1908).....	93	12.2	Beispiele für Nomogramme.....	224
3.31	Dampfkran (1921).....	95	13.	Modellanfertigung.....	229
3.32	Eimerkettenbagger (um 1926).....	97			
4.	Künstler, Kunstmeister, „Mechanici“ und Ingenieure.....	99			
4.1	Konstruktive Zeichner.....	99			
4.2	Lernen und Ausbildung.....	102			
4.3	Technische Lehrbücher und Periodika.....	110			
4.4	Formgebung von technischen Objekten und Stil.....	118			
4.5	Technisches Denken.....	118			

14.	Zeichnungen für Sonderzwecke.....	231
14.1	Zeichnungsarten.....	231
14.2	Proportionalzeichnung.....	232
14.3	Offertenzeichnung.....	235
14.4	Ersatzteilzeichnung.....	239
14.5	Zeichnung für Betriebsanleitung.....	243
14.6	Lineamente.....	246
14.7	Perspektivische Zeichnungen.....	246
14.8	Geometrische Rekonstruktionen.....	246
14.9	Sonstige Zeichnungen.....	247
14.10	Präzisionszeichnungen.....	248
15.	Die Arbeitsmittel beim konstruktiven Zeichnen.....	249
15.1	Bemerkung.....	249
15.2	Zeichenwerkzeuge und Hilfsmittel.....	251
15.2.1	Zirkel.....	251
15.2.2	Lineale und Zeichendreiecke.....	257
15.2.3	Transporteure oder Winkelmesser.....	262
15.2.4	Reiß- oder Ziehfeder.....	263
15.2.5	Pikiernadel.....	265
15.2.6	Punktierädchen und Punktierzehfeder.....	265
15.2.7	Zeichenstifte.....	267
15.2.8	Tuschezeichner und Tuschefüllfeder.....	268
15.2.9	Zeichenbestecke.....	269
15.3	Zeichenwerkzeuge für besondere Anwendungen.....	271
15.4	Zeichengrund und Zeichenpapiere.....	275
15.5	Zeichentinten, Zeichentuschen und Zeichenfarben.....	277
16.	Texte und Beschriftungen.....	279
16.1	Beschreibungsmöglichkeiten bei technischen Objekten.....	279
16.2	Textliche Beschreibung technischer Objekte.....	280
16.3	Ausschließlich zeichnerische Beschreibung technischer Objekte.....	282
16.4	Kombinierte Darstellungen aus Zeichnungen mit ergänzenden Angaben.....	284
16.5	Schriften für konstruktive Zeichnungen.....	288
17.	Zeichentische und Zeichenmaschinen.....	294
17.1	Bemerkung.....	294
17.2	Zeichenbrett und Zeichentische.....	296
17.3	Zeichenmaschinen.....	298
18.	Vervielfältigung konstruktiver Zeichnungen.....	300
18.1	Historische Entwicklung.....	300
18.2	Mechanische Verfahren der Vervielfältigung.....	302
18.3	Optische Verfahren der Vervielfältigung.....	303
18.4	Direkte Verfahren der Vervielfältigung mittels Licht.....	304
18.5	Fotografische Verfahren der Vervielfältigung.....	305
18.6	Umdruckverfahren der Vervielfältigung.....	305

19.	Konstruktive Zeichnungen im Betrieb und in den Werkstätten.....	305
19.1	Bemerkung.....	305
19.2	Handwerk und Manufaktur.....	305
19.3	Industrie.....	305
20.	Die Kunst des Lesens konstruktiver Zeichnungen.....	305
20.1	Bemerkung.....	305
20.2	Differenziertes Lesen konstruktiver Zeichnungen.....	305
21.	Das konstruktive Zeichnen heute.....	306
22.	Quellen und Literaturverzeichnis.....	308
22.1	Allgemeine Hinweise.....	308
22.2	Allgemeine Literaturquellen.....	308
22.3	Spezielle Literaturquellen.....	309
23.	Anhang.....	

16. TEXTE UND BESCHRIFTUNGEN

16.1 Beschreibungsmöglichkeiten bei technischen Objekten

Die historisch früheste Form der Darstellung beliebiger Objekte ist die stark schematisierte Lineardarstellung. Etwa 5000 Jahre vor unserer Zeitrechnung entstanden in den alten Hochkulturen daraus die ersten Schriftzeichen. Es gab keinen Unterschied zwischen Schriftzeichen und den „Objektdarstellungen“. Die Schriftzeichen wurden im Laufe der Zeit zunehmend abstrakter und in ihrem Aufbau einfacher. Aus diesen „schematischen Linearskizzen“ entstanden die bekannten Bilderschriften. Jedes Schriftzeichen entsprach noch einem Gegenstand. Das galt auch für die Schriftzeichen von Objekten der Technik. Manche Zeichen dieser Bilderschrift können heute noch gut interpretiert werden, beispielsweise das Schriftzeichen für „Wagen“ (siehe Abschnitt 2.1).

Als Schreibgrund wurde häufig Stein, Knochen, Elfenbein oder Ton verwendet. Bei den Hieroglyphen der ägyptischen Bilderschrift kam schon Papyrus zum Einsatz. Die Keilschrift der Sumerer ist ähnlich alt. Sie wurde mit Griffeln aus Bein, Holz oder Metall in weiche Tontafeln „gestochen“. Die einzelnen Symbole bezeichneten, wie bei den Hieroglyphen, ganze Objekte. Diese Keilschrift war im Altertum weit verbreitet. Wollte man in diesem System ein technisches Objekt detaillierter beschreiben, so verwendete man beispielsweise bei einem Wagen die entsprechenden Schriftzeichen einzelner Teile, z.B. das Schriftzeichen für „Rad“, „Achse“, „Deichsel“ u.ä.

Die Phönizier benutzten ab etwa 1300 v. Chr. erstmals die Buchstabenschrift. Geschrieben wurde von rechts nach links. Das Schriftbild war durch die gleiche Höhe der einzelnen Buchstaben auffällig gleichmäßig. Diese Schrift bedeutete einen großen Entwicklungssprung. Jetzt konnten, vereinfacht formuliert, beliebige Objekte in jeder Sprache nach ihrem phonetischen Ausdruck geschrieben werden. Insbesondere für die sich schnell verändernden Objekte der Technik war das von Vorteil. Auf eine weitergehende Beschreibung der Entwicklung der Schrift bis zur Neuzeit kann verzichtet werden. Sie ist allgemein bekannt.

Es ist in der neueren Geschichte selbstverständlich, dass Objekte der Technik in zeichnerischer Form dargestellt werden. Das war bei historisch weiter zurückgehender Betrachtung aber nur eine mögliche Art der Beschreibung. In alten Quellen findet man auch ausschließlich schriftliche Beschreibungen. Das ist an dieser Stelle wichtig, da hier nur sehr kurz auf diese alten Formen der Beschreibung eingegangen werden kann.

In der Antike findet man bei der Beschreibung technischer Objekte eine ganze Reihe schriftlicher Erläuterungen ohne zeichnerische Darstellungen. Wenn ein technisches Objekt einer schriftlichen Erläuterung und einer Zeichnung bedurfte, trennte man den zeichnerischen vom schriftlichen Teil. Aus dem Mittelalter sind ebenfalls eine Vielzahl ausschließlich schriftliche Beschreibungen technischer Objekte bekannt. Ihr Inhalt umfasst häufig nur Teile oder bestimmte Funktionen eines Objekts. Die Beschreibungen sind heute weitgehend unverständlich. Nicht nur die verwendeten Begriffe für spezielle Elemente gibt es nicht mehr, auch bei der Erläuterung funktionaler Zusammenhänge werden Kenntnisse vorausgesetzt, die heute nicht mehr vorhanden sind. Üblich war es auch, wenn schriftliche Beschreibungen notwendig waren, sie als Ergänzung von zeichnerischen Darstellungen einzusetzen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die konstruktiven Zeichnungen bis ins 16. Jahrhundert oft reine Illustrationen waren, also keine direkten Handlungsanweisungen zum Bau von Objekten darstellten. Eine zusätzliche, begleitende Erläuterung in Schriftform hatte in diesem Zusammenhang nur die Funktion, die Illustration zu erläutern, nicht die Art und Weise der Herstellung.

Grundsätzlich gibt es zur „Beschreibung“ von technischen Objekten die folgenden drei Möglichkeiten. Alle sind im hier primär betrachteten Zeitraum genutzt worden.

1. ausschließlich in schriftlicher Form durch beschreibende Texte,
2. ausschließlich in zeichnerischer Form und
3. kombiniert in schriftlicher und zeichnerischer Form.

Die kombinierte Form hatte sich in der technischen Praxis ab dem 19. Jahrhundert durchgesetzt. Textliche Präzisierungen und Hinweise sind so weit es ging in Kurzform in den Zeichnungen integriert worden. Wenn das nicht reichte, wurden sie als begleitende Informationen zur Zeichnung verwendet.

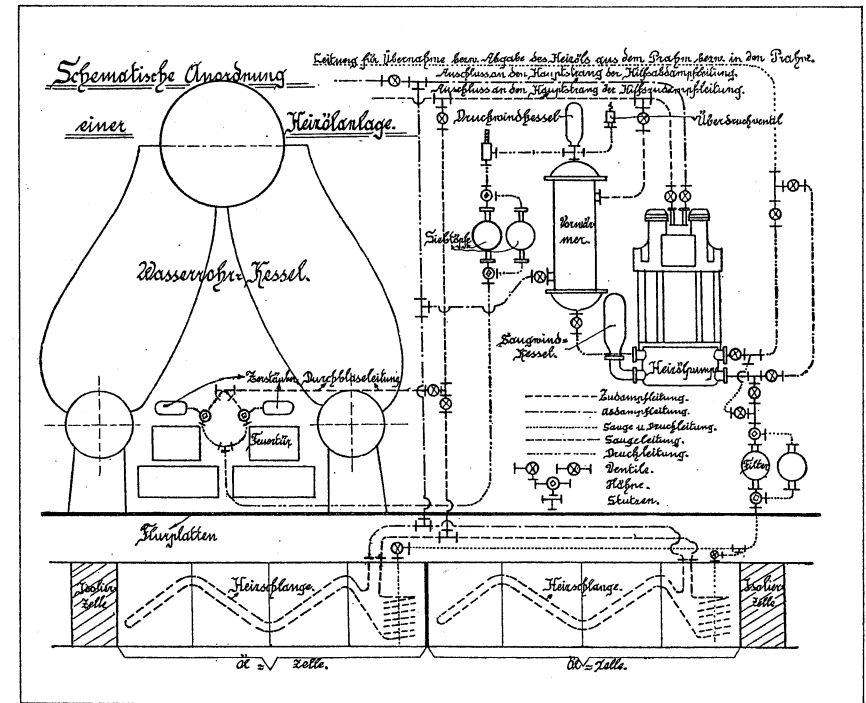


Bild 16.1/1: Technische Skizze mit integrierten schriftlichen Bemerkungen und Hinweisen (um 1906)

16.2 Textliche Beschreibung technischer Objekte

Es mutet heute wenig sinnvoll an, technische Objekte in all ihren Funktionen nur in schriftlicher Form beschreiben zu wollen. Aber auch das ist praktiziert worden, auch noch in neuerer Zeit. Die Beschreibungen sind, selbst bei einfachen Mechanismen, sehr umfangreich. Das „Verstehen“ sehr alter Beschreibungen ist heute fast unmöglich. Zu den verwendeten Begriffen gibt es im aktuellen Sprachraum keine Entsprechung mehr, die angezogenen Technologien sind nicht mehr bekannt und die Formulierungen sind nicht eindeutig. Diese alten schriftlichen Beschreibungen waren nicht als Beschreibungen zur Herstellung eines Objekts gedacht. Sie waren eine Vorstufe für kundige Handwerker und Ingenieure. Daraus musste erst ein entsprechender Plan abgeleitet werden. Es lässt sich keine Epoche oder gar ein Zeitpunkt angeben, ab wann erstmals systematisch technische Objekte in Schriftform beschrieben worden sind. Im hier betrachteten Zeitraum findet man schriftliche Beschreibungen nur bei einfachen Objekten.

Die kognitive Seite dieses Beschreibungsprozesses ist höchst interessant. Der Leser ist gezwungen, sich aus den Begriffen und Beziehungen der Objektelemente ein „inneres Bild“ des Objekts zu schaffen. Das Objekt ist nicht real vorhanden. In der Literatur spricht man auch von einem „inneren Auge“ des Lesers. Dieser Prozess des „Lesens und Verstehens“ ist an einige Bedingungen geknüpft. Es ist nicht nur ein besonderes Erfahrungswissen notwendig, auch das Vermögen zur Umsetzung eines technischen Textes in eine bildliche Vorstellung ist individuell unterschiedlich. Für viele Leser bleibt die rein schriftliche Beschreibung im wahren Sinne des Wortes „unverständlich und völlig ohne Sinn“. Der kognitive Prozess beim „Lesen einer technischen Zeichnung“ besitzt eine analoge Grundstruktur. Wenn es dem Leser nicht gelingt, ein „inneres Bild“ zu generieren, bleibt die beste Zeichnung unverständlich.

Um das Gesagte verständlich zu machen, werden im Folgenden einige einfache, rein schriftliche Beschreibungen technischer Objekte bzw. technischer Prozesse wiedergegeben. Sie stammen aus dem hier primär betrachteten Zeitraum des 19. Jahrhunderts. Eine Wiedergabe der vollständigen Beschreibung würde den Rahmen sprengen. Die Beschreibungen werden daher nur auszugsweise wiedergegeben. Das erste Beispiel stammt aus dem Jahr 1849 (Polytechnisches Journal. Jhg. 1849, 112. Band, S. 282 ff.). Es beschreibt einen Apparat zur Verdichtung gasförmiger Säuren. Mit technischem Sachverstand und gutem Vorstellungsvermögen kann man den Text verstehen.

<p>Der Verdichtungsapparat besteht aus einer Reihe verticaler Säulen aus Steinzeug, welche am Boden offen sind und in hydraulischen Verschlässen über der Oberfläche des in einem Raufen enthaltenen Wassers festgehalten sind. Diese Säulen sind höhl und aus einzelnen Säulen zusammengesetzt; sie sind innen mit einer Anzahl horizontaler Lager versehen, aus deren jedem Stücke ausgebrochen sind, damit zwischen dem oberen Ende und dem Boden jeder Säule eine freie Communication bleibt. Die einzelnen Stücke der Säulen sind durch hydraulische Verschlässe mit einander verbunden; ferner sind die Säulen paarweise mit einander durch gekrümmte Röhren verbunden, um welche man Wasser laufen lässt, so daß es hydraulische Verschlässe bildet. Die Lager ober Rippen in den Säulen tragen die Blaseförmige und dienen um Wasser zurückzuhalten, welches von den hydraulischen Verschlässen oberem Ende der Säulen überläuft.</p>	<p>Der Wasserfaß ist sowohl nach der Länge als nach der Quere mit Abtheilungen versehen, damit das Gas nach einander durch jede Säule hinauf und hinab fließen muß. Das Schwefelsäure Gas gelangt von dem Austrittsrohr des mit Reglern versehenen verticalen Cylinders in das obere Ende der ersten Säule (des Verdichtungsapparates), fließt in derselben hinab, dann längs der Oberfläche des Wassers, bis es durch die erste Luerabtheilung aufgespalten wird; es fließt dann die zweite Säule hinauf in das obere Ende der dritten, und so fort, bis die letzte Säule in der ersten Reihe erreicht, wo es dann durch die in der Längsrichtung angebrachte Abtheilung aufgespalten und durch die zweite Reihe getrieben wird. Die Gase, welche unverdichtet bleiben, leitet man in eine bläserne Kammer, die sich in einem Raum öffnet, welcher den erforderlichen Zug durch den ganzen Apparat hervorzu bringen im Stande ist.</p> <p>Die Aufstellung im Wasserfaß ist verhältnismäßig schwächer, je weiter die Abtheilung des Faßens, worin sie enthalten, von der ersten Säule entfernt ist; sie nimmt aber an Stärke zu, während sie eine Abtheilung nach der andern überströmt, bis sie die erste erreicht, aus welcher sie durch einen Hahn in den Abdampfapparat gelangt.</p> <p>Mit einem solchen Apparat, welcher 44 Säulen von 2 Fuß Durchmesser und 10 Fuß Höhe enthält, kann man täglich 20 Ctr. Schwefelsäure mit 7% Entschwefel erzeugen.</p>
---	---

Bild 16.2/1: Beschreibung eines Apparats zur Verdichtung gasförmiger Säuren (um 1849)

Etwas leichter ist das zweite Beispiel zu verstehen. Es beschreibt ausschnittsweise einen Kessel einer Feuerspritze.

Der Dampfkessel soll in möglichst kurzer Zeit die zum Betrieb der Dampfmaschine erforderliche Dampfpfressung liefern, und ist zu diesem Zwecke ein Röhrenkessel gewählt. Die Kesselröhren sind unten U-förmig und reichen bis in den Feuerraum. Indem das Feuer die Schenkel der U-förmigen Röhren umspielt, welche aus Kupfer bestehen, wird eine lebhaftere Cirkulation des Wassers ermöglicht. An den Biegungen der Röhren ist die Wandstärke etwas größer, weil hier die Röhren am meisten der Gefahr ausgesetzt sind, durch unvorsichtiges Aufschaukeln der Kohlen oder durch den Schürhaken zerstört zu werden. Die Röhren haben den Vorzug, daß sie den Kessel vor dem Explodieren schützen, denn tritt Wassermangel ein, meist die Ursache der Explosion, so werden die Röhren sofort verbrannt und durchgeschmolzen, der dann austretende Dampfstahl muss das Feuer unterdrücken. Wird ein Rohr schadhaf, so wird es einfach durch einen in Bereitschaft gehaltenen eisernen Pfropf verschlossen, usw.

Bild 16.2/2: Beschreibung einer Feuerspritze (um 1884)

Die Grenzen dieser Art der Beschreibung liegen in dem immensen Umfang an Text, der zur Beschreibung selbst einfacher Mechanismen notwendig ist. Die Erläuterung komplexer funktionaler Zusammenhänge ist kaum möglich. Der entscheidende Nachteil im Vergleich zu einer Skizze oder Zeichnung ist allerdings die Unmöglichkeit einer raschen gesamthaften Erfassung einer Konstruktion. Texte können nur sukzessive, quasi in einer Richtung, Wort für Wort gelesen werden. Beim Springen in Texten geht rasch der Sinn verloren. Hinzu kommt ferner, dass bei einem fehlerhaften „inneren Bild“ der beschriebenen Konstruktion der beschreibende Text widersprüchlich wird.

Bemerkung:

Die Geometrie, sicherlich eine der „anschaulichsten“ Wissenschaften, ist nicht prädestiniert für rein schriftliche Beschreibung ihrer Gesetze. Trotzdem war es im 19. Jahrhundert üblich, ganze Theoriegebäude der Geometrie auf rein schriftlichen Beschreibungen aufzubauen. Diese Texte wirken in ihrem strengen Formalismus heute außerordentlich abstrakt. Man kann sich kaum vorstellen, welches exzellente Vorstellungsvermögen die Leser damals besessen haben müssen, um ein „inneres Bild“ zu diesen Beschreibungen zu generieren. Ein Beispiel möge das Gesagte verdeutlichen (Auszug aus „Sturm, R.: Darstellende Geometrie. Leipzig 1900“):

Sonst projiciren sich zwei zu einander normale Durchmesser nicht in wieder zu einander normale; aber eine andere Eigenschaft bleibt erhalten. Von zwei zu einander normalen Durchmessern eines Kreises halbirt jeder die dem andern parallelen Sehnen und die Tangenten in seinen Endpunkten sind zum andern parallel. Man nennt deshalb diese Durchmesser *conjugirte*. Da Parallelismus und Halbierung durch Parallelprojection nicht verloren gehen, so gilt auch für die Durchmesser der Kreisprojection, welche von conjugirten Durchmessern des Kreises herrühren, dass jeder die dem andern parallelen Sehnen halbirt. Und da die Tangente einer Curve defnirt wird als die Verbindungslinie zweier unendlich naher Punkte der Curve, so ist zunächst ersichtlich, dass die Projection der Tangente einer Curve Tangente an die Projection ist; ferner dass die Tangenten an die Kreisprojection in den Endpunkten des einen von zwei Durchmessern, welche Projectionen zweier conjugirter Kreisdurchmesser sind, dem andern parallel sind.

Kurz: *Conjugirte Durchmesser eines Kreises projiciren sich wieder als conjugirte Durchmesser.*

Dass aber die Tangente auf dem nach ihrem Berührungspunkte gehenden Durchmesser senkrecht steht, geht nicht vom Kreise auf seine Projection über.

Bild 16.2/3: Ausschließlich schriftliche Beschreibung geometrischer Gesetze

Eine klare Grenze zwischen den textlichen Beschreibungen technischer Objekte und den rein zeichnerischen Darstellungen kann nicht gezogen werden. Die Übergänge zwischen den beiden Formen waren fließend. Im Abschnitt 16.4 wird der Übergang anhand einiger Beispiele gezeigt, bei denen die textlichen Beschreibungen weitgehend in den Zeichnungen integriert sind.

Bis weit in das 19. Jahrhundert hinein war zur Erläuterung technischer Systeme eine parallele Verwendung textlicher Beschreibungen mit häufig einfachen technischen Skizzen sehr weit verbreitet. Dabei erreichten, je nach Gusto des Autors, die Beschreibungstexte z. T. epische Ausmaße. Auffällig ist, dass aus heutiger Sicht viele Erläuterungen wie „doppelt erläutert“ wirken. Wenn man die technischen Skizzen mit etwas Sachverstand liest, dann erübrigt sich ein Großteil der Texte. Einer der Gründe für diese „doppelte Erläuterung“ war, dass nur ein Teil der Leserschaft in der Lage war, technische Darstellungen beispielsweise in orthogonaler Mehrtafelprojektion sicher zu lesen. Das folgende Beispiel zeigt die Erläuterung zu einem Dampfzugkarren. Sie wurde dem Polytechnischen Journal von 1834, Bd. 51, Nr. LXXIII, S. 321 ff. entnommen und wird ungekürzt wiedergegeben:

Beschreibung des Dampfzugkarrens der Brüder Heaton zu Birmingham, nebst einigen Notizen über die neuesten Dampf Fahrten auf gewöhnlichen Straßen.

Aus dem Mechanics' Magazine, No. 527, 528, 530 und 531.

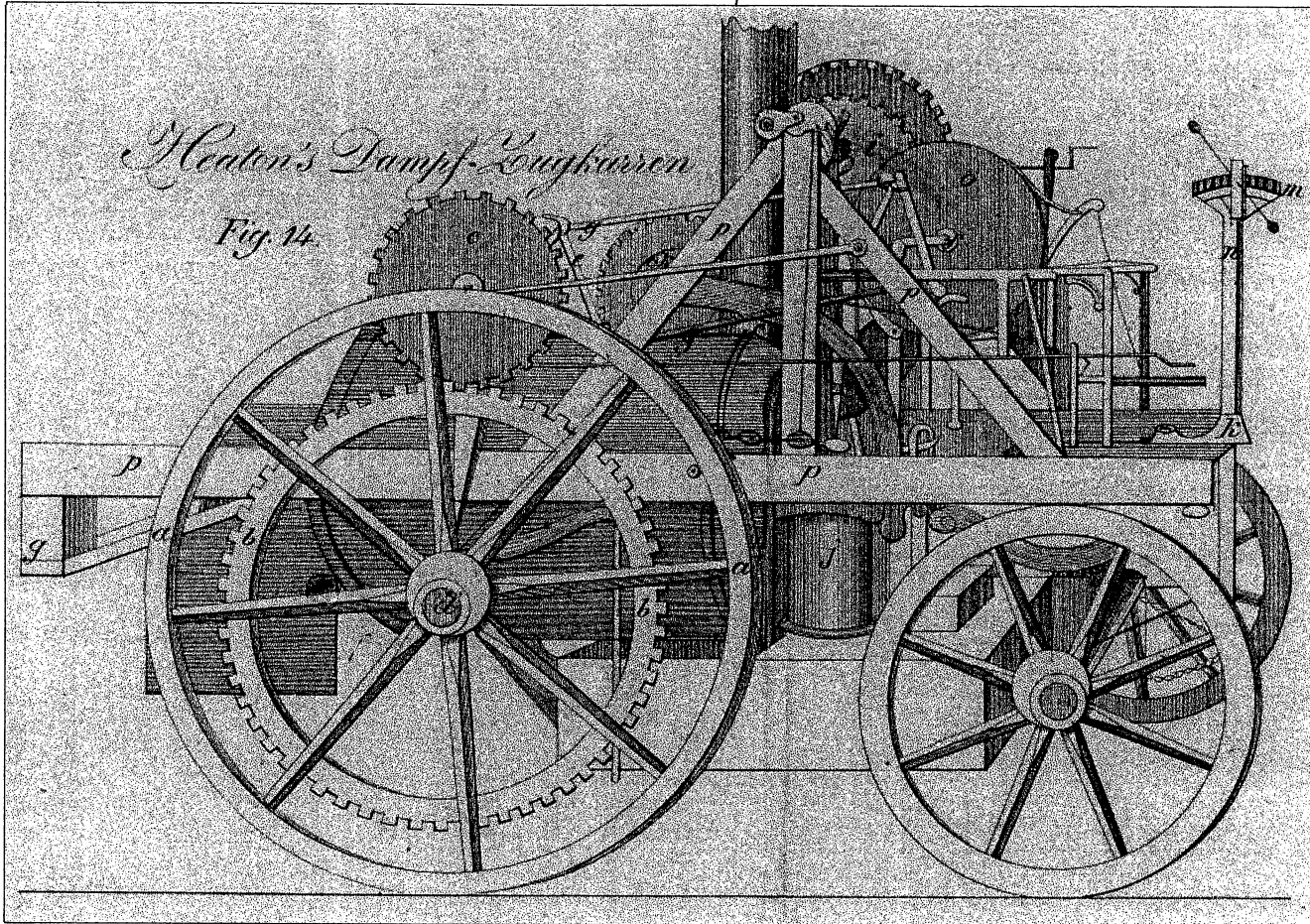
Fig. 14 ist eine Zeichnung des Dampfkarrens der HH. Brüder Heaton zu Birmingham nach einer von Hrn. John Heaton selbst mitgetheilten Zeichnung. An dieser Figur sind nun aa die hinteren Räder, an deren Speichen ein hölzerner Ring bb befestigt ist. An diesem Ringe befindet sich ein Rad mit eisernen Zähnen. Die Räder cc sind mittelst Bändern oder Stegen an den Achsen d angebracht, die, wie die Achsen einer gewöhnlichen Kutsche, voll sind. Unter einem Winkel von 90° ist eine Welle e mit einem doppelten Winkelhebel aufgezogen, und diese Welle führt die beiden Räder cc, welche lose an derselben angebracht, und an der inneren Seite mit Sperrzähnen versehen sind. In diese Zähne greifen Fänger, die an den Enden der Welle befestigt sind, so daß sich jedes Rad beim Umwenden des Wagens um eine Eke, oder beim Fahren im Kreise schneller bewegen kann, als das andere, f ist eine andere Welle mit einem rechtwinkelig gebogenen Winkelhebel. gg sind zwei eiserne Stangen, die an beiden Enden mit Klammern oder Haken versehen sind, welche in die Winkelhebel an e und f passen, so daß dieselben mit einander verbunden werden, und daß die von der Welle f hervorgebrachte Bewegung an die Welle e fortgepflanzt wird. An der Welle f befinden sich drei Räder, welche durch drei ähnliche, an der Welle h angebrachte Räder in Bewegung gesetzt werden. Diese letzteren Räder schieben sich an der Welle, und werden in Thätigkeit gesetzt, je nachdem es die Natur der Straße erfordert, so daß die Maschinen für eine Umdrehung der hinteren Räder mehr oder weniger Hube machen können. Die Welle h ist gleichfalls mit doppelten rechtwinkelligen Winkelhebeln versehen, die unmittelbar mit den Kolbenstangen der Maschinen in Verbindung stehen.

Die Cylinder der gegenwärtigen Maschine haben 7 Zoll im Durchmesser; die Kolbenhube betragen 12 Zoll. Sie haben eine aufrechte Stellung bei g, und werden mit Dampf versehen, indem der Wagenlenker seinen Fuß in den Schuh k setzt; so wie derselbe seinen Fuß nämlich ausstreckt oder zurückzieht, wird der Wagen, je nachdem es die Umstände erfordern, abfahren oder stillstehen. Der Apparat, welcher zum Lenken oder zur Steuerung des Wagens dient, ist vorn angebracht, m ist, ein Rad, welches an dem oberen Ende eines Stabes befestigt ist, der sich längs des Pfostens n abwärts erstreckt. Am Grunde dieses Pfostens befindet sich ein Blok, an welchem eine Kette befestigt ist, die sich bis in die Nahe eines jeden der vorderen Räder erstreckt, damit jedes dieser beiden Räder mittelst eines in das Rad m eingreifenden Getriebes vorwärts gebracht werden kann. Es sind zu diesem Behufe auch zwei Griffe angebracht.

Der Kessel und die Feuerstelle sind jenen der Dampfwagen, die auf der Liverpool-Manchester-Eisenbahn laufen, sehr ähnlich, o ist ein an der Welle e befestigtes Rad, welches mit einem eisernen Federreifen umgeben, und mit einem vorne an der Maschine befindlichen Hebel verbunden ist, so daß der Steuermann beim Bergabfahren auf diesen Hebel treten kann. Die ganze Maschine ist in Federn aufgehängt, und die Stangen, welche die Wellen e und f mit einander verbinden, verhindern, daß nichts in Unordnung geräth, p ist ein hölzernes, durch eiserne Schraubenstifte zusammengehaltenes Gestell, an welchem alle übrigen Theile befestigt sind. Der Wagen, von welcher Art er auch seyn mag, kann mittelst einer kurzen Deichselstange bei q befestigt werden.

Mit diesem Dampfkarren machten nun die HH. Heaton am 28. August 1. J. eine neue Probefahrt. Sie hängten demselben eine Landkutsche an, welche 1500

Pfd. wog, und fuhren mit dieser und mit 15 in ihr befindlichen Personen, zu welchen später noch 5 andere kamen, 6 Minuten nach 10 Uhr Morgens von ihrer Fabrik ab. In 56 Minuten erreichten sie Northfield, welches beinahe 7 engl. Meilen entfernt ist. Hier hielten sie sich 9 Minuten lang auf, um Wasser einzunehmen, worauf sie dann 18 Minuten vor 12 Uhr am Fuße des Rose and Crown Hügels ankamen. Nach 4 Minuten Aufenthalt begannen sie diesen Hügel hinauszufahren, der 700 Yards lang ist, und im Durchschnitte eine Steigung von 1 Yard in 9 Yards und stellenweise selbst eine Steigung von 1 Yard in 8 Yards hat. An manchen Stellen dieses Hügels war die Straße so weich, daß die Räder einen beinahe 3 Zoll tiefen Sandhaufen vor sich herschoben; dessen ungeachtet schaffte die Maschine aber den Wagen und 9 Personen in 9 Minuten über den Berg hinauf. Oben wurden die übrigen Passagiere und noch 5 andere aufgenommen, worauf der ganze Zug bis auf den Marktplaz von Bromsgrove fuhr, daselbst ohne anzuhalten umkehrte, und 27 Minuten vor 1 Uhr nach einer Fahrt von 15 engl. Meilen an dem Wirthshause zu Crab Mill anlangte, wo 35 Minuten lang angehalten wurde. Beim Zurückfahren über den oben erwähnten Hügel wurde den Passagieren, die bis auf 25 angewachsen waren, gezeigt, daß die Maschine selbst an den steilsten Stellen sogleich angehalten werden kann; so daß auf diese Weise durch die glückliche Fahrt über diesen Hügel, der als einer der steilsten in England berüchtigt ist, nach der Ansicht der HH. Heaton und der übrigen Passagiere vollkommen erwiesen ist, daß diese Maschine selbst auf den schlechtesten Straßen ohne Anstand fahren kann. Der ganze Zug kehrte nach einem weiteren Aufenthalte von 33 Minuten, und nachdem die Zahl der Passagiere bis auf 32 angewachsen war, über Worcester-Street, wo sich eine Anhöhe mit einer Steigung von 1 Yard in 12 Yards befindet, an die Fabrik der HH. Heaton zurück, wo er 35 Minuten nach 4 Uhr anlangte. Die ganze Fahrt hatte beiläufig 29 engl. Meilen betragen; es wurden während derselben 11 Bushels Kohls verbraucht, welche 2 Shill. 6 Den. kosteten.



16.3 Ausschließlich zeichnerische Beschreibung technischer Objekte

Zeichnerische Darstellungen übermittelten die meisten Informationen zu einem technischen Objekt und seiner Herstellung. Die Abbildungen sind zumeist eindeutig, umfassend und relativ schnell zu erstellen. Beispiele zu diesen Beschreibungen erübrigen sich. Im Kapitel 3 findet man eine Vielzahl. Aber auch die ausschließlich zeichnerische Darstellung eines technischen Objekts hat ihre Grenzen.

Gemeint sind nicht die Grenzen durch die formalen „Zeichenregeln“ zur Verbesserung der Allgemeinverständlichkeit, sondern die prinzipielle Grenzen durch den unvollständigen Informationsgehalt rein zeichnerischer Darstellungen. Während die Informationen zu den Größenverhältnissen auf rein zeichnerische Weise noch relativ einfach unterzubringen sind (ein Beispiel ist das Einzeichnen einer Maßstabsskala), können die Angaben zu Materialien, Funktionen, zur Herstellung selbst und zu besonderen Anforderungen mit zeichnerischen Mitteln nur sehr unvollkommen übermittelt werden. Beispielsweise ist die farbige Kennzeichnung von Materialien oder die Kennzeichnung durch unterschiedliche Schraffuren ist für eine differenzierte Angabe von Werkstoffen nicht geeignet.

Im hier behandelten Zeitraum, ab etwa 1800, ist die Tendenz zur immer stärkeren Einbringung textlicher Informationen in die Zeichnungen nicht zu übersehen. Ein Grund dafür war die beginnende Industrialisierung. In den vorindustriellen Werkstätten war es üblich, das maschinen- und herstellungsbezogene Wissen in mündlicher Form weiterzugeben. Diese Form der Weitergabe des speziellen Wissens der Werkmeister und Mechaniker entfiel durch die Einführung arbeitsteiliger Maschinenarbeit. Dieses Wissen selbst war aber in den industriellen Strukturen nach wie vor wesentlich, es musste nur in anderer Form bleibend in den herstellungsbegleitenden Dokumenten eingebracht werden. Eine Form war, die Informationen schriftlich in den Zeichnungen aufzunehmen. Diese Tendenz hat sich seit Anfang des 20. Jahrhunderts noch verstärkt. Die ausschließlich zeichnerische Beschreibung technischer Objekte hat aus den oben genannten Gründen heute keine Bedeutung mehr.

Die zeichnerische Darstellung eines technischen Objekts ist als Basisinformation für die Herstellung unverzichtbar. Sie hat sich bis heute bewährt. Nur ihr „Stil“ hat sich mit der technischen Entwicklung verändert. Die Darstellungen wurden eindeutiger und durch ergänzende Ansichten, Schnitte u.a.m. vollständiger. Da die Darstellungsart bekannt ist, sollen hier nur wenige Beispiele zur Erläuterung genügen.

Das erste Beispiel (Bild 16.3/1) zeigt die ausschließlich zeichnerische Darstellung einer Dampfmaschine nach Newcomen um 1720. Gezeichnet wurde sie um 1829. Die Maschine ist anschaulich gezeichnet, in guter Perspektive, ohne jegliche Erläuterung. Es handelt sich um eine atmosphärische Balanciermaschine mit einfacher Steuerung zur Wasserhebung in Bergwerken. Dargestellt ist nur die Maschinenseite. Mit entsprechendem Sachverstand kann die Funktion der Maschine aus der ausschließlich zeichnerischen Beschreibung verstanden werden, auch ohne jegliche textliche Beschreibung.

Das nächste Beispiel (Bild 16.3/2) zeigt die Prinzipzeichnung eines Fliehkraftreglers. Die Zeichnung stammt etwa aus dem Jahr 1850. Sie ist im Stil der Zeit als „technische Zeichnung“ in orthogonaler Parallelprojektion mit zwei ergänzenden Teilschnitten gezeichnet worden. Eine einzige Hauptansicht reicht zum Verstehen des Prinzips aus. Die wirklichen Größen sind durch die Zeichnung nicht bestimmt.

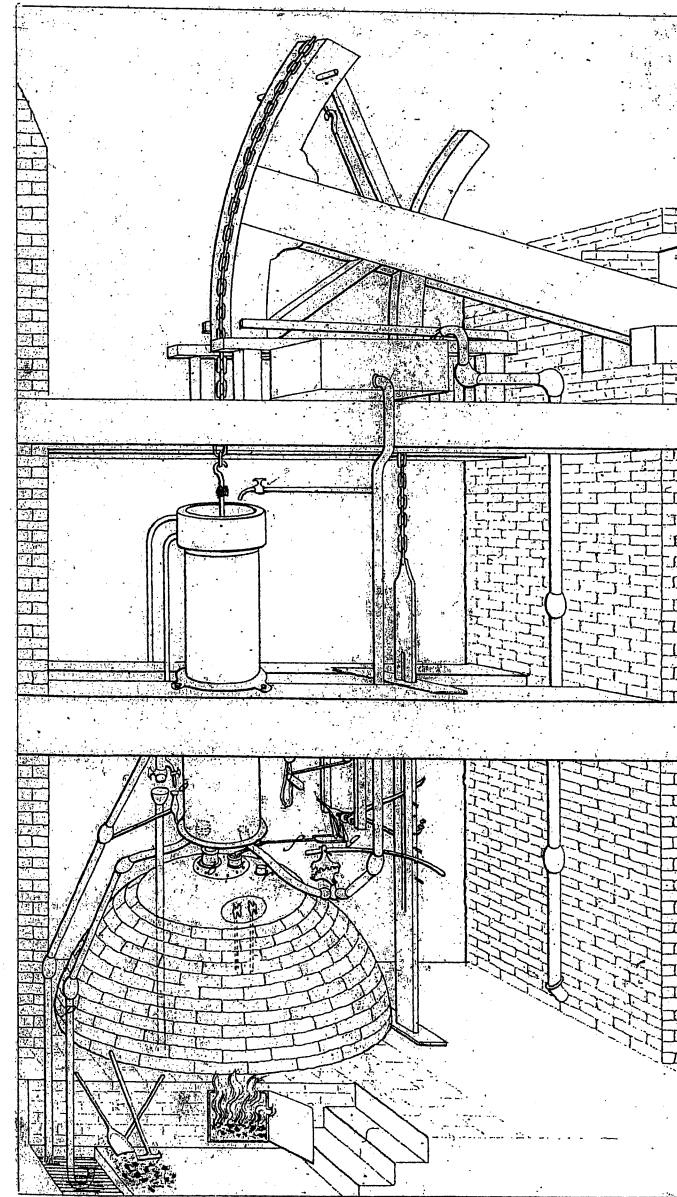


Bild 16.3/1: Ausschließlich zeichnerische Darstellung einer atmosphärischen Dampfmaschine (gezeichnet um 1829)

16.4 Kombinierte Darstellungen aus Zeichnungen mit ergänzenden Textangaben

Die kombinierte Darstellung aus zeichnerischen Darstellungen als Basisinformation und schriftlichen Zusatzinformationen *in der Zeichnung* ist die heute übliche Form. Sie gestattet, alle Angaben zur Herstellung eines technischen Objekts auf einem Informationsträger unterzubringen. Die Inhalte und Umfänge, sowohl bei der zeichnerischen Darstellung, aber insbesondere auch bei den schriftlichen Ergänzungen, haben sich im Laufe der Zeit gravierend verändert. Es lässt sich nicht mehr feststellen, ab wann und bei welchen Objekten ergänzende schriftliche Informationen zu den zeichnerischen verwendet worden sind und welchen Anteil sie an der gesamten Informationsmenge hatten. Aus den vorhandenen historischen Zeichnungen ist ersichtlich, dass unterschiedliche Formen der Zusammenführung zeichnerischer und schriftlicher Informationen über Jahrhunderte parallel verwendet wurden. Es gibt nur eine prinzipielle Tendenz: im Laufe der Zeit haben die textlichen Informationen stark zugenommen. Eine einfache Form einer ergänzenden Angabe ist das Eintragen von einzelnen Stichworten oder Maßen an die jeweiligen Stellen des dargestellten Objekts. Ein älteres Beispiel ist das schon im Abschnitt 3.2 gezeigte „Große Gewerf“. In der anschaulichen Darstellung sind beispielsweise einige Maße direkt auf den Bauteilen vermerkt. Diese Form wirkt heute sehr ungewohnt. Zur Verdeutlichung sind die einzelnen Maße eingekreist worden.

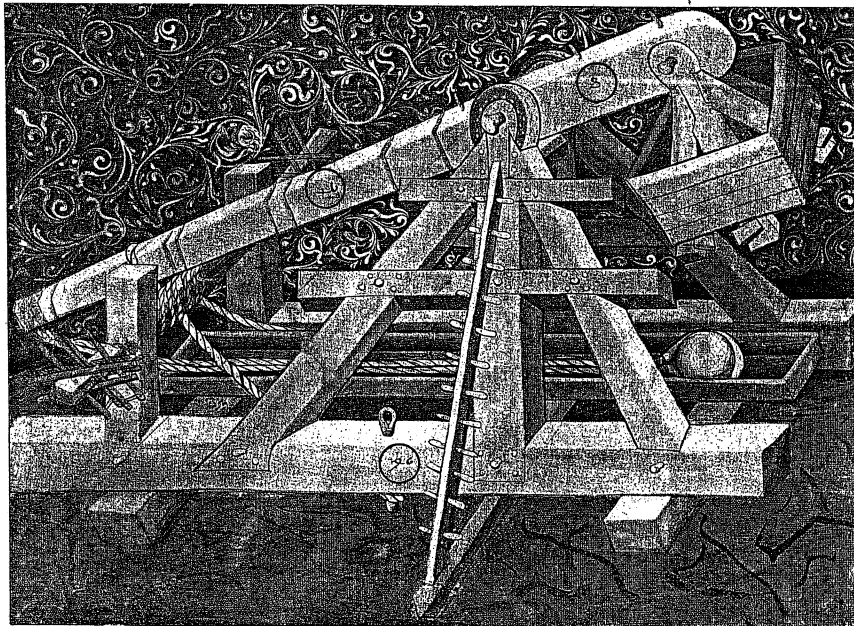


Bild 16.4/1: Wurfmaschine (Großes „Gewerf“) mit eingetragenen Maßen (um 1405)

Die folgenden Beispiele zeigen die Verwendung von schriftlichen Bemerkungen in neueren technischen Zeichnungen. Das erste Beispiel stellt einen großen Abdampf-Kondensator einer Dampfmaschinenanlage dar. Der Abdampf der Haupt-, Hilfs- und Dynamomaschine wurde in dem Behälter mit Hilfe von Kühlwasser, das durch 3900 Kühlrohre floss, kondensiert. Der Behälter musste vollständig luftdicht sein. Im Inneren herrschte ein Unterdruck. Mit Hilfe der

technischen Zeichnung und der eingetragenen Bemerkungen ist die Funktion eindeutig beschrieben. Sie diente zur Information bei der Montage und bei Reparaturen der Anlage. Über die Dimension des Behälters sind keine Angaben eingetragen. Sie sind aus einer anderen Zeichnung zu entnehmen.

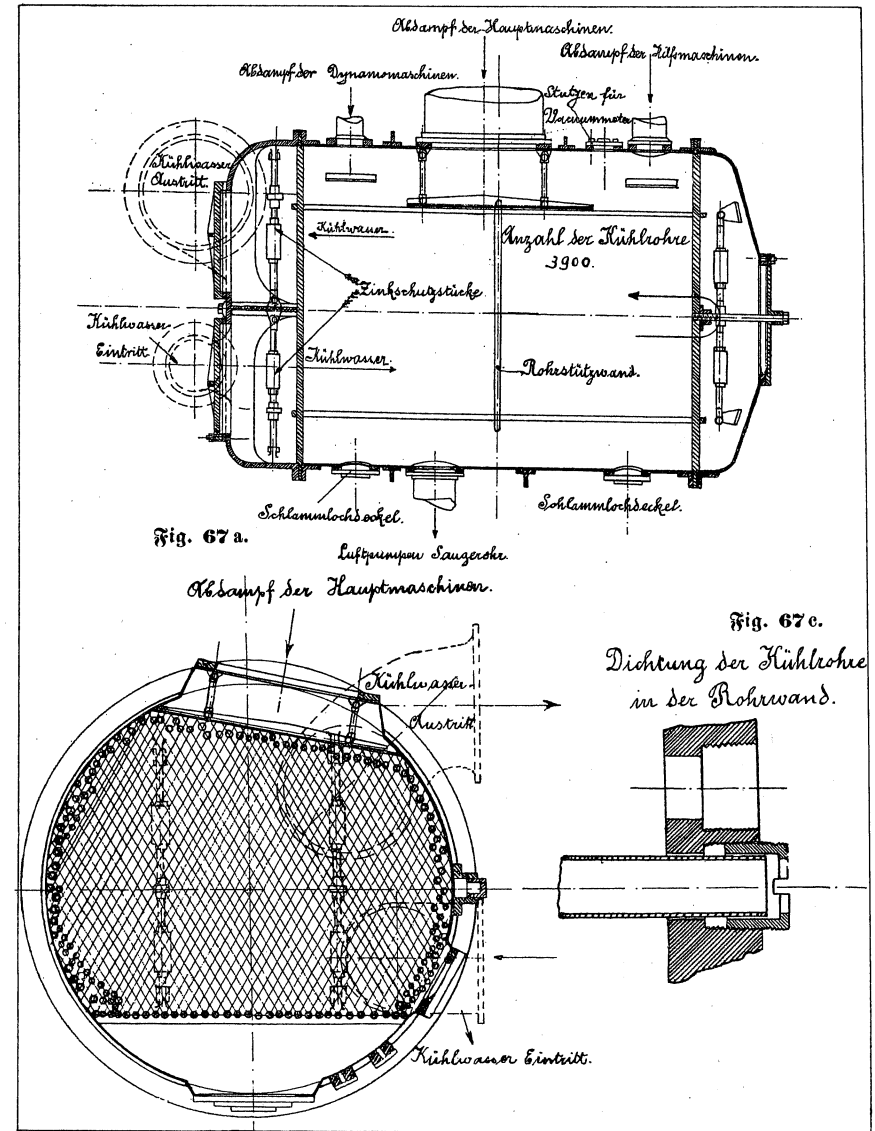


Bild 16.4/2: Zeichnung eines Kondensators einer Groß-Dampfanlage nur mit Textbemerkungen (um 1910)

Das nächste Beispiel zeigt eine völlig andere Kombination einer zeichnerischen Darstellung mit ergänzenden Angaben. Die dargestellte Werkstattzeichnung eines auf Schienen laufenden Montagekrans enthält nur ausgewählte, ergänzende Maße, keinerlei sonstige Angaben. Mit diesen Informationen war eine Anfertigung der Gussteile und deren Bearbeitung möglich. Die Katze des gezeigten Montagekrans lief auf Schienen. Die Schienen waren in gusseisernen Hängeböcken an der Deckenkonstruktion befestigt. Der Kran wurde mit einem Handseil angetrieben. Durch die mehrfache Untersetzung konnte eine relativ große Last gehoben werden (etwa 3 to). Die Zeichnung enthält die wichtigsten Hauptmaße und sehr viele Konstruktionsmaße der ausgewählten Teile. Funktion und Ausführung sind eindeutig. Eine weitergehende Beschreibung erübrigt sich.

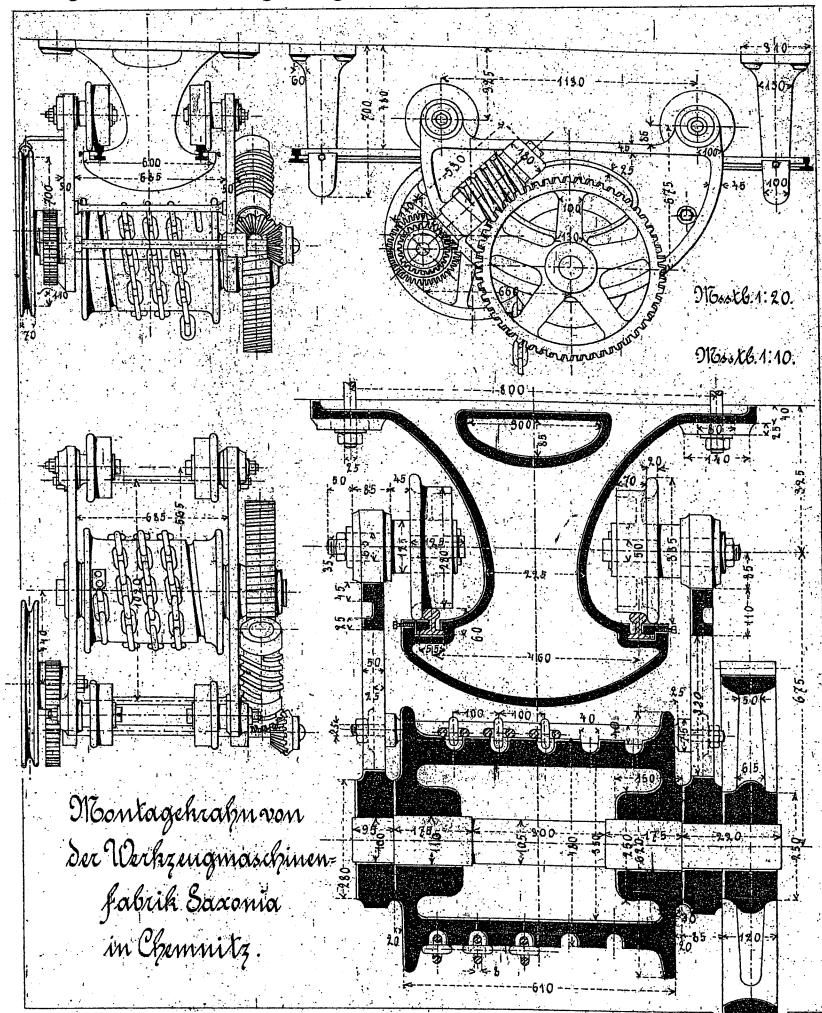


Bild 16.4/3: Zeichnung eines Montagekrans nur mit Maßangaben (um 1880)

Ein anderer verbreiteter Einsatz ergänzender Textangaben in Zeichnungen war die Festlegung herstellungsbezogener Arbeitsfolgen und funktionaler Details. Im Bild 16.4/4 ist für einen speziellen Wasserrohrkessel der Wasserumlauf schematisch skizziert und im Detail in der Zeichnung eingetragen. Des Weiteren sind die unterschiedlichen Verschlüsse der Wasserrohre textlich hervorgehoben.

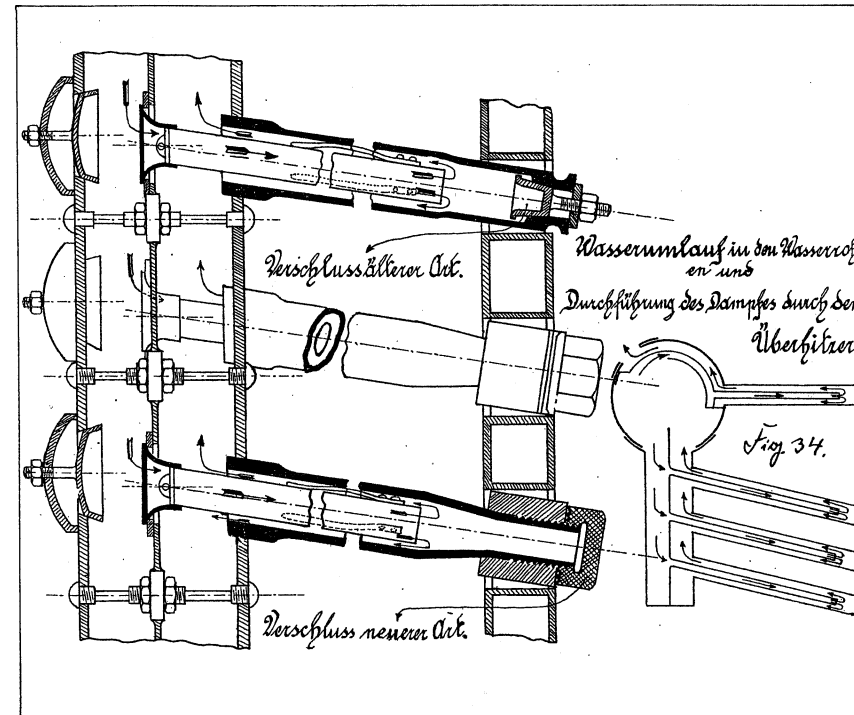


Bild 16.4/4: Einzelheiten eines speziellen Wasserrohrkessels (um 1890)

In neueren technischen Zeichnungen werden ergänzende Textangaben nicht nur in den Zeichnungen aufgeführt. Im 20. Jahrhundert hat der Umfang an zeichnungsbegleitenden Informationen stark zugenommen. Die Fülle an Informationen ist in den Zeichnungen nicht mehr unterzubringen. Dazu zählen nicht nur die üblichen Normen, sondern auch umfangreiche Funktionsvorschriften, Wärmebehandlungsangaben, Qualitätsangaben, Prüfvorschriften, Oberflächenvorgaben einschließlich der erforderlichen Prozessvorschriften u.a.m. Der Umfang an zeichnungsbegleitenden Informationen ist weitaus größer als die Anzahl an Zeichnungen.

Eine Trennung des schriftlichen Teils einer Objektbeschreibung vom zeichnerischen war in der technischen Literatur üblich. Allerdings ist die Funktion von Zeichnung und Beschreibung eine andere als im industriellen Herstellungsprozess. Im Werkstattgebrauch dienen die kombinierten Darstellungen vornehmlich zur Herstellung, in der technischen Literatur wird über den getrennten schriftlichen Teil im Allgemeinen die Funktion beschrieben.

16.5 Schriften für konstruktive Zeichnungen

Noch im gesamten 19. Jahrhundert sind die Beschriftungen in konstruktiven Zeichnungen individuell, je nach Gutdünken des Zeichners vorgenommen worden. Zwar gab es gebräuchliche Schriftarten, einige wurden in den Lehranstalten vermittelt, aber im Laufe der Zeit entwickelte jede Person eine eigene Charakteristik. Nicht jede individuelle Schrift war gut lesbar.

Nahezu die gesamte „offizielle“ Dokumentation von technischen Objekten wurde in den Behörden und Betrieben von Hand geschrieben. Es gab bestenfalls einige gedruckte Formulare für wiederkehrende Problemstellungen, die man von Hand ergänzen musste. Die frühen Privilegien und Patente sind größtenteils von Hand geschrieben worden. Dokumente von Kesselabnahmen waren handschriftlich. Genehmigungen zum Befahren fiskalischer Straßen, Erlaubnisse zum Fahren von Selbstfahrern u.a.m. sind von Hand geschrieben wurden. Die Liste ließe sich beliebig ergänzen. Im Zusammenhang mit dem konstruktiven Zeichnen ist eine eindeutige, gut lesbare Beschriftung für die Herstellung der Objekte von großer Bedeutung. Im rauen Werkstattbetrieb kam es bei schlecht lesbarer Beschriftung oft zu fatalen Fehlern. Aber auch die Art und Anordnung von Schrift und Maßangaben in den Zeichnungen war wichtig für eine fehlerfreie Herstellung der Objekte. Durch logisch richtige Anordnung wurde die Übersichtlichkeit entscheidend verbessert und die Fehlermöglichkeiten reduziert. Des Weiteren wurde durch eine nachlässige Beschriftung der gesamte Eindruck einer Zeichnung negativ beeinflusst.

Die Verwendung von Schrift in begleitenden Dokumenten technischer Objekte und die Beschriftung in konstruktiven Zeichnungen sind heute aus einem anderen Grund von Bedeutung. Die alten Schriften werden seit langem nicht mehr verwendet. Einige sind heute nur mit Mühe oder gar nicht mehr lesbar. Das geschriebene Wissen geht verloren. Erschwerend wirkt, dass die Schriften auch eine häufige Veränderung erfahren haben. Im deutschsprachigen Raum ist insbesondere die breite Verwendung der deutschen Kurrentschrift, später wurde sie „Sütterlin-Schrift“ oder kurz „Sütterlin“ genannt, ein Problem. Deren Schriftzeichen weichen völlig von den Zeichen heute verwendeter Schriften ab. Damit das „Verstehen“ der alten Dokumente und Zeichnungen nicht verloren geht, werden im Folgenden einige wichtige Schriftarten dargestellt.

Zierschrift

Sie wurde von bedeutenden Schreibmeistern unter der Bezeichnung „écriture ronde“ im 16. Jahrhundert in Frankreich ursprünglich als Schrägschrift entwickelt. Sie fand auch eine gewisse Verbreitung in Deutschland. Noch Ende des 19. Jahrhunderts findet man sie, als Schrägschrift oder als Steilschrift, in Beschriftungen von Zeichnungen. Insbesondere Titel oder Anfangsbuchstaben in Textpassagen wurden in Zierschrift ausgeführt. In der Praxis unterschieden sich sowohl die einzelnen Buchstaben als auch deren Ornamentik erheblich. Die Schrift ist mit etwas Mühe heute noch lesbar.



Bild 16.5/1: Beispiel eines Patenttitels in Zierschrift (um 1830)

Rundschrift

Sie war mit der rundgotischen Schrift verwandt, die im Ende des 16. Jahrhundert eingeführt wurde. Es gab sie mit senkrecht gestellten Buchstaben oder als Schrägschrift. Sie wirkte durch den Verzicht auf Ausschmückungen sachlicher als die Zierschrift und war einfacher zu schreiben. Die Rundschrift wurde zu Beginn des 18. Jahrhunderts in Deutschland bekannt. Sie wurde am Anfang nur zögerlich angenommen, war aber dann bis in das 19. Jahrhundert hinein eine verbreitete Schriftart. In der Technik wurde sie durch Prof. Franz Reuleaux, einem der bekanntesten Maschinenwissenschaftler seiner Zeit, eingeführt. Durch den Verlag und Handelsbetrieb von Friedrich Soennecken wurde die Schrift ab 1875 (in diesem Jahr erschien die erste Auflage der Schul-Ausgabe „Die Rundschrift“) in ganz Deutschland bekannt. Sie hat sich bei Zeichnungen bis ins 20. Jahrhundert gehalten. Geschrieben wurde mit schräg geschnittenen Stahlfedern. Durch die kontinuierlich verlaufenden Strichstärken und die sehr dünnen Aufstriche wirkte die Schrift sehr harmonisch. Das Schreiben war schwierig und erforderte viel Übung.

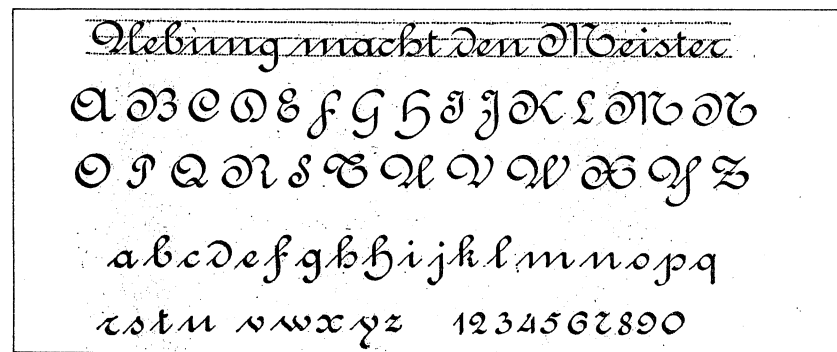


Bild 16.5/2: Alphabet in Rundschrift (um 1900)

Steilschrift

Mit dieser Schrift sollte eine Vereinfachung beim Schreiben im Vergleich zur Rundschrift erreicht werden. Die Schriftzeichen waren senkrecht gestellt (Steilschrift). Die Linienstärken innerhalb eines Schriftzeichens waren stark unterschiedlich. Die Schrift wirkte nicht so dynamisch wie die Rundschrift, dafür aber klarer. Die Schrift passte optisch besser zu den Zeichnungen der Technik. Es gab eine Vielzahl weitere Steilschriftarten, beispielsweise die vornehmlich für Zeichnungen im Baugewerbe verwendete Architektenschrift. In der Technik spielten sie keine Rolle.

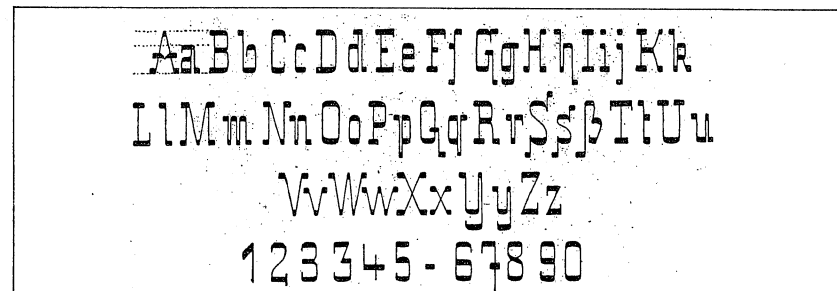


Bild 16.5/3: Alphabet in Architektenschrift (um 1900)

Normalschrift

Sie war mit der Rundschrift verwandt. Benutzt wurde sie bis Anfang des 20. Jahrhunderts.

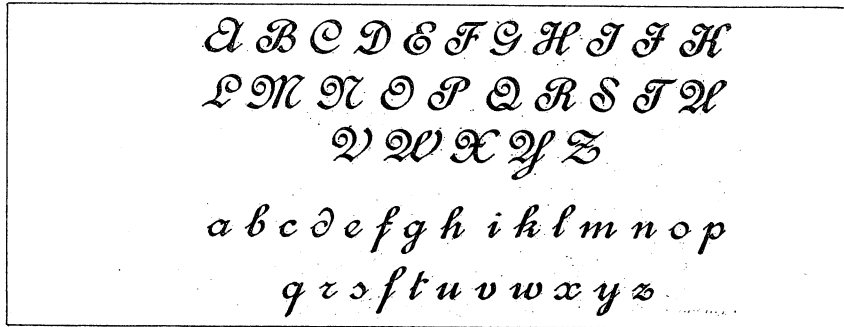


Bild 16.5/4: Alphabet in Normalschrift (um 1920)

Romanische Schrift

Sie wurde bei konstruktiven Zeichnungen selten verwendet. Man findet sie vereinzelt bei Titelzeilen und beim Hervorheben von Anfangsbuchstaben. Durch die doppelte Linienführung war sie aufwendig zu schreiben. Es gab sie als Schrägschrift oder als Steilschrift.

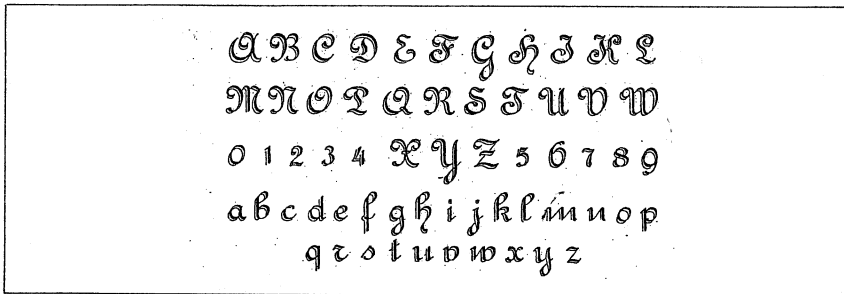


Bild 16.5/5: Alphabet der romanischen Schrift als Steilschrift (um 1890)

Nadelschrift

Bei dieser Schriftart wurden alle Linien eines Schriftzeichens in einer Strichstärke ausgeführt. Es gab sie als Steilschrift oder kursiv. Die Schriftzeichen waren (wie die Darstellungen in technischen Zeichnungen) aus Geraden und Kreisbögen zusammengesetzt. Die Strichstärke war relativ gering. Die Nadelschrift kam Anfang des 20. Jahrhunderts in Gebrauch und gilt als Vorläuferin der Blockschrift.

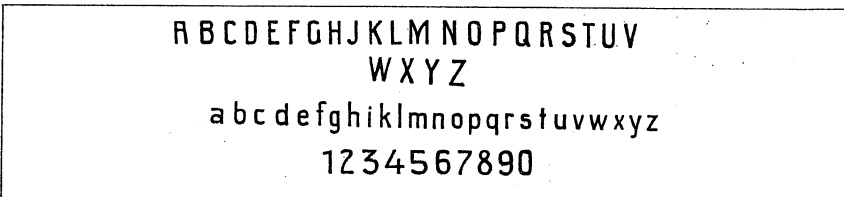


Bild 16.5/6: Alphabet der Nadelschrift (um 1910)

Gothische Schrift

Die gothische Schrift, auch „gothische Ronde“ genannt, war eine Schriftform, die bei Architekturzeichnungen verbreitet war. Bei technischen Zeichnungen hatte sie Anfang des 20. Jahrhunderts eine gewisse Verbreitung gefunden. Es gab auch Druckerzeugnisse mit gothischen Lettern.

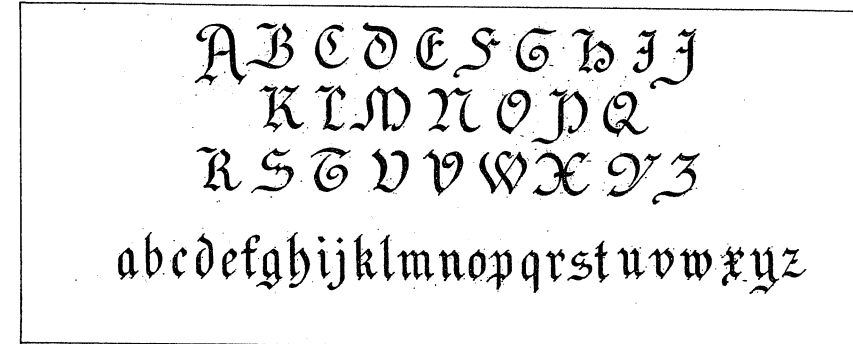


Bild 16.5/7: Alphabet in „gothischer Ronde“ (um 1910)

Bemerkung:

Die Umsetzung eines Textes, der beispielsweise in deutscher Sprache, aber in einem historischen Buchstabensystem geschrieben vorliegt, wird Transliteration genannt. Darunter fällt auch die Umsetzung von Texten des 19. Jahrhunderts, die beispielsweise in Sütterlin geschriebenen sind, in die heutige lateinische Schrift. Diese Transliterationen bereiten häufig Probleme. Für zeitgenössische Leser sind die alten Dokumente wie die Darstellungen von Hieroglyphen. Wenn man die Druckformen der Schrift außer Acht lässt, sind die historischen Buchstabensysteme die Basis der allgemeinen Schreibschrift jener Zeit. Die einzelnen Elemente dieser Schrift liegen nur hinreichend oder grob beschrieben vor. Die individuellen Unterschiede beim Schreiben sind groß. Die Verbindungen einzelner Buchstaben wurde dem Schreibenden überlassen. Die Buchstaben konnten mit aufwärts oder abwärts gerichteten Elementen verbunden sein, verrundet oder eckig, mit Schnörkeln oder ohne etc. Auch das Schreibgerät hatte einen Einfluss. Insbesondere die verwendeten Schreibfederarten bestimmten die Lesbarkeit. Es gab Federn die so geschnitten waren, dass der Aufstrich in anderer Breite geschrieben wurde als der Abstrich. Es gab Federn, beispielsweise Spitzfedern, bei denen die gesamte Schrift in einer Strichstärke entstand, u.s.w.

In neuerer Zeit sind alte Schreibschriften mit Hilfe spezieller digitaler Systeme transliteriert worden. Im europäischen Rahmen z.B. im Projekt READ und der Online-Plattform „Transkribus“. Der Erfolg war geteilt. Bei Handschriftenerkennung alter Texte sind diese Systeme nur bedingt zielführend. Zur Unterstützung sind sie sehr hilfreich. Erkennungs- und Verständnislücken müssen durch die Textarbeit von Fachleuten geschlossen werden. Die Bedeutung dieser digitalen Systeme ist in Deutschland sehr groß. Im gesamten 19. Jahrhundert und am Anfang des 20. Jahrhunderts dominierte Sütterlin als Schreibschrift den gesamten Handschriftverkehr, auch in der Politik, der Wissenschaft und im Handel. Vertreter der letzten Generation, die diese Schrift noch problemlos lesen konnte, gibt es kaum noch. In den Archiven schlummert noch Arbeit für Jahrzehnte. Ohne EDV-gestützte Systeme ist die Arbeit nicht zu bewältigen.

Ein Problem lässt sich durch noch so ausgereifte digitale Systeme nicht lösen: der inhaltliche Bedeutungswandel der in den Schriften verwendeten Begriffe und Bezeichnungen. Eine rein automatische Transliteration gibt Sachverhalte oft falsch oder unverständlich wieder. Das gilt ganz besonders bei Texten mit technischen Inhalten. Hier muss die Textarbeit durch das historische Fachwissen von Spezialisten ergänzt werden.

Ähnlich gelagert ist das Problem der „verschwundenen Begriffe“. Es gibt für viele historische Begriffe keine Entsprechung mehr in der aktuellen Sprache. Wer kennt noch Begriffe aus der historischen Umgangssprache wie minor, desfallsig, anietzo? Noch kritischer wird die begriffliche Klärung bei historischen technischen Termini. Ohne genaues Wissen über die alten Techniken kann man die Texte nicht verstehen.

Sütterlin (früher: deutsche Kurrentschrift)

Die deutsche Kurrentschrift war der Vorläufer der Sütterlin-Schrift. Sie wurde im frühen 16. Jahrhundert entwickelt. Typographische Basis war die Spitzschrift. Geschrieben wurde sie mit einer Spitzfeder, früher mit Federn aus gespitzten Gänsekielen, später mit Stahl-Spitzfedern. Die Schrift war im deutschsprachigen Raum sehr weit verbreitet. Die aus der Kurrentschrift entwickelte Sütterlin-Schrift, sie wird auch Normalschrift nach Sütterlin oder als „deutsche Schrift“ bezeichnet, wurde nach dem Berliner Graphiker Ludwig Sütterlin (1865 – 1917) benannt. Um 1880 (?) wurde Sütterlin vom preußischen Kulturministerium beauftragt die üblichen Schreibschriften zu vereinheitlichen und das Schreiben zu vereinfachen. Er entwickelte eine Standardschrift durch eine Vereinheitlichung der vielen üblichen Kanzleischriften. In einem ersten Schritt verkürzte Sütterlin die Ober- und Unterlängen der einzelnen Zeichen und setzte alle Teillängen der Schrift (einschließlich des Mittelteils) in ein einfaches Verhältnis, nämlich 1 : 1 : 1. Im nächsten Schritt vereinfachte er die einzelnen Schriftzeichen. Allgemein üblich war das Schreiben mit empfindlichen stählernen Spitzfedern. Sütterlin empfahl für seine Schrift die Verwendung robusterer Kugelspitzfeder, für die sich auch ein bekannter Schreibwarenhersteller fand. Die Summe aller Vorteile führte zu einer großen Verbreitung dieser Schrift als Schreibschrift in allen Bereichen. 1911 wurde sie per Erlass des Kultur- und Schulministeriums in Preußen eingeführt. 1935 wurde sie als leichte Schrägschrift unter der Bezeichnung „deutsche Volksschrift“ weiterentwickelt. Ab dem 1. September 1941 kam es aus nicht näher bekannten Gründen zu einem Verbot der Schrift. Nach dem Krieg wurde „Sütterlin“ in den Schulen bis in die 1960er Jahre als zusätzliche Schreibschrift gelehrt. Der große Nachteil der Schrift war, dass sie nur innerhalb Deutschlands ohne Probleme gelesen werden konnte. Ausländische Historiker, Ingenieure und an der Technik interessierte Personen hatten erhebliche Probleme, wenn Dokumente (oder Zeichnungen) in „Sütterlin“ geschrieben waren. Sie mussten mühsam das Alphabet lernen und dann noch eine entsprechende Übersetzung anfertigen. Das ist sicherlich auch einer der Gründe, warum wenig an technischen Innovationen von einheimischen Erfindern und Herstellern Eingang in übernationale Literatur gefunden hat. Dieser Nachteil ist bei Recherchen in historischen Archiven heute nach gravierender, da selbst viele deutschsprachige Wissenschaftler mit dieser Schreibschrift nichts mehr anzufangen wissen. Wegen der Bedeutung der Schrift werden hier die einzelnen Schriftzeichen und deren heute üblichen Entsprechungen eingehender behandelt.

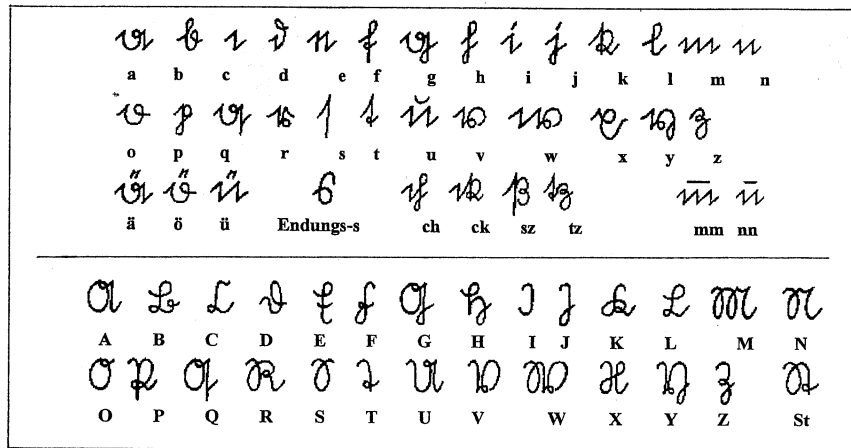


Bild 16.5/8: Klein- und Großbuchstaben in Sütterlin (1911)

a:		aa a a a a a a a a
b:		B B B b B B B b
c:		c c c r r r s
d:		d d d d l l d d d d o
e:		e e e e e e e e e e e e e e
f:		f f f f f f f f f f f f f f
ff:		ff ff ff ff ff ff ff ff
ff:		ff ff ff ff ff ff ff ff
g:		g g g g g g g g g g g g
g:		g g g g g g g g g g g g
h:		h h h h h h h h h h h h
i:		i i i i i i i i i i i i
j:		j j j
k:		k k k k k k k k k k k k
k:		k k k k k k k k k k k k
ck:		ck
l:		l l l l l l l l l l l l
m:		m m m m m m m m m m m m
n:		n n n n n n n
o:		o o o o o o o o o o

Bild 16.5/9: Gegenüberstellung der Schriftzeichen von Sütterlin und der im 18. und 19. Jahrhundert üblichen Kanzleischriften (Kleinbuchstaben)
1. Teil

p:		R P Y P R P Q X Y Z W H W P
p:		q b z y p # z y w v e j
pp:		#
q:		q q q q q r e y & a r e e e l e q
r:		r v e x t x t x t r y u x y r t x
r:		x x x u u x e z z z z z e u e e
s:		r r r r p p f f f f 9 1 5 1 1 1 f
s:		7 1 8 1 1 1 1 1 1 1
ss:		x x # # # # # # # # # #
B:		k k R r R B B y B a B y B
B:		k B R R B B B B B B B B
runds:		s a o b o p o r o s o v o r o s o s
t:		t t t t t e t t e t t t l t d t f
tt:		t t t t t t t t t t t t t t t t t t
u:		u u u u u u
v:		v v v o v o v b b v v v u u u u v o
w:		w w w w o w o w o w u w y w o w o w u
x:		x r x x x z z z z e x z x x r z z z
y:		y x y y z z z z y
z:		z z z z z z z z z z z z

Bild 16.5/9: Gegenüberstellung der Schriftzeichen von Sütterlin und der im 18. und 19. Jahrhundert üblichen Kanzleischriften (Kleinbuchstaben)
2. Teil

Normalschrift und Normschrift

Die weitere Entwicklung der Schrift für technische Zeichnungen ist bekannt. Aus den Bemühungen zur weiteren Vereinheitlichung der Schrift entstanden die ersten Normalschriften und Normschriften. Die erste Norm zur Beschriftung technischer Zeichnungen wurde 1919 herausgegeben, noch unter dem Titel „Schräge Blockschrift“ – DIN 16. 1932 erschien die überarbeitete und wesentlich erweiterte Norm DIN 1451 „Normalschriften“.


Erlaubnis,
 nach gütlicher Absprache, Aufsatz. Intra, nach dem Fortschreiten, und mannschaft auf Berlin, mit gütlicher Absprache, dinstag, dass nur nach dem folgenden Antragsformulare Absprache gütlich soll sein.
 Der Antragsteller bittet um begünstigte Obhofschrift über Absprache für gütliche Absprache zu dem Antragsformulare.
 H. y. n.
 J. Müller.
 G. n. v.
 H. Schwach. Intra
 Absprache Obhofschrift gütlich mit dem Original, Absprache gütlich über sein, nur nach dem Antragsformulare gütlich sein, nach dem Antragsformulare gütlich sein.
 Absprache, d. v. März 1840.
 Intra. Aufsatz. Intra. Intra.


Bild 16.5/10: Textbeispiel (Kanzleischrift): amtliche Erlaubnis in Sütterlin (1840)

Bemerkung:

Die im Kapitel 16.5 gezeigten Schriftformen zeigen nur einen kleinen Ausschnitt der im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts verwendeten Schriften. Dargestellt worden sind nur die Schriften, die in größerem Umfang in der Technik Eingang gefunden haben. Beim konstruktiven Zeichnen war die zeichnerische Darstellung stets das Wesentliche. Eine klar gegliederte, sorgfältig gearbeitete Zeichnung konnte durch eine deutliche und schöne Beschriftung aufgewertet werden. Ähnliches gilt für den umgekehrten Fall. Durch eine nachlässige, unsaubere und schlecht lesbare Beschriftung wurde die beste Zeichnung verdorben. Man versuchte beim konstruktiven Zeichnen durch die Beschränkung auf wenige Schriftformen eine gewisse „allgemeine Lesbarkeit“ und „Eindeutigkeit“ der in den Zeichnungen integrierten Zahlen- und Textangaben zu erreichen. Durchgängig gelungen ist das nicht.

Beschriften im angesprochenen Zeitabschnitt war Handarbeit. Zur Entwicklung einer guten Handschrift waren einige Voraussetzungen nötig. Aus der Menge der Schriftformen mussten die für den jeweiligen Zweck geeigneten ausgewählt werden. Als nächstes musste das Prinzip der Schrift verstanden werden. Dazu waren Kenntnisse über die geometrische Struktur (beispielsweise ein Aufbau nach dem „Goldenen Schnitt“, geometrische Stufungen zwischen Groß- und Kleinbuchstaben uam.), über die Orientierung der Schriftzeichen (Steilschrift, Schrägschrift usw.), das Konzept des Zeichenabstands (eng, weit, gleichmäßig, ungleichmäßig usw.), der Einfluss der Schreibmittel und eine Vielzahl weiterer Parameter wichtig.

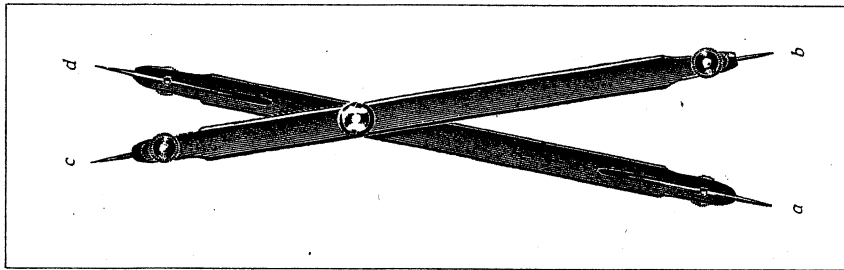


Bild 16.5/11: Beispiel eines Proportionalzirkels mit fester Einstellung für Streckenverhältnisse im „Goldenen Schnitt“ (näherungsweise c/d zu a/b wie 3 zu 5 oder 5 zu 8). Man bezeichnete sie auch als Hafried-Zirkel (um 1890)

Das Problem war jetzt, diese Schriften zu erlernen und zu beherrschen. Vermutlich ist es heute gar nicht mehr vorstellbar, wie mühsam das Erlernen einer Schrift ist. Im 19. Jahrhundert wurde in den Schulen und Ausbildungsstätten viel Zeit darauf verwandt. Ohne eine fast unendliche Wiederholung von Schriftbeispielen war eine gute Schrift nicht zu erreichen. Wenn man heute handgeschriebene Schriftstücke aus jener Zeit betrachtet so ist das Erstaunen über die Präzision, die Klarheit und Ausdrucksstärke der Ausführung groß.

Im Laufe der Zeit entwickelte jeder „Schreiber“, meist unbewusst, innerhalb einer gut beherrschten Schriftform seinen „eigenen Stil“ - ein Ausdruck für viele Aspekte seiner Persönlichkeit. Die persönliche Schrift wurde unverkennbar, sie konnte eindeutig einer Person zugeordnet werden. Auch heute noch gibt es Graphologen, die sich mit der Interpretation von Schriften beschäftigen und mit mehr oder weniger großer Sicherheit, bestimmte Persönlichkeitsausprägungen aus Schriftbildern abzuleiten versuchen.

Die hochinteressante Kulturgeschichte der Schrift kann hier nicht behandelt werden. Das würde den Umfang der Arbeit sprengen. Ein Aspekt sollte aber nicht unerwähnt bleiben. Der Zeitgeist spielte in der Kulturgeschichte der Schrift eine große Rolle. Es gab Einflüsse politischer Strömungen, von Veränderungen in der Arbeitswelt, von Moden uam. Noch heute lassen sich an den verwendeten Schriftformen bestimmte Phasen der gesellschaftlichen Entwicklung ganzer Länder erkennen. Ein Beispiel ist die Verwendung der „Deutschen Schrift“ in der national-konservativen technischen Literatur Anfang des 20. Jahrhunderts.

Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf eine Darstellung weiterer, gebräuchlicher Schriftformen. Wiedergegeben wird der Stand zur Jahrhundertwende. Eine alle Schriftarten überdeckende Vollständigkeit wird nicht angestrebt. Zu viele Varianten und Mischungen unterschiedlicher Schriftformen wurden verwendet. Die dargestellten Schriftarten wurden ausgewählt, weil sie in einem größeren Umfang im technisch-wissenschaftlichen Bereich eingesetzt wurden, sowohl als Handschriften als auch in Druckerzeugnissen.

1. Dünne Skelettschrift

Die Buchstaben waren schlank und hoch. Es dominierten gerade, senkrechte Elemente in den einzelnen Buchstaben. Die Schrifthöhen von Klein- zu Großbuchstaben waren 2 zu 3. Die dünne Skelettschrift gab es in Normalform oder in eckiger Form. Bei der eckigen Form unterschied man in eng gestellte oder weit gestellte Buchstaben. Geschrieben wurde mit stumpfer, runder Feder, ggf. mit etwas abgeflacht Spitze.

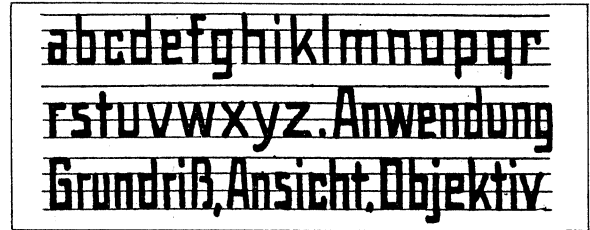


Bild 16.5/12: Schriftbeispiel für eine dünne Skelettschrift in eckiger Form

2. Keulenschrift

Bei der Keulenschrift wurden die Rundungen, die Endungen und „Füße“ der einzelnen Buchstaben verstärkt ausgeführt. Sie wurden tropfenförmig „verzogen“. Gearbeitet wurde mit dünnen Rundfedern. Die Schrift war als Reparaturschrift verbreitet. Wenn die Ausgangsschrift, beispielsweise eine dünne Skelettschrift, nicht gut gelungen war, konnte durch das „Verziehen“ von Buchstabenteilen und Endungen noch ein befriedigender optischer Eindruck erreicht werden.

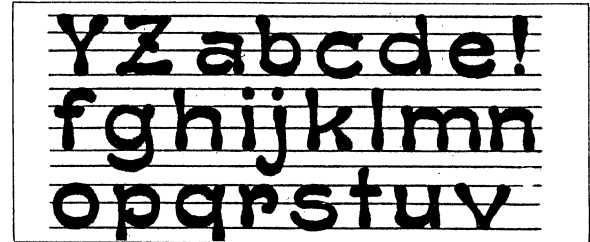


Bild 16.5/13: Schriftbeispiel für die Keulenschrift

3. Kursive Blockschrift

Schrägschrift mit ausgeprägten Rundformen der einzelnen Buchstaben. Wenige gerade Partien. Gut lesbar. Geschrieben wurde mit Rundschriftfedern (alte Bezeichnung: Redisfeder 1146).



Bild 16.5/14: Schriftbeispiel für die kursive Blockschrift

4. Geneigte Rundschriften

Schräge oder geneigte Schriften waren Varianten bei allen Schriftformen. Das Beispiel zeigt die Rundschrift, einmal nach vorne geneigt und einmal nach hinten geneigt (ähnlich der kursiven Rundschrift). Die nach hinten geneigte Schrift bezeichnete man auch als „liegende“ Schrift.



Bild 16.5/15: Schriftbeispiele für die geneigte Rundschrift

Vorbemerkung. In dem folgenden Vordruck ist Nichtzutreffendes zu durchstreichen.

Beschreibung
zur
Genehmigung einer Dampfkesselanlage.

Der Antrag betrifft die Genehmigung zur - Anlegung - Ver-
änderung eines - neuen - bereits im Betriebe gewesenen - feststehenden
Dampfessels zu ...
zum Betriebe ...
bestimmten Dampfessels,
mit einem ... dauernd verbundenen
Dampfkessel zum Betriebe.

Den allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von
Dampfkesseln vom 5. August 1890 wird wie folgt entsprochen:

§ 1. Bau des Kessels.

a) Angabe der Bauart des Kessels.
(Für die Angaben sind möglichst die Be-
zeichnungen der Dampfessel-Staat für in
Preußen zu wählen.)

Der Kessel ist ein ...

b) Angabe der Hauptabmessungen des
Kessels in mm.

- Der Kessel besteht aus
1) dem ...
2) ...
3) ...
4) ...
5) ...
6) ...
7) ...

*) Jedem Genehmigungs-gesuch müssen - abgesehen von den im §. 10 Absatz III der Anweisung bezeichneten Fällen, in
denen je 2 Ausfertigungen genügen - beigefügt sein:
8 Beschreibungen nach diesem Vordruck,
8 maßstäbliche Zeichnungen des Kessels,
außerdem
bei feststehenden Kesseln 8 Situationszeichnungen, aus welchen der Standort des Kessels und die Lage des Grundstücks zu den Nach-
bargrundstücken zu erhellen sein müssen,
8 Bauzeichnungen des Kesselhauses (Aufstellungsraumes) mit Schornstein,
bei Schiffkesseln
8 Lagepläne des Kessels im Schiff.
Sämtliche Zeichnungen und die Beschreibungen sind unter Angabe des Datums vom Antragsteller und Erbauer des Kessels, bei
alten Kesseln mindestens vom Antragsteller zu unterschreiben.
Zeichnungen, welche nicht auf Porzellanwand hergestellt sind, sind stets auf Leinwand aufzutragen. Im Blauverfahren her-
gestellte Zeichnungen dürfen nicht verwendet werden.
Das Gesuch ist bei dem zuständigen Kesselprüfer anzubringen, nicht bei der die Genehmigung erteilenden Behörde

c) Angabe der Wandstärken in mm.

Table with 2 columns: Location, Wall thickness. Includes entries like 'in der ...', 'in dem ...', 'in der ...'.

d) Angabe über Art und Güte des
Baustoffs zum Kessel.

(Bei alten Kesseln ist die mutmaßliche
Art des Baustoffs anzugeben. Angaben
über Festigkeit und Dehnung des Bau-
stoffs sind nur erforderlich, wenn die
Beanspruchung der Bleche bei fünfjähriger
Sicherheit über das durchschnittliche Er-
forderungsmaß hinausgeht.)

Es ist hergestellt aus
Schweißen Feuerblech.

... die ...

bestgt. ...

bestgt. ...

Siemens Martin

Flußblei Feuerblech ...

... 35% ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

bestgt. ...

e) Angaben über die Herstellung der
Verbindungen. (Durch Maßstabszeichnungen
hierunter zu erläutern.)

... welche durch Schweißung hergestellt sind

... welche durch Verschraubung ver-

... verbunden sind.

Sieberöhre - Feuerrohre - sind - geschweißt - nahtlos und durch

Einwalzen (mit - ohne - Vorbearbeitung) in den ...

... befestigt.

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

Die Kesselwandungen sind durch ...

... mit Ausnahme ...

... welche durch Schweißung hergestellt sind

... welche durch Verschraubung ver-

... verbunden sind.

Sieberöhre - Feuerrohre - sind - geschweißt - nahtlos und durch

Einwalzen (mit - ohne - Vorbearbeitung) in den ...

... befestigt.

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

Tafel 16.5/1: Original eines behördlichen Vordrucks zur Genehmigung einer
Dampfkesselanlage, Teil 1 (1906)
(Mit handschriftlichen Eintragungen in Sütterlin)

17. ZEICHENTISCHE UND ZEICHENMASCHINEN

17.1 Bemerkung

Die ältesten gefundenen Zeichenflächen waren zufällig, in etwa ebene, natürliche Flächen auf unterschiedlichen Grundmaterialien. Gezeichnet wurde direkt auf die Fläche, unabhängig vom Grundmaterial. Die einfachste ebene Fläche bestand aus eingeebnetem Sand. Die Zeichnungen in Sand, auf dem Boden oder auf einer Sandtafel, waren naturgemäß nicht haltbar. Wenn dauerhafte Abbildungen gewünscht wurden, so verwendete man natürliche Steinflächen oder beispielsweise „Tafeln“ aus weichen, ebenen Materialien (Tontafeln, mit Wachs überzogene Tafeln, aus Holz u.ä.). Die Zeichenfläche und der Träger der Zeichenfläche, beispielsweise eine ebene Holztafel, bildeten eine Einheit. Je Zeichnung benötigte man eine Tafel, die im Allgemeinen nur einmal verwendet werden konnte. Beim Löschen einer Darstellung, z.B. bei einer Wachstafel, ging die gezeichnete Information unwiederbringlich verloren. Bei größeren „Zeichnungen“ verwendete man mehrere Tafeln.

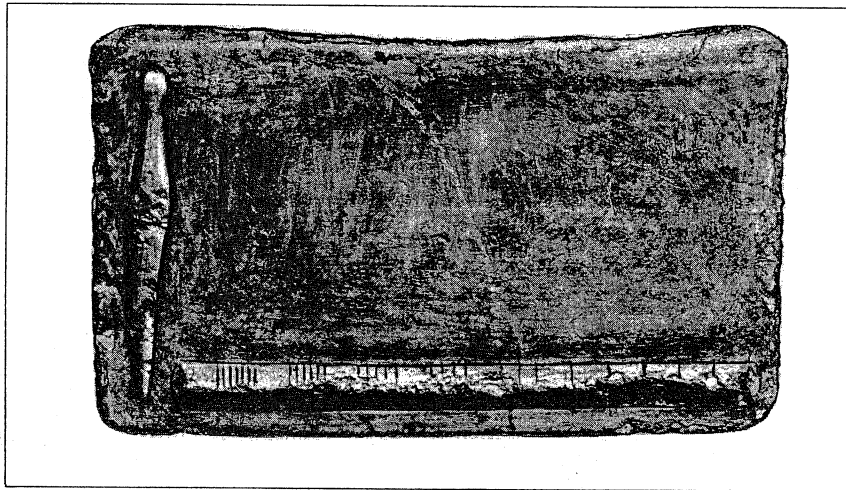


Bild 17.1/1: Tafel mit eingelegtem Zeichenstift und Maßstab (um 2400 v. Chr.)

Historisch sehr alt ist auch die Verwendung von dünnen, natürlichen Materialien als Zeichenfläche. Die Materialien konnten auf Grund ihrer Beschaffenheit nur auf ebenen Trägern verwendet werden. Diese Träger waren die Vorläufer der einfachen Zeichen- oder Reißbretter. Als Zeichenfläche kamen beispielsweise bestimmte Blätter von Pflanzen, Rinden von Bäumen, dünn gearbeitete Tierhäute, gewebte Stoffe, im Alten Ägypten auch Papyrus u.ä. zum Einsatz, als Träger ebene Bretter aus Holz, fest gestampfte Lehmflächen auf dem Boden u.a.m. Weit verbreitet war jahrtausendlang das direkte Zeichnen auf Holztafeln. Noch im Mittelalter wurden viele konstruktive Zeichnungen mit Kohle, Kreiden und weichen Metallstiften auf behandeltes Holz gezeichnet oder mit harten Stiften eingeritzt. Im letzteren Fall nannte man den Zeichner „Reißer“. Daher rührt der noch heute verwendete Ausdruck „anreißen“. Die Zeichenplatten konnten sogar mehrfach verwendet werden. Die alten Darstellungen wurden durch Abheben einer dünnen Holzschicht, Abschmirlen oder einfach durch eine neue „Grundierung“ wiederverwendbar gemacht. Auf den Zeichenplatten wurde

freihändig mit einfachen Hilfsmitteln wie Lineal, Winkel, Zirkel u.ä. gearbeitet. Mit der Verbräunung des Pergaments und des Papiers änderte sich die Situation. Die Zeichenplatten dienten nur noch als Träger der eigentlichen Zeichenfläche. Die gezeichneten Informationen konnten lange Zeit auf kleinstem Raum in Form einzelner Blätter oder als Rollen verwahrt werden. In der Renaissance verwendeten die Künstler und Ingenieure auch behandelte Leinwände als Zeichengrund. Mit dem Einsatz des dünnen und empfindlichen Papiers wurde die Verwendung einer „Zeichenplatte“ mit absolut ebener, fehlerfreier Fläche nahezu zwingend.

Der nächste Entwicklungsschritt war naheliegend. Die Zeichenplatte (das Zeichenbrett) erhielt eine ebene, glatte Seitenfläche. An dieser Fläche konnten dann verschiedene Hilfsmittel entlang geführt werden. Im Mittelalter wurden schon mit derartigen „Reißbrettern“ gearbeitet. Zum Zeichnen von waagerechten Linien verwendete man beispielsweise ein sogenanntes „Profilholz“. Das Holz gab es in verschiedenen Ausführungen. Allen gemeinsam war ein stabiler Kopf, der sogenannte Anschlag, der rechtwinklig an einem kurzen Linealstück befestigt war. In einem Bild von Albrecht Dürer ist ein derartiges Hilfsmittel dargestellt. Es war der Vorläufer der bekannten Reißchiene.

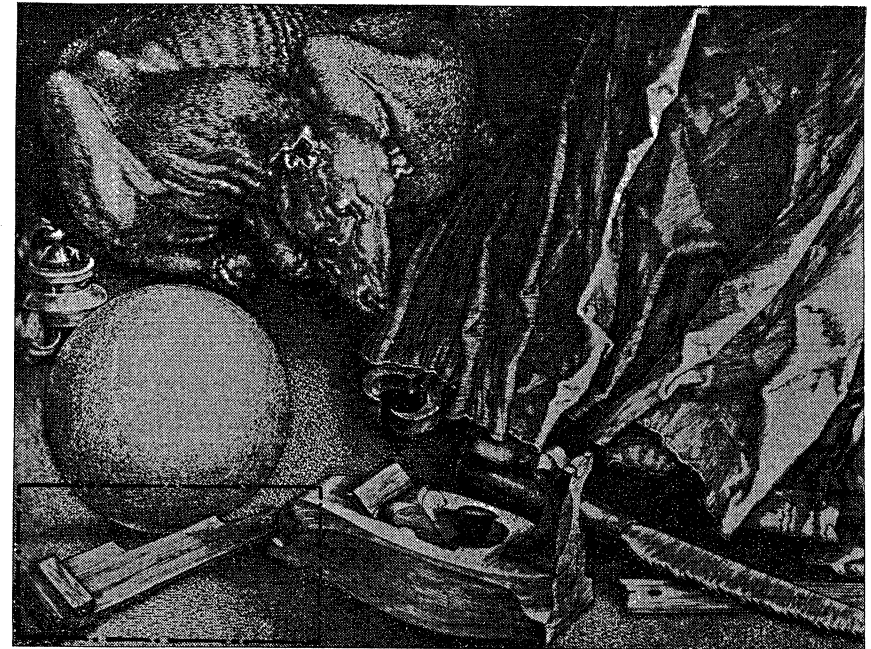


Bild 17.1/2: „Profilholz“ als Hilfe zum Zeichnen waagerechter Linien auf einem Reißbrett (Ausschnitt aus dem Bild „Melencolia“ von A. Dürer, um 1514)

Beim konstruktiven Zeichnen war das freie Arbeiten auf einem Zeichenbrett mühsam und zeitraubend. Ein „Profilholz“ und die Verwendung weiterer Zeichenhilfsmittel änderte daran wenig. In der Technik überwiegen Linearzeichnungen mit parallelen und senkrecht aufeinander stehenden Linien. Man bearbeitete die Außenkanten der Zeichenbretter genau senkrecht zueinander und hatte damit die Möglichkeit, das Profilholz zum Zeichnen senkrechter Linien umzusetzen.

17.2 Zeichenbrett und Zeichentisch

Die im 19. Jahrhundert verwendeten Zeichenbretter waren aus leichten, weichen Holzarten gefertigt. Üblich waren ebene, mehrschichtige Platten aus astfreien Ahorn, Linden oder Pappelholz. Das geringe Gewicht erleichterte die Handhabung. Das Holz war meist unbehandelt. Ein zusätzlicher Bezug der Zeichenfläche mit weißem Papier war unüblich. Das Zeichenpapier wurde direkt auf das Zeichenbrett geheftet. Zeichenbretter für kleinere Zeichenformate besaßen auf der Rückseite aufgeleimte Leisten, die einen Abstand zur Auflagefläche eines Tisches ermöglichten und eine stabile Lage garantierten. Schräge Leisten erleichterten das Arbeiten. Für große Zeichenformate gab es spezielle Tische mit entsprechender Tischfläche aus weichem Holz. Die Tischfläche war anfangs waagrecht. Da die Zeichnungsformate noch nicht genormt waren, gab es auch keine festen Größenstufungen der Zeichenbretter und Zeichentische. Die Größe richtete sich nach dem üblichen im jeweiligen Betrieb benutzten Zeichnungsformat. Einzige bedingt nutzbare Ordnungsgröße bei Zeichenbrettern war, wenn bei Zeichenpapieren von der Rolle gearbeitet wurde, die Rollenbreite.

Zum Arbeiten mit einer Reißschiene versah man eine Seite des Zeichenbretts mit einer Hartholzleiste. Metallische Einlagen waren selten. Wenn die Reißschiene während der Arbeit umgesetzt werden musste, waren mehrere Seiten des Zeichenbretts mit Hartholzleisten belegt. Entscheidend war eine genaue, rechtwinklige Ausführung des Bretts.

Das Zeichnen insbesondere bei größeren Formaten auf ebenen Zeichentischen war durch die ungünstige Arbeitshaltung mühsam. Verbesserung brachte eine größere Schrägstellung des Zeichenbretts. Am Anfang war diese Schrägstellung fest. Im Laufe der Zeit wurden einfache Verstellmechanismen entwickelt, die eine veränderliche Schrägstellung, je nach Arbeitsschwerpunkt, ermöglichten. Daraus entwickelten sich die frei in der Schrägstellung und in der Höhe einstellbaren Zeichentische. Die Untergestelle waren am Anfang noch aus Holz. Später wurden Gestelle aus Rohren oder auch schwere gusseiserne Gestelle verwendet. Sie waren deutlich stabiler.

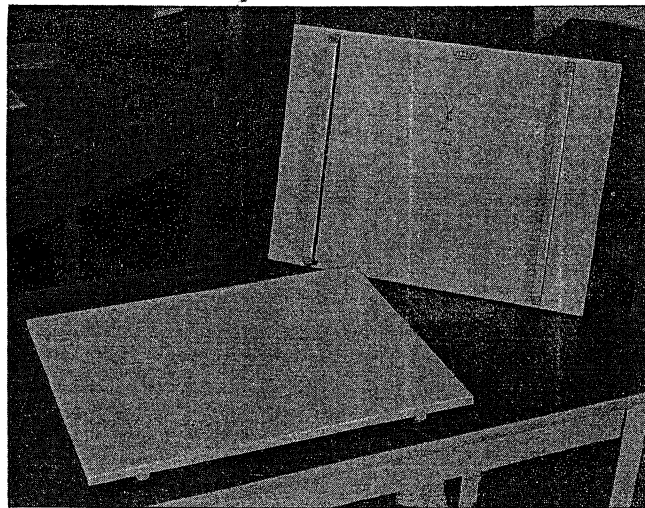


Bild 17.2/1:
Einfaches Reißbrett
(um 1930)

Bei großen Zeichenbrettern machte sich deren Gewicht beim Verstellen nachteilig bemerkbar. Eine gute Kompensation erreichte man durch Ausgleichsgewichte oder Ausgleichsfedern. Beim Arbeiten mit der Reißschiene nahm die Ungenauigkeit bei großformatigen Zeichnungen stark zu. Das Ende des freien Schenkels der Reißschiene folgte bei verstellbaren Zeichentischen der Schwerkraft. Diese großen verstellbaren Zeichentische waren z.T. schon mit Reißschiene ausgestattet, die über die gesamte Breite des Zeichenbretts gingen und parallel geführt waren. Diese Parallelführung erreichte man durch Seilzüge, Hebelmechanismen oder Zwangsführungen in den Querseiten des Zeichenbretts.



Bild 17.2/2:
Verstellbarer Zeichentisch
mit Parallel-Reißschiene
durch einen Seilmechanismus
(um 1940)

Die eingesetzten Arbeitsmittel in den Konstruktionsbüros prägten entscheidend die Arbeitssituation der Konstrukteure und Zeichner. Bei der Verwendung einfacher, horizontaler Zeichentische ergab sich eine offene, die Kommunikation fördernde Arbeitssituation. Bei umfangreichen Konstruktionen wurden Zeichentische in Gruppen zusammengestellt. Die beteiligten Konstrukteure arbeiteten alle in diesem Bereich. An großen Plänen wurden auch gemeinsam gearbeitet. Wichtig war eine sehr gute Ausleuchtung der Tische oder entsprechend starkes Kunstlicht. Die Problemlösungen wurden oft gemeinsam entwickelt bzw. die Entwürfe unmittelbar nach der Erstellung diskutiert. Entwurf und Detailkonstruktion bzw. Ausarbeitung lagen direkt nebeneinander.

Nachteilig war der sehr hohe Platzbedarf. Ein Teil der während der Arbeit verwendeten Pläne lag auf genutzten oder gerade nicht genutzten Zeichentischen. Es war schwer, den Überblick zu behalten. Die Konzentration litt durch das unruhige Umfeld.

Die folgenden Bilder zeigen die Arbeitssituation in einem traditionellen Konstruktionsbüro zum Ende des 19. Jahrhunderts.

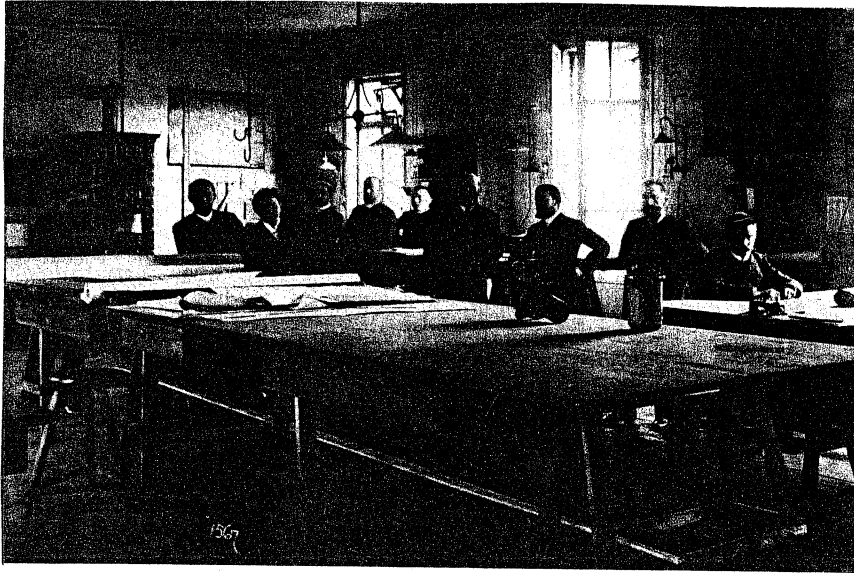


Bild 17.2/3: Konstrukteure an ihren Zeichentischen (um 1890)



Bild 17.2/4: Arbeitssituation in einem großen Konstruktionsbüro (um 1890)

Das Konstruieren an horizontalen oder leicht schräg gestellten Zeichentischen war bei längeren Arbeiten ermüdend. Zeichentische mit in der Höhe und Schräge verstellbaren, in etwa senkrechten Arbeitsflächen setzten sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch. Es waren noch keine Zeichenmaschinen mit über der gesamten Zeichenfläche benutzbaren, verstellbaren Linealsystemen. Sie besaßen nur eine einfache Parallelführung der Reißschiene. Der Einsatz von diesen Zeichentischen und später den Zeichenmaschinen änderte die Arbeitssituation entscheidend. Aus der die Kommunikation fördernden Situation mit horizontalen Zeichentischen entstanden kleine separierte Arbeitsplätze für einzelne Personen. Der Platzbedarf konnte allerdings stark verringert werden.

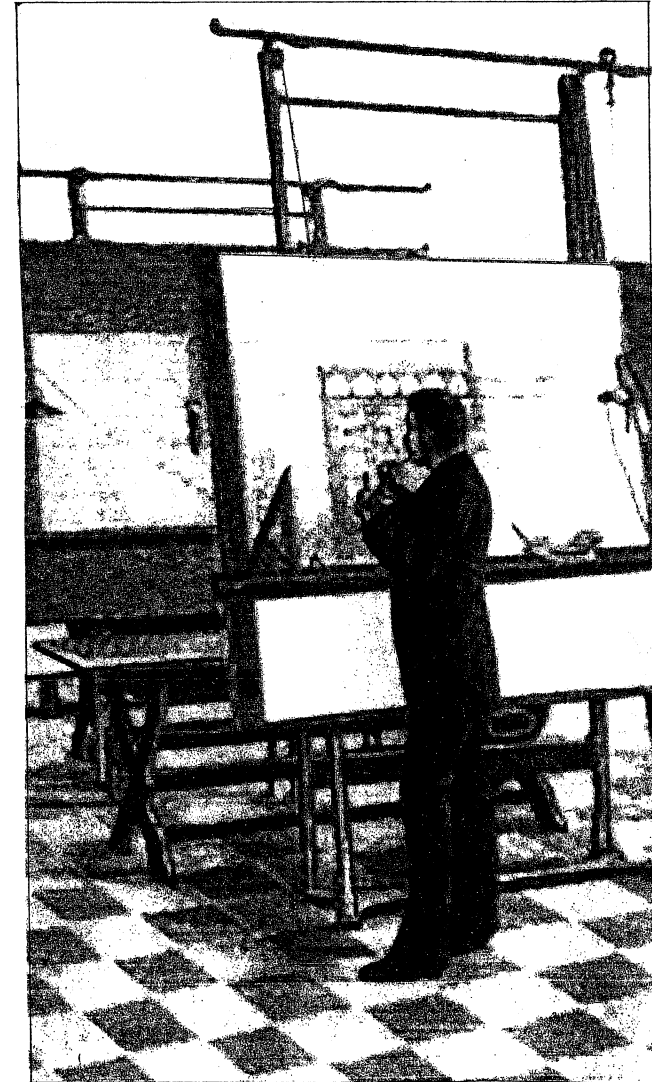


Bild 17.2/5:
Zeichentisch mit
einfacher
Parallel-Reißschiene
(um 1903)

17.3 Zeichenmaschinen

Aus den handgeführten Reißschieben der Zeichenbretter wurden zuerst selbsttätig parallel geführte Reißschieben, dann Mechanismen mit Parallelführungen in den beiden senkrecht zueinander stehenden Haupt-Zeichenrichtungen und schließlich die Zeichenmaschinen mit drehbarem Zeichenkopf entwickelt. Über Jahrhunderte reichten den konstruktiven Zeichnern und Ingenieuren die Reißschiene, das Lineal mit Maßstab, der Zeichenwinkel bzw. Winkelmesser und der Zirkel für ihre Arbeit aus. Im 19. Jahrhundert wurden die technischen Zeichnungen zunehmend komplizierter. Ein Grund für diese Entwicklung war der Transfer eines großen Teils des Wissens der Werkmeister in die neuen Organisationsstrukturen der größeren Maschinenbaubetriebe. Für die Entwicklungsarbeiten wurden spezialisierte Organisationseinheiten geschaffen. Es wurden Konstruktionsabteilungen eingerichtet, Berechnungsbüros, Abteilungen für die Arbeitsvorbereitung usw. In den Gewerbeschulen und den polytechnischen Einrichtungen wurden die Lehrinhalte auf diese neuen Aufgaben und Aufgabenteile ausgerichtet. Für das konstruktive Zeichnen hatte das entscheidende Auswirkungen. Das gesamte Werkstattwissen musste in die neuen Zeichnungen eingearbeitet werden, vollständig, eindeutig und allgemein verständlich. Die Zeichnungen wurden komplizierter, umfangreicher und deren Erstellung sehr zeitaufwendig. Auch die Arbeit des Entwerfens, Konstruierens und Zeichnens wurde zunehmend nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten organisiert. Die rationelle Ausführung der Zeichenarbeit war dabei ein wichtiger Aspekt. Zur rationellen Ausführung mussten geeignete Hilfsmittel entwickelt werden. Die Zeichenmaschine war dabei ein wichtiger Zwischenschritt.

Reißschieben, die über die gesamte Länge des Zeichenbretts reichten und selbsttätig parallel geführt waren, gab es schon im 17. Jahrhundert. Sie erleichterten die Zeichenarbeit deutlich. Der Schweizer Leonard Zubler hat sie in dem Buch „Novum Instrumentum Geometricum“ schon 1614 beschrieben. Die Reißschiene war aus Messing und wurde seitlich in genauen Nuten im Brett geführt. Ähnliche Übergangskonstruktionen sind im vorangegangenen Kapitel vorgestellt worden.

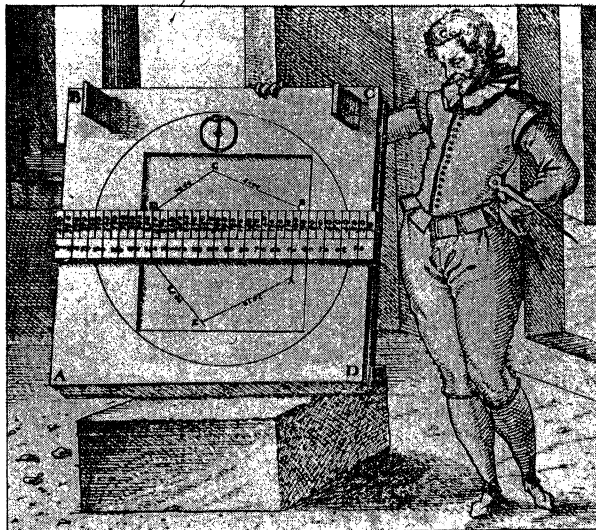


Bild 17.3/1:
Einfache Zeichenmaschine
mit Parallelführung
der Reißschiene
(Leonhard Zubler, 1614)

Es gab in der Folge eine ganze Reihe ähnlicher, einfacher Konstruktionen. Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden erste Zeichenmaschinen entwickelt, die über die gesamte Zeichenfläche nicht nur eine parallele Ausrichtung eines Lineals gestatteten, sondern auch senkrechte Linien zu zeichnen gestatteten. Diese Erfindungen setzten sich allerdings nicht durch. Die erste Zeichenmaschine, die eine gewisse Beachtung gefunden hat, war die des Ingenieurs Max Theodore Körner. Ihm wurde 1884 ein Patent für seine Erfindung erteilt. Basis war ein doppeltes Parallelogramm. Damit konnte jeder Punkt einer Zeichenfläche mit einem festen, rechtwinkligen Linearpaar erreicht werden. Sie war die Grundlage vieler weiterer Erfindungen. Es war sogar ein verstellbarer Gelenkknoten mit einem Winkelmaß vorgesehen, mit dem die Lage des Linearpaares geschwenkt werden konnte.

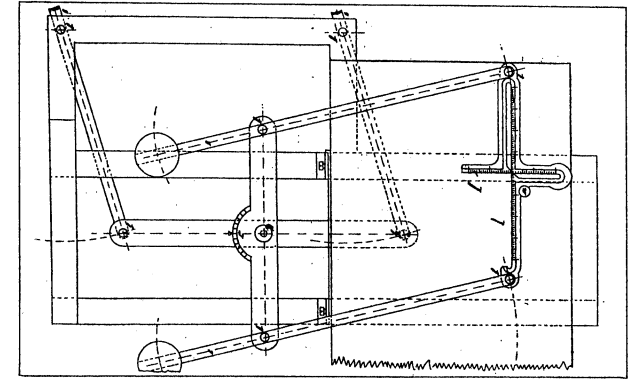


Bild 17.3/2:
Zeichenmaschine von
M. Th. Körner
(DRP 30547, von 1884)

In den folgenden Jahrzehnten gab es eine lebhafte Entwicklung auf dem Gebiet der Zeichenmaschinen. Auch die Idee einer Zeichenmaschine mit Laufwagen stammt aus der Anfangszeit der Zeichenmaschinenentwicklung. Gustav Müller und Leopold Busse aus Berlin erhielten 1888 ein Patent auf diese Erfindung. Sie war ihrer Zeit weit voraus.

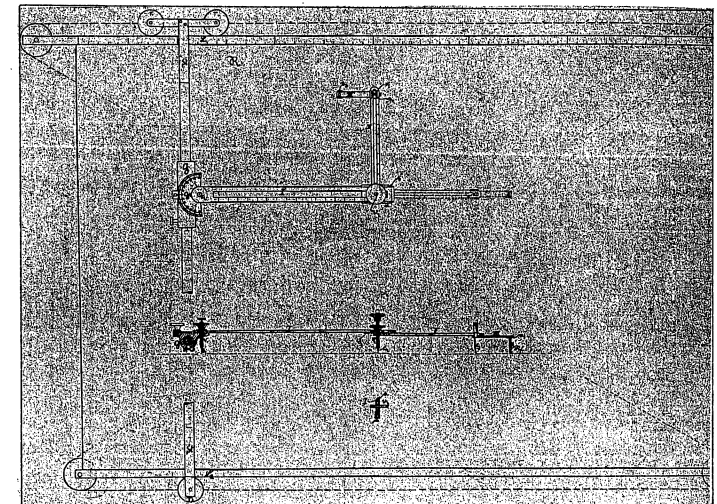


Bild 17.3/3: Zeichenmaschine mit Laufwagen von Müller und Busse, Deutschland, 1888

Eine kleine Auswahl an Zeichenmaschinen zeigen die nachfolgenden Bilder. Sie sind chronologisch geordnet. Nicht alle Ideen hatten in der Praxis Erfolg. Eine genauere Beschreibung erübrigt sich. Die Ideen sind unmittelbar aus den Zeichnungen ersichtlich.

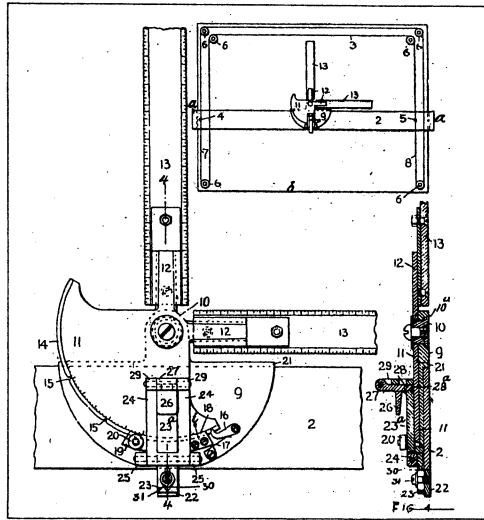


Bild 17.3/4:
Zeichenmaschine mit Parallelführung
der Schiene und Zeichenkopf
von E. D. Mackintosh, USA, 1904

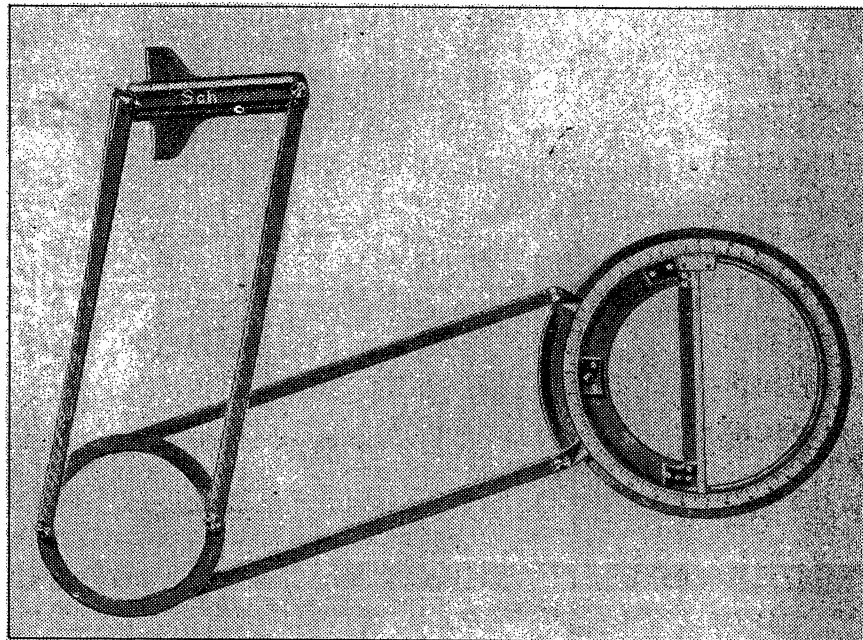


Bild 17.3/5: Zeichenmaschine von A. Fromme-Riebel mit Zeichenkopf, Österreich, 1919

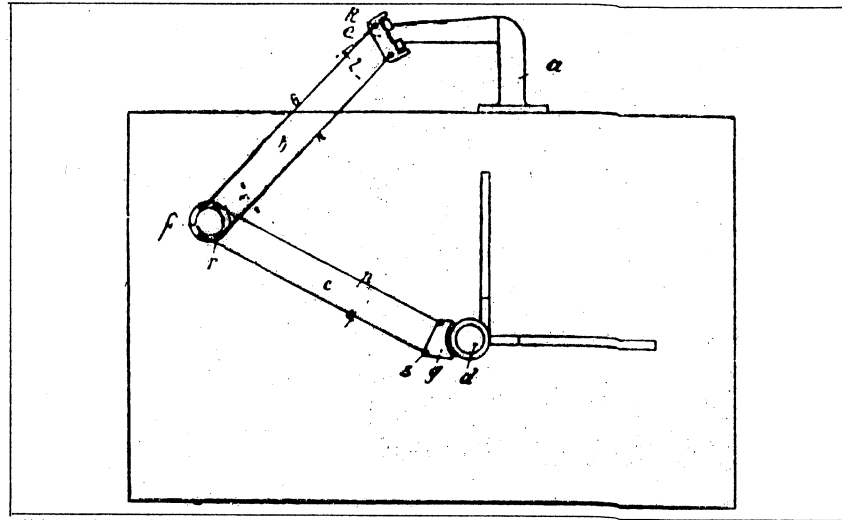


Bild 17.3/6: Zeichenmaschine der Firma F. Kuhlmann, Rüstringen, 1920

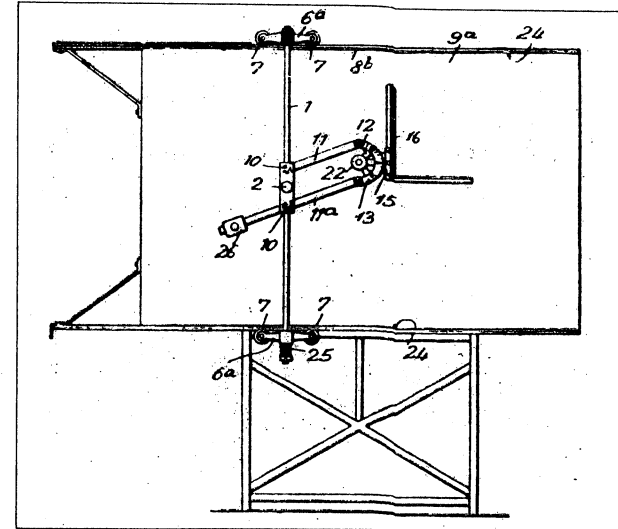


Bild 17.3/7:
Zeichenmaschine mit
Laufwagen
von K. Müller,
Deutschland, 1920

Eine ähnlich dynamische Entwicklung gab es auch bei den Zeichentischen und ihren Untergestellen. Die Maschinen wurden im Verlauf der Entwicklung immer schwerer. Ursprünglich nahm man den Gewichtsausgleich durch Gegengewichte vor. Diese Konstruktion erforderte viel Platz, da die Gegengewichte relativ weit hinter der Zeichenmaschine in den Raum ragten. Ein Ausgleich mit Federn und Mechanismen aus Federn und Hebeln gestattete nur einen unvollkommenen Ausgleich. Durch den Einsatz von Gasdruckfedern konnte das Problem gelöst werden. Neuere Zeichenmaschinen besitzen ein zusätzliches Gelenk zum Schwenken des gesamten Zeichenbretts. Damit kann die Zeichenmaschine der jeweiligen Arbeitssituation angepasst werden und ggf. dem natürlichen Lichteinfall folgen.

18. VERVIELFÄLTIGUNG KONSTRUKTIVER ZEICHNUNGEN

18.1 Historische Entwicklung

Eine Vervielfältigung von konstruktiven Zeichnungen war dann erforderlich, wenn diese zur gleichen Zeit, an unterschiedlichen Orten verwendet werden mussten. Die Notwendigkeit zum kopieren „konstruktive Zeichnungen“ trat im Altertum nur selten auf. Man arbeitete nach den Vorstellungen und Plänen, die die Ingenieure und Kunstmeister „im Kopf“ hatten. Wenn Darstellungen vervielfältigt werden mussten, kopierte man sie durch Abzeichnen und Abschreiben. Das galt auch für konstruktive Zeichnungen technischer Gerätschaften. Falls überhaupt eine Skizze angefertigt wurde, benötigte man nur in der Regel eine „Zeichnung“. Die Arbeiten zur Herstellung eines technischen Objekts fanden im Allgemeinen an einem Ort statt. Details der Arbeit wurden besprochen. Die Ausführung erledigten versierte Handwerker. Diese Ausgangssituation änderte sich bei Arbeiten an technischen Großprojekten. Typische Beispiele waren die Ausführung von großen Maschinen für die Bewässerung, Hebemaschinen für große Bauvorhaben oder Belagerungsmaschinen. Die Römer benötigten militärische Maschinen in großer Zahl. Sie wurden an unterschiedlichen Orten in ähnlicher Ausführung quasi serienmäßig gebaut. An der Ausführung waren verschiedene Gewerke beteiligt. Ohne eine detaillierte, gut abgestimmte Planung und eine genaue „konstruktive“ Darstellungen waren die notwendigen Arbeiten nicht durchzuführen. Für den Gebrauch an den verschiedenen Orten mussten die Planungen exakt kopiert werden.

Ähnliche Probleme traten im Mittelalter bei großen technischen Anlagen und vor allem bei den Bauhöfen auf. Der Bau von Klöstern und Kirchen erforderte Vorarbeiten an unterschiedlichen Orten. Des Weiteren kam noch ein zeitliches Problem hinzu. Der Bau einer Kathedrale konnte Jahrhunderte dauern. Sowohl das Original als auch die handgefertigten Kopien der Baupläne mussten die Zeit lesbar überdauern. Kopien auf Papieren kamen dabei schon an ihre Grenzen. Üblich waren bei wesentlichen Dokumenten und Plänen das Kopieren von Hand auf Pergament.

Eine weitere Veränderung trat ab dem 16. Jahrhundert mit dem allmählichen Aufkommen von Manufakturen auf. Diese vorindustriellen Produktionsstätten arbeiteten rationell arbeitsteilig, aber in den einzelnen Produktionsschritten noch überwiegend handwerklich, und zwar in den unterschiedlichsten Gewerben. Das erforderte über viele Arbeitsstellen (und ggf. an mehreren Orten) abgeglichene Ausführungsvorgaben, u.a. auch Zeichnungen. Exemplarisch für diese Phase sind die großen Kutschenmanufakturen mit ihren Tischlern, Wagnern, Schmieden, Posamentierern, Sattlern, Malern u.a.m. Die Arbeitsvorgaben wurden von Hand mit einfachen Hilfsmitteln kopiert. In diese Phase fällt auch die Entwicklung der ersten vorindustrialisierten Zuliefersysteme. Im 17. Jahrhundert entstand ein weit verzweigtes Gewerbesystem für fast alle Beschläge, Anbauteile und Basisbaugruppen von Kutschen. Später konnten ganze Baugruppen, beispielsweise Achsen mit Drehschemeln und Radlagerungen, von spezialisierten Werkstätten zugekauft werden. Die konstruktiven Informationen zu den Teilen wurden als Einzelblätter von Hand vervielfältigt, einiges sogar gedruckt.

Durch die Industrialisierung Ende des 18. Jahrhunderts veränderten sich nochmals die Anforderungen an die Vervielfältigung technischer Unterlagen. Die arbeitsteilige Organisation und der Einsatz von Maschinen in den einzelnen Produktionsschritten verlangten nach einer großen Zahl fehlerfreier Vervielfältigungen von Zeichnungen und Arbeitsplänen. Durch den Übergang des Wissens von den Werkmeistern und versierten Handwerkern auf einige außerhalb der Werkstätten angesiedelte, zentrale „Büros“ und ihren „Spezialisten“ veränderten sich auch die Inhalte der Zeichnungen und deren begleitende Informationen. Die Unterlagen wurden komplexer. Jeder Fehler bei der Vervielfältigung konnte fatale Folgen haben. Nicht nur die Menge der Vervielfältigungen stieg rasant, auch deren Qualität musste sichergestellt werden.

Die historischen Verfahren zur Vervielfältigung spiegeln diese lange Entwicklungsgeschichte wider. Man kann sie in folgende Gruppen gliedern:

- Vervielfältigen mit manuelle Verfahren durch Kopieren von Hand,
- Vervielfältigen durch mechanische Verfahren,
- Vervielfältigen durch optische Verfahren,
- Vervielfältigen durch direkte Einwirkung von Licht,
- Vervielfältigen durch fotografische Verfahren,
- Vervielfältigen durch Umdruckverfahren.
- Vervielfältigung durch graphische Verfahren.

Die manuellen Verfahren spielten im Betrachtungszeitraum keine Rolle mehr und werden nicht weiter betrachtet.

Die zuletzt genannten graphischen Verfahren bilden den Übergang zu den graphischen Künsten und den Verfahren des Bilddruckes. Sie sind z.T. handwerklich aufwendig, erfordern besondere Erfahrungen und spezielle Einrichtungen. Für die Vervielfältigung von konstruktiven Zeichnungen für den Gebrauch in den betrieblichen Werkstätten hatten sie keine Bedeutung. Wichtig waren sie für den Buch- und Zeitschriftendruck und die Wiedergabe von Zeichnungen in diesen Medien.

18.2 Mechanische Verfahren der Vervielfältigung

Diese Verfahren waren nur zur Anfertigung einzelner oder sehr weniger Kopien geeignet. Es wurden einfache mechanische Hilfsmittel verwendet. Die mechanischen Verfahren waren schon im Altertum bekannt. Im Mittelalter wurden sie in den Bauhütten zum Kopieren von baulichen Einzelheiten eingesetzt. In den verschiedenen Steinmetzwerkstätten dienten sie als Arbeitsgrundlage. Bei der Anfertigung größerer und komplizierterer Maschinen wurden einzelne Bauelemente durch Kopieren aus dem Gesamtplan herausgearbeitet. Auch in den Arbeiten von Leonardo da Vinci u.a. findet man einige Skizzen von Hilfsmitteln zur mechanischen Kopieren von Zeichnungen. Hergestellt wurden die Hilfsmittel von Zirkelschmieden oder Instrumentenbauern. Einige wurden schon im Kapitel 15 beschrieben. Es können zwei Verfahrensgruppen unterschieden werden:

- Verfahren zum maßstäblichen Kopieren,
- Verfahren zur Herstellung verkleinerter bzw. vergrößerter Kopien.

Man muss von dem allgemeinen Fall ausgehen, dass die Originalzeichnung nicht nur auf Papier oder Pergament vorlag, sondern auf beliebiger Grundlage (Holz, Stein, Ton, Wachs u.a.m.). Es war unüblich, eine Originalzeichnung durch „Ausmessen“ und „Nocheinmalzeichnen“ zu kopieren. Zwar hatte jeder Kunstmeister sein eigenes Maßsystem, ein Ausmessen mit einem Lineal mit zugelassener Maßkala wäre möglich gewesen, aber diese aufwendige Arbeit wurde gescheut. Üblich war eine direkte Abnahme der Maße des Originals durch „Abstechen“ mit dem Stechzirkel. Die einzelnen Punkte des „Abstechens“ wurden dann mit dem Lineal verbunden. Mit etwas Übung konnte die Arbeit sehr genau ausgeführt werden.

Stechzirkel gab es in den unterschiedlichsten Größen und Ausführungen. Für hochpräzise Arbeiten besaßen sie eine Feineinstellung der Schenkel. Sollte das abgestochene Maß unverändert bleiben, verwendete man Bogenzirkel mit Klemmung. Bei der Herstellung technischer Objekte war es auch üblich, abgegriffene Maße aus der konstruktiven Zeichnung direkt auf das, bzw. wenn mehrere Stücke angefertigt werden sollten, auf die Teile zu übertragen. Das Vervielfältigen erfolgte dann ohne besondere Kopien auf Papier oder andere Zeichengründe.

Wenn das Original als Pergament oder in Papierform vorlag, konnte auch mit der Pikiernadel „abgestochen“ werden. Die Kopie wurde, je nach verwendetem Kopiergrund, über oder unter das Original gelegt.

Originale auf dünnem Papier konnten auch unmittelbar mit dem Punktierrad kopiert werden. Das Verfahren war schon um 1400 bekannt und wurde noch im 19. Jahrhundert vereinzelt angewandt. Das Kopierpapier wurde dabei unter die Originalzeichnung gelegt. Die feinen Spitzen des Punktierrädchens wurden über die Linien des Originals geführt und auf die Kopie als feine Lochreihe durchgedrückt. Zum genauen Kopieren von Kreisen gab es Zirkelinsätze mit Punktierrädchen. Die Punktlinien wurden danach ausgezeichnet. Es gab noch eine Reihe anderer Verfahren zur mechanischen Vervielfältigung.

Zur Anfertigung verkleinerter bzw. vergrößerter Kopien setzte man sehr häufig Proportionalzirkel ein (siehe Kapitel 15). Es gab sie für feste Maßstäbe, beispielsweise als Halbierungszirkel, Viertelzirkel, mit und ohne auswechselbare Einsätze oder als Proportionalzirkel mit Verstellmechanik für unterschiedliche Maßstäbe. Diese Zirkel hatten vier Spitzen und zwei Nutzungsseiten, eine für das Abgreifen der Maße des Originals, die andere Seite für die Maße der Kopie. Mit dem Proportionalzirkel konnte relativ schnell kopiert werden.

Zur Anfertigung von Kopien in verkleinertem bzw. vergrößertem Maßstab gab es noch eine Reihe weiterer Hilfsmittel. Bekannt bis heute sind beispielsweise die unterschiedlichen Pantographen (siehe Kapitel 15). Mit einer Spitze wurden von Hand die Linien einer

Zeichnung abgefahren. Der Mechanismus übertrug die Geometrie mit Hilfe eines Zeichenstiftes auf ein daneben liegendes Blatt. Die Vergrößerungen bzw. Verkleinerungen waren einstellbar. Es gab diese mechanischen Hilfen in sehr präziser Ausführung. Hochgenaue Geräte besaßen keine Tastspitzen, sondern Diopter. Sie vergrößerten den abgefahrenen Linienschnitt und gestatteten mit Hilfe eines eingearbeiteten Fadenkreuzes eine exakte Führung (eingeführt von John Saint-Clare, um 1675).

Im Verlauf des 19. Jahrhunderts kam es zu einer Flut von Erfindungen zur Vervielfältigung von Zeichnungen mit mechanischen Mitteln. Bei den meisten wurde nur der Aufwand zur Anfertigung einer Kopie reduziert und ggf. noch die Genauigkeit verbessert. Der manuelle Aufwand war immer noch recht groß.

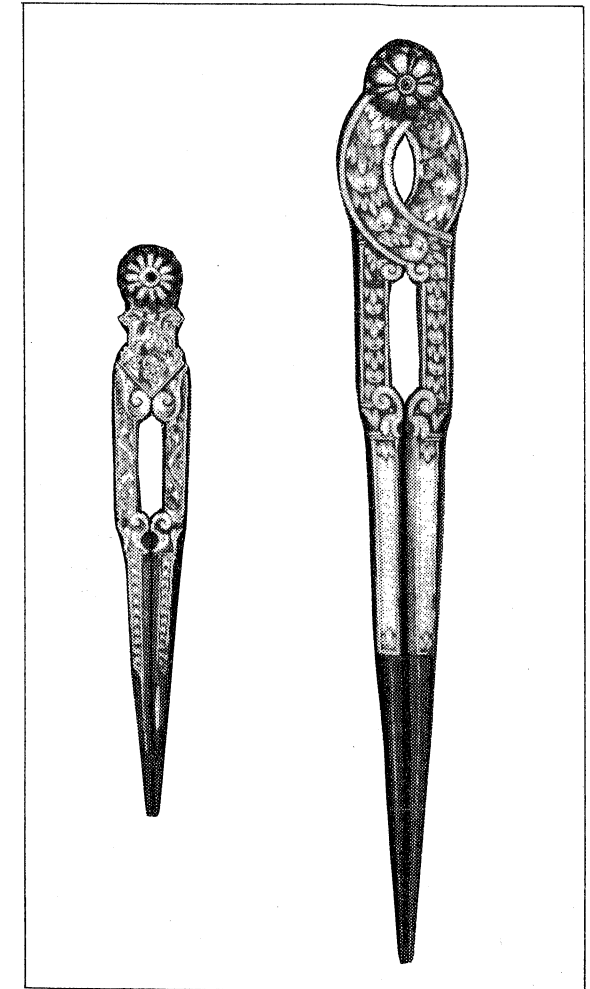


Bild 18.2/1:
Aufwendig gearbeiteter
großer und kleiner
Stechzirkel,
Silber mit stählernen
Spitzen,
Intarsien in Gold
(um 1620)

18.3 Optische Verfahren der Vervielfältigung

Unter optischen Vervielfältigungs- oder Kopierv Verfahren versteht man alle, die mit Hilfe von Licht und optischen Elementen (Linsen, Prismen, Spiegeln u.a.m.) ein Bild der zu kopierenden Zeichnung auf eine Fläche projizieren können. Das projizierte Bild wurde von Hand nachgezeichnet. Charakteristisch war, dass die zu kopierende Zeichnung und deren Kopie nicht zusammenlagen, z.B. untereinander oder übereinander, und dass die Zeichnung nicht lichtdurchlässig sein musste. Der Wiedergabemaßstab konnte verändert werden. Die optischen Verfahren spielten bei der Vervielfältigung konstruktiver Zeichnungen im 18. Jahrhundert eine gewisse Rolle. Einzelne Verfahren waren noch Mitte des 19. Jahrhunderts in Gebrauch.

Eine einfache Variante dieser Verfahren war die „camera obscura“ (dunkle Camera). Sie ist um 1000 n. Chr. bekannt geworden. In einem größeren, geschlossenen Kasten mit einem kleinen Loch in einer Seitenwand wurde das Bild eines Gegenstandes vor der „camera obscura“ auf einer der Öffnung gegenüberliegenden Wand spiegelverkehrt abgebildet. Diesen Effekt konnte man sich auch bei der Vervielfältigung von Zeichnungen zu Nutze machen. Eine Sammellinse anstelle des kleinen Lochs, um 1570 in Venedig eingeführt, verbesserte die Qualität der Wiedergabe. Nachgezeichnet wurde zuerst auf einer Glastafel als Rückwand, die mit einer beschreibbaren Schicht versehen war. Später, um 1810, wurden Einrichtungen entwickelt, bei denen das projizierte Bild gleich auf Papier gezeichnet werden konnte.

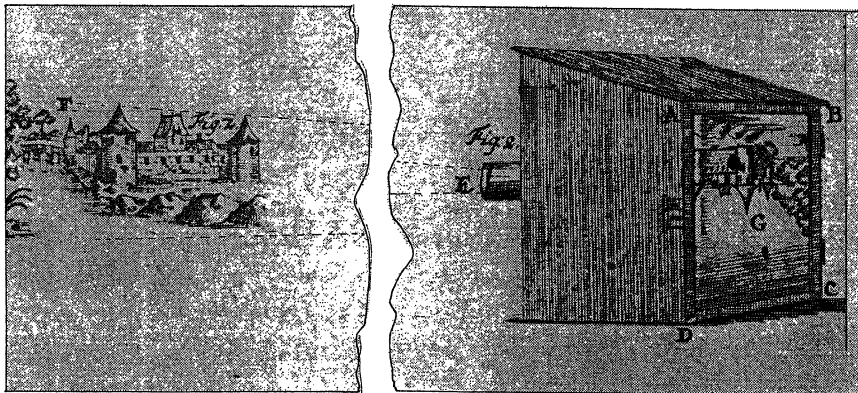


Bild 18.3/1: Einfaches Gerät zum Kopieren (um 1710)

Eine andere Variante der optischen Vervielfältigungsverfahren waren die sogenannten „Kopierapparate“, die mit Spiegeln und Prismen arbeiteten. Es gab sehr viele unterschiedliche Geräte in diesem Segment. Das Beispiel zeigt einen Apparat von Antonio Cellio aus dem Jahr 1686. Das Sonnenlicht wurde über den beweglichen Spiegel F zum kopierenden Bild B geleitet, das an einem höhenverstellbaren Brett befestigt war. Über das einstellbare Objektiv D wurde das Bild zur Zeichenfläche L geworfen und nachgezeichnet. Der Innenraum des Kastens konnte mit einem Tuch verdunkelt werden. Das Tuch hatte eine Öffnung für den Kopf des Zeichners. Bei den Geräten, die mit Prismen arbeiteten, wurde die mehrfache Reflexion an den Prismenflächen ausgenutzt. Ihr Vorteil war, dass mit ihnen „im Hellen“ gearbeitet werden konnte, also keine Verdunklung der Zeichenfläche nötig war. Der Sammelbegriff für Verfahren und Geräte, die ohne Verdunklung des Arbeitsbereichs verwendet werden konnten, war „camera lucida“ (helle Camera).

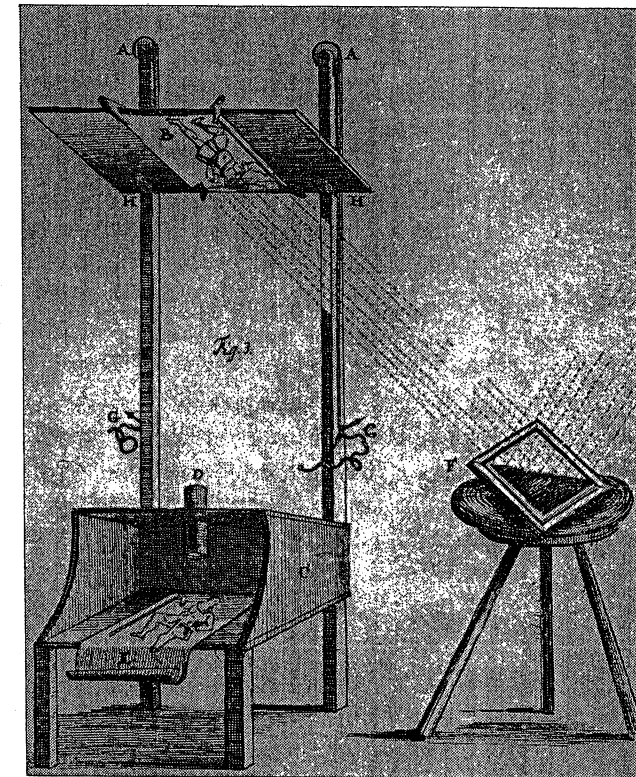


Bild 18.3/2:
Kopierapparat von
Antonio Cellio
(um 1686)

Alle diese optischen Verfahren hatten den prinzipbedingten Nachteil, dass zwar die Arbeit des Kopisten erleichtert war, aber das manuelle Abzeichnen blieb.

18.4 Direkte Verfahren der Vervielfältigung mittels Licht

Bei den direkten Verfahren wurde durch die Wirkung von Auf- oder Unterlicht und den direkten Kontakt von Original und Kopie die Zeichnung übertragen. Charakteristisch war im Allgemeinen die Verwendung besonderer lichtempfindlicher Papiere als Kopierpapiere und der Einsatz lichtdurchlässiger Zeichenpapiere. Eine Kamera oder spezielle Objektive sind nicht erforderlich. Die Zeichnung wird auf Pausleinen oder anderen lichtdurchlässigen Materialien gezeichnet. Üblich waren Transparentpapiere. Die Kopien bzw. Vervielfältigungen wurden umgangssprachlich als Lichtpausen bezeichnet.

Es gab eine Vielzahl unterschiedlicher Lichtpausverfahren, je nach Art der lichtempfindlichen Schicht des Pauspapiers, der Lichtquelle und des Entwicklungs- und Fixierprozesses. Es gab trockene und nasse Verfahren. Die ersten direkten Kopien mit Licht stellte der deutsche Arzt J. H. Schulze 1727 her. Er hatte festgestellt, dass sich bestimmte Gemische aus Silbernitrat und Kreide unter Einwirkung von Licht schwärzten. Er legte Schablonen auf diese Schicht und erhielt Umrissbilder der Formen. Leider gab es keine Möglichkeit diese Bilder langfristig haltbar zu machen. In den folgenden Jahrzehnten unternahmen viele Forscher Versuche mit Silbernitrat und anderen lichtempfindlichen Substanzen. Erfolgreich waren diese Arbeiten noch nicht. Erst 1839 gelang es, Zeichnungen mit Hilfe von empfindlichen Chlorsilberpapier und anschließender Behandlung mit schwefelsaurem Natron dauerhaft haltbar zu kopieren. Diese und ähnliche Verfahren erzeugten weiße Linien auf schwarzem Grund. Wenn, wie gewohnt, schwarze Linien gewünscht wurden, musste umkopiert werden.

Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts gab es eine sehr dynamische Entwicklung weiterer direkter Verfahren zum Kopieren oder Vervielfältigen von Zeichnungen. Pauspapiere auf Silberemulsionsbasis waren teuer. In den 1880er Jahren kam das preiswertere Bromsilbergelatinepapier in Gebrauch.

Ende des 19. Jahrhunderts wurde das nochmal preiswertere „Blaupauspapier“ eingeführt. Das lichtempfindliche Papier wurde üblicherweise dunkel in Blechbüchsen aufbewahrt. Zum Pausen wurden sogenannte „Lichtpauskästen“ verwendet. Sie arbeiteten zu Anfang mit der Einwirkung von Sonnenlicht, später wurden ausschließlich mit Kunstlicht gearbeitet.

Negatives Blaupausverfahren (Zyanotypie)

Dabei handelte es sich um ein nasses Negativverfahren. Grundlage der lichtempfindlichen Schicht waren Eisenoxysalze. Um 1840 hatte man festgestellt, dass diese Salze unter Einwirkung von Licht und mit Hilfe organischer Säuren zu Eisenoxydulsalzen reagierten. Die Kopie nach diesem Verfahren zeigte weiße Linien auf blauem Grund. Daher der Name „Blaupause“. Das fertig behandelte Pauspapier wurde von speziellen Herstellern in Rollen oder als fertig geschnittene Formate bezogen. Das transparente Original wurde mit der getuschten Seite auf die Glasfläche des „Lichtpauskastens“ gelegt. Auf die Rückseite des Originals wurde die lichtempfindliche, meist gelblich-grüne Schicht des Pauspapiers gelegt. Diese Anordnung wurde einem Filztuch oder dickem Stoff straff auf die Glasfläche gedrückt und gespannt. Als Lichtquelle diente eine Bogenlampe bzw. eine Quecksilberdampflampe. Die Belichtungsdauer war eine Sache der Erfahrung und wurde in Versuchen ermittelt. Sie dauerte, je nach Vorlage, bis zu 5 Minuten. Eine zu kurze Exposition ergab eine schwache weißlich-hellblaue Pause, eine zu lange eine schwarz-blaue mit verschwindenden Linien. Die Pause war in diesem Fall „verbrannt“. Nach dem Belichten musste die Pause in Wasser entwickelt werden. Das Bild entwickelte sich innerhalb von ca. 2 Minuten. Danach wurde noch einmal kurz in Wasser gespült und die Pause getrocknet. Zeichnungen mit dünnen Linien (kleiner als 0,5 mm) oder Zeichnungen, deren Linien mit „wässriger“ Tusche gezeichnet worden waren, eigneten sich nicht zum „Blaupausen“. Bleistiftzeichnungen waren auch nur sehr bedingt zum Pausen nach diesem Verfahren geeignet. Die Striche wurden nicht weiß sondern nur matt-blau. Gute Blaupausen eigneten sich auch für die Archivierung. Sie

behielten ihre Zeichnung bis zu 50 Jahre. Das Verfahren wurde ab ca. 1870 in Deutschland angewendet.

Positives Blaupausverfahren

Es handelt sich hierbei um ein nasses Positivverfahren. Die Kopie hat dunklere Linien auf weißem Grund. Der Begriff Blaupausverfahren ist etwas irreführend. In einigen Quellen wird es auch als positives Weißpausverfahren bezeichnet. Die ersten Verfahrensvarianten tauchten Mitte des 19. Jahrhunderts auf. Ein mit Eisenoxyd-Ammoniak präpariertes Papier wurde unter eine transparente Originalzeichnung gelegt und belichtet und mit Salzlösungen entwickelt. Die Belichtungszeiten waren hoch. Bis zu 10 Minuten waren bei guten Lichtquellen notwendig. Das Pauspapier wurde später zusätzlich mit einer Gummilösung bestrichen. Dieses Gummi-Eisenverfahren (Eisenblauverfahren) wurde Anfang der 1880er Jahre angewendet. Entwickelt wurde mit Blutlaugensalz. Auch die Entwicklungszeiten waren lang (bis zu 10 Minuten). Das Salz musste in einem handwarmen Bad aus reinem Wasser sorgfältig ausgewaschen werden. Bei Restsäure im Papier brach es nach dem Trocknen leicht. Die Pause hatte blaue Linien auf weißem Grund und war sehr gut lesbar.

Sepiakopieverfahren (Blitzlichtpausen)

Dieses Verfahren war ursprünglich ein nasses Negativverfahren ähnlich dem des Blaupausens. Die Pauspapiere (Sepiapapier, Kallitypppapier) wurden zusätzlich mit Silbersalzen und später mit gelatinehaltiger Lösung von Ammoniumverbindungen, Silbernitrat und Weinsäure behandelt. Die Belichtungszeiten dauerten nur 4 Minuten, die Entwicklung 2 Minuten. Nach dem Fixieren mit schwefelsaurem Natron musste es eine halbe Stunde gewässert und langsam getrocknet werden. Machte man von der Sepiapause nochmal eine Pause nach gleichem Verfahren, so bildeten sich braune Linien auf weißem oder leicht bräunlichem Grund ab, also positiv. Dieses Verfahren, leicht vereinfacht, wurde noch in den 1930er Jahren verwendet.

Ozalidverfahren

Die nassen Verfahren zur Herstellung von Zeichnungskopien waren langwierig und durch die unterschiedlichen Bäder sehr umständlich. Es hat im 19. Jahrhundert nicht an Bemühungen gefehlt Verfahren ohne Bäder zu entwickeln. Erfolgreich war das trockene Ozalidverfahren. Ein großer Vorteil war bei diesem Verfahren weiterhin, dass es direkt positive Bilder lieferte. Das entsprechende Papier wurde von Gustav Kögel um 1920 entwickelt. Die lichtempfindliche Schicht bestand aus Diazoverbindungen (der Name „Ozalid“ wurde durch die umgekehrte Schreibweise von „Diazo“ mit Einfügung des Buchstabens „l“ von der Farbenfabrik Kalle & Co. eingeführt, die das Pauspapier fabrikmäßig ab 1923 herstellte). Das Pauspapier wurde unter das transparente Original gelegt und in einem Pausgerät (Pauskasten) belichtet. Zur Entwicklung dienten Ammoniakdämpfe (Salmiakgeist). Im einfachsten Fall verwendete man eine geschlossene Kiste mit Deckel zum Einführen des Pauspapiers, die unten eine Schale mit flüssigem Salmiakgeist hatte. Die gesamten Prozesszeiten dauerten nur einige Minuten. Die positive Pause hatte braune, blaue oder fast schwarze Linien auf weißem Grund. Durch den einfachen Verfahrensablauf war das Verfahren leicht zu mechanisieren. Die ersten Lichtpausmaschinen wurden in den 1940er Jahren entwickelt. Sie erleichterten das Vervielfältigen von Zeichnungen erheblich. Es gab später Großmaschinen, die bis zu 1000 DIN A0-Pausen je Stunde herstellen konnten.

Bei der Fixierung der Pausen mit Ammoniakdämpfen waren Geruchsbelästigungen nicht zu vermeiden. Man entwickelt auch selbsttätig ablaufende Verfahren die nass arbeiteten. Beim Fixieren wurde das Pauspapier nur sehr leicht gleichmäßig durch spezielle Walzen befeuchtet. Eine nachfolgende Trocknung war nicht erforderlich. Bei diesen Verfahren gab es keine Geruchsbelästigungen.

18.5 Fotografische Verfahren der Vervielfältigung

Bei den fotografischen Verfahren unterschieden können zwei Verfahrensgruppen unterschieden werden, zum einen die direkten Verfahren und zum anderen die indirekten.

Bei den direkten Verfahren wurde die transparente Originalzeichnung, ähnlich wie bei einigen Pausverfahren, direkt durchleuchtet. Das fotoempfindliche Kopierpapier kam direkt mit der Zeichnung in Kontakt. Objektive, Linsen oder Spiegel waren nicht notwendig. Bei lichtundurchlässigen Vorlagen kam das Reflex-Verfahren zum Einsatz. Die Schichtseite des fotoempfindlichen Materials wurde dabei auf Originalzeichnung gelegt. Das fotoempfindliche Material wurde beim Kopieren zuerst vom Licht durchdrungen und traf dann erst die Originalzeichnung. Es wurde die unterschiedliche Reflexionsfähigkeit von hellem Grund der Originalzeichnung und den dunklen Strichen der Zeichnung zur Anfertigung einer Kopie ausgenutzt. Es konnte sowohl auf speziellem Papier als auch auf speziellem „Film“ kopiert werden. Nach dem Belichten musste die Kopie entwickelt werden. Man erhielt ein negatives Bild der Vorlage. Durch nochmaliges Kopieren konnte ein positives Bild erzeugt werden. Das Verfahren war aufwendig und teuer. Die Verbreitung dieser fotografischen Verfahren in der industriellen Praxis beschränkte sich auf Sonderfälle, z.B. bei hochwertigen Kopien für Demonstrations- oder Werbezwecke.

Der Einsatz fotografischer Verfahren mit Objektiven und Kameras zum Kopieren von Zeichnungen beschränkte sich auf die Anfertigung von Vorlagen für Druckzwecke, auf die Anfertigung von Diapositiven für Präsentationen, Lehrveranstaltungen u.ä.

18.6 Umdruckverfahren für die Vervielfältigung

Bei diesem Verfahren wurde die Vorlage auf ein besonderes „Papier“ oder einen speziellen Träger gezeichnet. Das „Papier“ gab beim Kopieren oder Vervielfältigen die gezeichneten Linien auf das Kopierpapier ab. D. Gestetner, ein Mitarbeiter der Wiener Börse, hatte das Verfahren 1876 entwickelt. Als Träger wurde am Anfang eine Wachsmatrize verwendet. Die Zeichnung wurde in die Wachsschicht eingeritzt bzw. mit einem Punktierädchen eingestochen. Durch die eingeritzten Öffnungen wurde die Farbe durch den Druck einer Handwalze, später einer Maschinenwalze, auf das Kopierpapier übertragen. In den folgenden Jahren gab es eine Vielzahl an Verbesserungen bei diesem Verfahren. Es wurden Vervielfältiger mit Handkurbelantrieb und später mit elektrischem Antrieb und auch vollautomatische Vervielfältiger entwickelt, die Wachsmatrizen wurden durch solche mit Kunststoffbeschichtungen ersetzt, die Übertragung der Informationen durch Beschriften auf einer Schreibmaschine oder fotochemischem Wege kam hinzu, u.a.m. Das Verfahren eignete sich für eine größere Zahl an Vervielfältigungen (mehr als 100). Die Formate waren begrenzt und gingen selten über DIN A3 hinaus. Beim Kopieren von technischen Zeichnungen in geringer Zahl kam es kaum zum Einsatz. Der Aufwand zur Herstellung der Wachsschablonen und deren Reinigung nach dem Gebrauch war zu hoch. Die Wachsmatrizen waren empfindlich und in den Ablagesystemen technischer Zeichnungen ein Fremdkörper. Wesentlicher war allerdings, dass die üblichen Lichtpausverfahren einfacher und preiswerter waren.

Bemerkung.

Ein ähnliches Verfahren mit speziell beschichtetem Papier fand für kleinformatische Zeichnungen in der Praxis eine gewisse Verbreitung, das Wachsmatrizenverfahren (ORMIG-Verfahren u.a.). Das spezielle Farbpapier besaß auf der Vorderseite eine Kreidebeschichtung, auf der Rückseite eine versiegelte Farbschicht. Wenn z.B. mit einem Bleistift eine Zeichnung auf dem Papier angefertigt wurde, so entstand auf der Rückseite in Linear-Druck. Das Verfahren wurde von W. Ritzerfeld 1925 entwickelt. Die Formate waren begrenzt, selten mehr als DIN A3. Das Original wurde in einem Umdruck-Vervielfältiger eingespannt und durch Drehen einer Walze wurde die Zeichnung auf das selbsttätig zugeführte Kopierpapier übertragen. Umdruck-Vervielfältiger gab es mit Handantrieb oder mit elektrischem Antrieb. Von einer Vorlage konnten einige Hundert Kopien abgenommen werden. Bei der Vervielfältigung technischer Zeichnungen hatte es nur eine geringe Bedeutung.

19. KONSTRUKTIVE ZEICHNUNGEN IM BETRIEB UND IN DEN WERKSTÄTTEN

19.1 Bemerkung

Der Einfluss von Zeichnungen in den Betrieben auf die Organisation, die Abläufe und selbst auf elementare Tätigkeiten ist vielfältig und umfassend. In den letzten einhundert Jahren sind diese administrativen Fragen insbesondere bei größeren Betrieben dominierend geworden. Sie reichen von der organisierten Ausgabe gültiger und aktueller Zeichnungen, über die Änderungsorganisation, den praktischen Gebrauch am Arbeitsplatz bis zur Vernichtung der ungültigen Zeichnungen. Bei der Fertigung großer Serien oder sicherheitsrelevanter Teile sind heute juristische Fragen entscheidend. Sie sind Voraussetzung für die Zulassung eines Betriebes für die Produktion. Es gibt Branchen, bei denen die teilebezogene Rückverfolgbarkeit bis auf einzelne Arbeitsschritte sichergestellt werden muss. Das sind wesentliche Elemente der Produkthaftung und Eingrenzungen bei Rückrufen.

Konkret bedeuten diese Anforderungen, dass der Status von jedem Dokument in der Produktion jederzeit erkennbar und überprüfbar sein muss. Die rein konstruktiven Darstellungen in den Zeichnungen wurden im Verlauf der Entwicklung zunehmend durch weitere Informationen ergänzt. Aktuelle Zeichnungen bestehen heute nur zu einem kleinen Teil aus zeichnerischen Darstellungen. Es überwiegen eine Vielzahl an Normen, gesetzlichen Vorschriften, Prüf- und Abnahmekriterien, Qualitätsvorschriften, Organisationsangaben u.a.m. Im Kapitel 16 wurde auf diese Problematik hingewiesen. Eine weitergehende Erläuterung würde den Umfang des Buches sprengen. In diesem Kapitel steht nur der konstruktive Aspekt im Mittelpunkt. Das sind im einfachsten Fall die Folgen zeichnerischer Festlegungen für die Fertigung und Montage. Sie werden oft nicht bedacht. Sie reichen bis in die elementarsten Arbeitsoperationen am Arbeitsplatz. Es bietet sich an nach handwerklich orientierter Fertigung und industrieller Produktion zu unterscheiden.

19.2 Handwerk und Manufaktur

In der handwerklichen Fertigung werden fast alle Arbeitsoperationen durch die Arbeitsperson ausgeführt. Je nach Entwicklungsstand mit mehr oder weniger umfangreichen Hilfsmitteln. Die Energie wurde in der Vergangenheit von der Arbeitsperson selbst oder Tieren (z.B. bei Göpelantrieben etc.) aufgebracht, später kamen natürliche Energiequellen (Wasserkraft, Windräder, etc.) zum Einsatz. Die Anforderungen an die Arbeitspersonen waren hoch. Die Ausbildung dauerte Jahre. Üblich war eine Organisation nach Werkstätten gleicher oder ähnlicher Technologie. Dieses Verrichtungsprinzip gibt es heute noch. Mit der Dampfmaschine und dem elektrischen Motor begann dann die industrielle Revolution.

In den Manufakturen wurde in den einzelnen Arbeitsschritten meist handwerklich produziert. Der Gesamtablauf war rationell organisiert und richtete sich nach der Abfolge der Hauptarbeitsschritte (Ablaufprinzip). Mittlere Stückzahlen konnten dadurch sehr effizient hergestellt werden. In den zurarbeitenden Arbeitsschritten wurde teilweise schon arbeitsteilig mit speziellen Hilfsmitteln gearbeitet.

Zur Erläuterung der Bedeutung der konstruktiven Zeichnung selbst für elementare Abläufe im Betrieb soll das folgende Beispiel reichen. Dargestellt ist ein Drehteil in drei verschiedenen Vermaßungen. Gezeigt wird die Auswirkung der Maßangaben auf die einzelnen Arbeitsgänge bei der Bearbeitung. Das Beispiel gilt im Prinzip auch für andere Bearbeitungen und Montageoperationen. Die Aufgaben für die Arbeitsperson an der Maschine potenzieren sich, wenn noch Toleranzangaben zu berücksichtigen sind. Es müssen dann auch noch am Arbeitsplatz Toleranzrechnungen ausgeführt werden. Es lassen sich eine Vielzahl an Beispielen auf allen betrieblichen Ebenen finden, die den Einfluss konstruktiver Festlegungen zeigen.

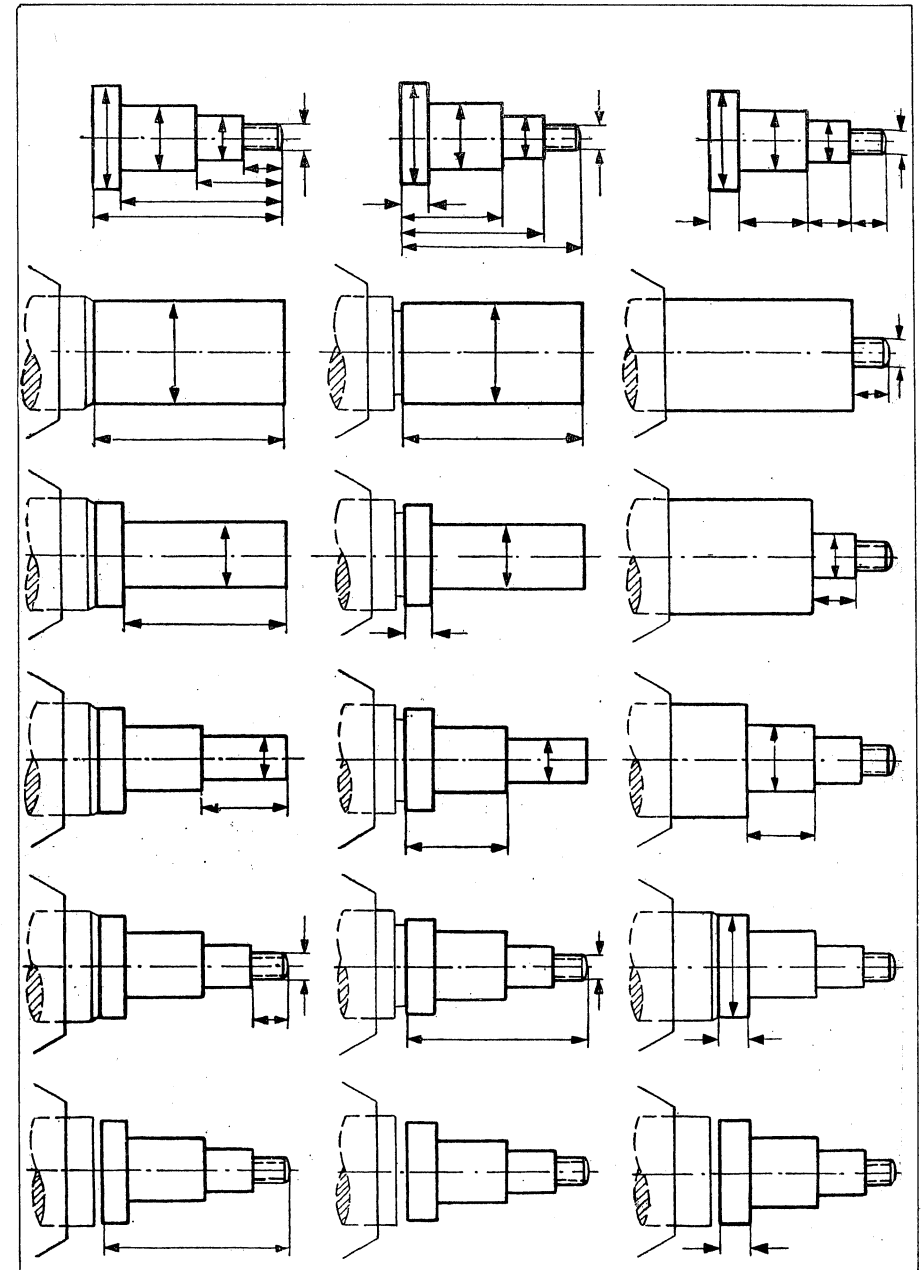


Bild 9.2/1: Auswirkung unterschiedlicher Bemaßungen auf die Arbeitsfolgen beim Drehen

19.3 Industrie

In Industriebetrieben ist der Einfluss konstruktiver Zeichnungen auf die Organisation und Abläufe in den Werkstattbereichen umfassender als in handwerklichen Betrieben. Die Unternehmen sind zumeist nach dem Fließprinzip organisiert. Serien- und Teilefertigung in großen Stückzahlen sind vorherrschend. Die Arbeitsteilung ist durchgehend. Die Anforderungen an die Arbeitspersonen am Arbeitsplatz sind geringer.

Das Fachwissen der alten Gewerke war in Handwerksbetrieben noch in größerem Umfang bei den Meistern und Arbeitspersonen vorhanden. Mit dem Übergang zur industriellen Arbeit war eine größere Qualifikation der Arbeitenden nicht mehr notwendig. Kenntnisse und Fähigkeiten beschränkten sich auf kleine Arbeitsinhalte. Das technologische Wissen der handwerklichen Fertigung durfte aber nicht verloren gehen. Es wurde nach und nach in die Zeichnungen integriert. Im Laufe der Entwicklung wurden die erläuternden und administrativen Teile der konstruktiven Zeichnung immer umfangreicher. Am Anfang reichten noch einzelne Bemerkungen und schriftliche Erläuterungen auf den Zeichnungen aus. Daraus entwickelte sich später ein System zeichnungsbegleitender Dokument, die eine funktionsgerechte Bauteilerstellung oder Montage erst ermöglichten.

Die arbeitsteilige Produktion erforderte eine genaue Vorplanung in allen Arbeitsbereichen. Diese Vorgaben flossen in die Zeichnungen ein bzw. ersetzten sie. Einzelne Arbeits- und Montageoperationen wurden genau geplant. Bei vollständig rationalisierten Fertigungen waren die Tätigkeiten bis auf die Ebene einzelner Arbeitsbewegungen vorbestimmt. Es gab Systeme vorbestimmter Zeiten für kleinste Arbeitselemente.

In den Konstruktionsabteilungen mussten die Probleme einer rationellen Fertigung mit bedacht werden. Bei komplizierten Montageprozessen traten oft Kollisionsprobleme auf, die Handhabung während der Montage war nicht möglich, die funktionsgerechte Ausführung konnte nicht mehr geprüft werden u.a.m. Die Liste ließe sich beliebig fortsetzen. Beispiele dazu erübrigen sich. Es ist allgemeine Erfahrung, nicht nur bei der Nutzung diverser Konsumgüter, dass Funktionen nicht so geplant sein können wie ausgeführt. Sie sind nachträglich „irgendwie“ ergänzt worden, eine Handhabung mit zwei Händen war nicht vorgesehen und beim Anheben das Gerätes fiel es zwangsläufig herunter.

20. DIE KUNST DES LESENS KONSTRUKTIVER ZEICHNUNGEN

20.1 Bemerkung

Mit „Kunst des Lesens“ ist die Art und Weise gemeint, wie die dargestellten Informationen einer konstruktiven Zeichnung zielgerichtet interpretiert werden. Die Betrachtung beschränkt sich primär auf das 19. Jahrhundert, also auf die Phase, in der die „moderne“ technische Darstellung mit der orthogonalen Parallelprojektion in der Technik eingeführt worden ist. Die lange Zeit davor war durch unterschiedliche Entwicklungsprozesse bei der Anschaulichkeit, Maßgerechtigkeit, Materialkennzeichnung, Projektionsart, individueller Ausschmückung u.a.m. gekennzeichnet. Im Gegensatz zu einem künstlerischen Bild waren die Inhalte einer konstruktiven Zeichnung in der Regel eindeutig und präzise. Der wesentliche Unterschied zur künstlerischen Darstellung bestand in dem visuellen Transformationsprozess im kognitiven System des Betrachters. Bei einer Darstellung in orthogonaler Parallelprojektion benötigte der Betrachter ein umfangreiches System aus Verfahren, Regeln, Fakten und Erfahrungselementen, um die notwendigen Transformationsprozesse zu einer 3-dimensionalen Wahrnehmung zu vollziehen. Ohne diese Voraussetzungen bleibt die konstruktive Zeichnung für den Laien eine Ansammlung ungeordneter Linien.

Am Beispiel der Projektionslehre und deren Darstellungen lässt sich das sehr einfach beschreiben. Bei der orthogonalen Parallelprojektion wird ein technisches Objekt gleichzeitig aus verschiedenen Richtungen betrachtet und diese Bilder, die Ansichten, werden getrennt gezeichnet. Das Dilemma, dass eine gute Anschaulichkeit und exakte Maßgerechtigkeit in einer Darstellung nicht erreicht werden kann, wird dabei zugunsten der Maßgerechtigkeit aufgelöst. Als sich im 19. Jahrhundert dieses neue System durchsetzte, hatten selbst technisch versierte Fachleute in den Konstruktionsabteilungen und in den Werkstätten erhebliche Probleme, die Objekte richtig zu erkennen. Eine Zeit lang behalf man sich mit einer Kombination aus getrennter perspektivischer und orthogonaler Darstellung eines Objekts auf einer Zeichnung. Die Perspektive war für alle verständlich, die Projektion erhielt die Bemaßung. Bei allen Darstellungen in der orthogonalen Parallelprojektion tritt das Problem des gedanklichen Zusammenfügens von mehreren „Ansichten“ zu einem Objekt auf. Es ist ein künstliches, ein nicht reales Problem. In der natürlichen Erfahrungswelt taucht es nicht auf. Die Lösung des Problems, das technische Objekt aus einzelnen Ansichten gedanklich in ein dreidimensionales zu transformieren, kann nur durch intensives Üben erreicht werden. Nach einiger Zeit bemerkt der Betrachter einer Zeichnung gar nicht mehr, dass er in einem „nicht natürlichen“ System denkt, er hat das dreidimensionale Bild des Objekts „im Kopf“, er prüft gedanklich die Funktionen, lässt gedanklich Bewegungen ablaufen, führt Kollisionsbetrachtungen durch usw. Leider ist die Begabung für diese Transformationsleistung nicht selbstverständlich. Auch die Gabe, so zu sehen, ist bei den Konstrukteuren nicht gleichmäßig verteilt.

Nun mag der Begriff Kunst im Zusammenhang mit dem Lesen einer Zeichnung für viele übertrieben erschienen. Aber neben den speziellen Anforderungen beim Lesen von Projektionsdarstellung sind insbesondere in den Zeichnungen ab Anfang des 20. Jahrhunderts sehr umfangreiche ergänzende Informationen mit aufgenommen worden. Sie führten zwar nicht zu unterschiedlichen „Stilen“, wohl aber zu besonderen Arten von Zeichnungen (siehe z.B. Abschnitt 10.6), deren Interpretation Spezialwissen voraussetzte. Weitere ergänzende Informationen in Zeichnungen waren zu den Verfahren der Herstellung, Wärmebehandlung, Montage, Oberflächenausführung etc. üblich. Das Werkstattwissen der „alten Meister und Mechaniker“ wurde in einem System geordnet und in Kurzform in den Zeichnungen für den jeweiligen Ausführungsfall vorgegeben. In einer konstruktiven Zeichnung waren mehrere, völlig unterschiedliche technische „Welten“ parallel dargestellt. Ein schnelles „anschauen“

reichte für ein Verstehen nicht. Der Vergleich mit dem Lesen eines Buches ist durchaus zutreffend. Man braucht Zeit und eine gewisse Sorgfalt beim Betrachten um alle Informationen zu erfassen. Während beim Lesen eines Buches die inhaltliche Struktur sukzessiv durch die Abfolge der Seiten festgelegt ist, können beim Lesen einer konstruktiven Zeichnung einzelne Aspekte, die über die gesamte Darstellung verteilt sind, getrennt verfolgt werden. Dadurch ist bei komplizierten Zeichnungen eine erhebliche Vereinfachung beim „Lesen“ möglich. Einige dieser Aspekte werden in den folgenden Abschnitten behandelt.

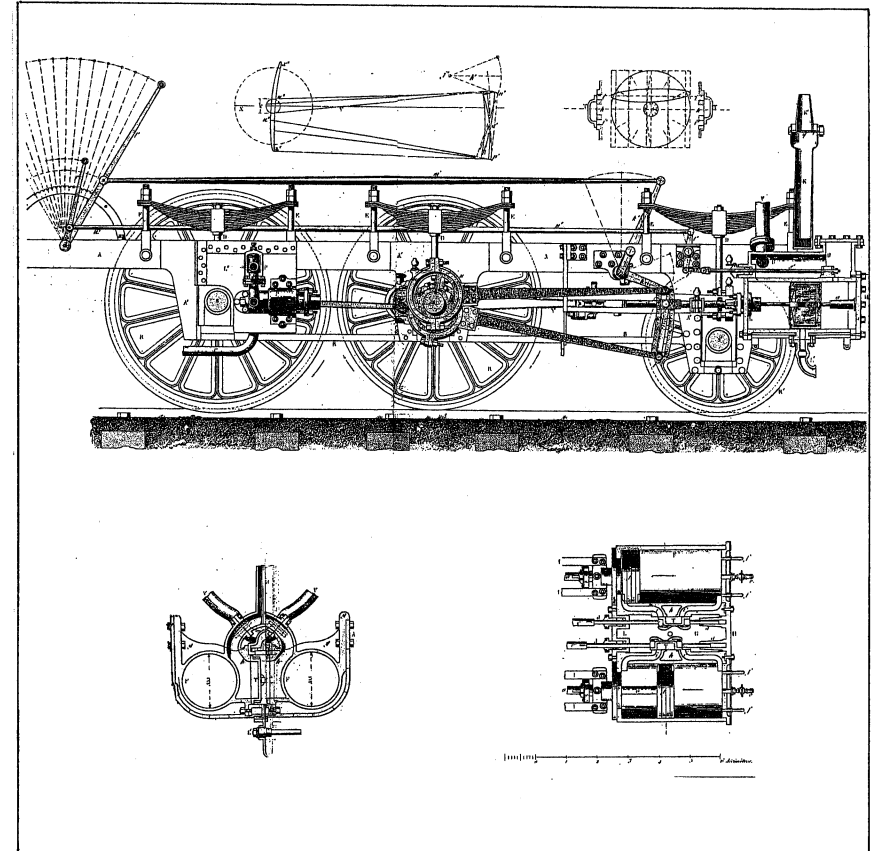


Bild 20.1/1: Beispiel zum Lesen einer komplexen Baugruppenzeichnung (Ausschnitt)
Baugr.: „Steuerung einer Lokomotive“, Schnitt durch die Steuerungsexzenter.
Begleitende Konstruktion der Verstellkinematik der Steuerung und Schieber.
Umsteuerung nach Stephenson.
Variable Entspannung des Abdampfes am Zylinder.
Direkt gekoppelte Speisepumpe.
Funktionale Erläuterung durch eingezeichnete Buchstaben und separaten Text in einer Begleitinformation.

20.2 Differenziertes Lesen konstruktiver Zeichnungen

- Funktionale Betrachtung

Bei umfangreichen Gesamtzeichnungen technischer Objekte greift üblicherweise eine Vielzahl an einzelnen Funktionen ineinander. Das Verstehen der Gesamtfunktion kann erleichtert werden, wenn man die einzelnen Funktionen getrennt voneinander und nacheinander betrachtet. Als Beispiel sei ein Schaltgetriebe mit mehreren Gängen genannt oder eine hydraulische Anlage mit mehreren Arbeitsgliedern.

- Dimensionale Betrachtung

Durch eine Plausibilitätsprüfung kann abgeschätzt werden, ob im Kraftfluss die Dimensionen der Bauelemente stimmig sind. Ein weiterer Aspekt bei der Betrachtung ist die Kollisionsfreiheit der Bauelemente. Dynamische Mechanismen können näherungsweise auf Überlappungen von Elementen (beispielsweise in Grenzlagen) überprüft werden.

- Materielle Betrachtung

Häufig werden bei technischen Objekten unterschiedliche Materialien eingesetzt. Wenn sie in vorangegangenen Arbeitsschritten schon festgelegt worden sind, können die Herstellungstechnologien der Bauelemente in Gruppen zusammengefasst werden. Üblicherweise wird eine Liste von Bauelementen gleicher Technologie erstellt, beispielsweise für Gussteile, Sinterteile, Schmiedeteile etc. An dieser Stelle kann auch eine Überprüfung auf Zweckmäßigkeit der Materialwahl vorgenommen werden.

Wenn die Materialfestlegung zum Teil noch offen oder nicht endgültig ist, kann sie an dieser Stelle abgeschlossen und auf Plausibilität überprüft werden.

- Ökonomische Betrachtung

Das vordringlichste Problem ist die Abschätzung der Herstellkosten. Da oft noch nicht alle Parameter des Objekts festliegen, kann nur eine grobe Abschätzung, keine Kalkulation, vorgenommen werden. Dazu ist sehr viel Erfahrung erforderlich. Aus der Analyse von Praxisfällen weiß man, dass bei qualitativer Vorgabe (z.B. Konstruktion mit möglichst geringen Herstellkosten) die Konstrukteure bei Nachkalkulationen dieser Grenze sehr nahe kommen. Es gibt wenige Hilfsmittel zur Unterstützung bei der Kostenabschätzung. Wenn in Teilbereichen einer Konstruktion eine Abschätzung auf Teile- oder Baugruppenebene möglich wird, kann man Relativkostensysteme einsetzen (z.B. Herstellkosten nach Technologien, Gewichten, Größen, Komplexität der Teile etc.).

Zur ökonomischen Betrachtung gehören auch alle anderen Kosten, die beim Betrieb des Objekts anfallen.

- Technologische Betrachtung

Sie wurde schon bei der materiellen Betrachtung erwähnt. Ergänzt werden muss noch, dass bei einigen Technologien die konstruktive Ausarbeitung in unterschiedlichen Wegen verläuft. Wesentlich ist die frühzeitige Berücksichtigung unterschiedlich langer „Vorlaufzeiten“ für die Beschaffung. Gussteile und Schmiedeteile müssen beispielsweise sehr unterschiedlich behandelt werden. Wenn beispielsweise für ein Gussteil eine Kokille angefertigt werden muss, kann die Beschaffung Monate dauern.

- Formgebung, Design

- Ergonomie

- ...

- Sonstige Betrachtungen

Die Liste der Betrachtungsaspekte ließe sich noch fortsetzen, beispielsweise um Nachhaltigkeitsaspekte, Recycling, Ressourcenschonung u.a.m.

Ein weiteres Verfahren beim Lesen komplexer konstruktiver Zeichnungen ist die „prozessorientierte Vorgehensweise“. Ähnlich einer systemtechnischen Betrachtung, werden dabei die elementaren Transformationen in Raum und Zeit zwischen den Eingangsgrößen und den Ausgangsgrößen eines technischen Objekts verfolgt. Bei jedem technischen Objekt treten folgende Transformationen auf:

- Transformationen der Energie (Art der Energie, Energiefluss),
- Transformationen der Informationen (Art der Information, Signalfluss, Logik),
- Transformationen der Stoffe (Art des Stoffes, Mengenfluss, Volumenströme),
- Transformation der Werte (Art der Werte, Kostenentwicklung, Energiebedarfe).

Weiterhin kann eine Betrachtung der naturwissenschaftlichen Transformationen beim Lesen und Verstehen einer konstruktiven Zeichnung hilfreich sein, beispielsweise

- Transformation physikalischer Größen im Gesamtprozess (führt in der Regel zur Funktionsstruktur des technischen Objekts),
- Transformation chemischer Größen ...
- usw.

Bemerkung:

Bei der Nutzung moderner CAD-Systeme ist die hier beschriebene differenzierte Betrachtung einzelner Aspekte einer konstruktiven Zeichnung nicht mehr erforderlich. Im Funktionsumfang der Systeme sind diese Betrachtungen programmtechnisch abgebildet, und zwar in einer äußerst komfortablen Weise. Bewegungsanalysen können unter allen erdenklichen Rahmenbedingungen gezeigt werden, dreidimensional und in Farbe. Die Variation von Funktionselementen ist im System kein Problem. Änderung von Dimensionen und die konstruktiven Folgen ist auch kein Problem. Ergebnisse von Berechnungen werden automatisch eingearbeitet. Die Aufzählung ließe sich noch beliebig fortsetzen.

Grundlegende Entscheidungen und Entscheidungen, die ein gewisses Erfahrungspotential verlangen, müssen nach wie vor durch den Konstrukteur vorgenommen werden.

21. DAS KONSTRUKTIVE ZEICHNEN HEUTE

Darstellungen von einfachen Gerätschaften, Werkzeugen und technischen Hilfsmitteln reichen weit in die Ur- und Frühgeschichte der Menschheit hinein. Neuere Entdeckungen einfacher, geometrischer Darstellungen weisen ein Alter von mehr als 115000 Jahren auf. Belege für die Verwendung von Symbolen, einer Form der Kommunikation, sind älter als 90000 Jahre. Das Auftauchen des modernen Menschens vor etwas mehr als 40000 Jahren wird nach gängiger Auffassung mit einigen frühen Darstellungen in Verbindung gebracht, die nach heutiger Interpretation „künstlerisch“ anmuten. Man identifizierte die Gattung „Homo sapiens“ als Urheber und glaubte den frühen modernen Menschen gefunden zu haben. Die Vermutung hat sich nicht bestätigt. Nicht nur die Verwendung symbolischer Formen ist, wie oben erwähnt, deutlich älter, auch die gefundenen, konkreten Zeichnungen sind mit 65000 Jahren einer früheren Form der Hominiden zuzuordnen.

Diese ersten Zeichnungen wurden als einfache Linearumrisse in die unterschiedlichsten Materialien geritzt, zum Teil farbig angelegt oder als Ganzes in farbiger Darstellung ausgeführt. Die Inhalte können in vielen Fällen nur mit Mühe interpretiert werden. Häufig findet man Jagdszenen und Darstellungen von Waffen, einiges bleibt rätselhaft. Man fasst diese Szenen unter dem vagen Begriff „kultischen Handlungen“ zusammen.

Die ersten konkreten Darstellungen von im weitesten Sinne Objekten der Technik sind über 30000 Jahre alt. Es sind Zeichnungen und Schemata von Waffen und Hilfsmitteln des täglichen Gebrauchs. Häufig waren die Darstellungen von Objekten der Technik Teile eines Gesamtbildes. Man kann sie als Anfangspunkt des „konstruktiven Zeichnens“ ansehen. Am Anfang gab es natürlich keine Differenzierung in den Darstellungen „technischer“ Objekte und denen beispielsweise „kultischer Handlungen“. Der Begriff „konstruktives Zeichnen“ ist hier aus heutiger Sicht gewählt worden. Er soll alle Darstellungsformen umfassen, mit denen Objekte der Technik in der langen Geschichte dargestellt worden sind. Die Phase des „technischen Zeichnens“ im engeren Sinne ist nur ein sehr kleiner Teil dieser Geschichte. In Kurzform kann man sagen, dass die Geschichte des konstruktiven Zeichnens von den ersten Linearritzungen einfachen technischer Hilfsmittel bis zu den hochkomplexen Zeichnungen moderner Maschinen reicht.

Die Entwicklung der Formen des konstruktiven Zeichnens war kein gradliniger Prozess. Es gab Phasen mit nach heutigem Verständnis fast schon modern anmutenden Darstellungsformen und Phasen mit deutlichen Rückschritten. Es gab Phasen mit starker Betonung anschaulicher Zeichnungen und Phasen mit Betonung abstrakter Projektionsdarstellungen. Es gab Phasen mit Betonung der rein zeichnerischen Formen und Phasen mit Betonung der schriftlichen Beschreibungen der technischen Objekte. Bis in die Renaissance wurde der künstlerisch-zeichnerische Aspekt durch den Einsatz genauer Perspektiven und aufwendiger Kolorierungen betont. Danach ging die Entwicklung konstruktiver Zeichnungen zu nüchternen, sachlichen Darstellungsformen.

Mit der Wiederentdeckung der Geometrie als Wissenschaft in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurden die anschaulichen Darstellungsformen verdrängt. Deren Nachteile, insbesondere die mangelnde Maßhaltigkeit, waren für technische Zwecke zu groß. Mit der Projektionslehre der Darstellenden Geometrie hatte man die theoretische Basis zur Erstellung maßgerechter Zeichnungen technischer Objekte gefunden. Die Darstellung einzelner Projektionen hat sich bis heute bewährt. Moderne digitale Zeichnungssysteme wären ohne diese geometrische Basis nicht möglich.

Geändert hat sich auch der Zweck der konstruktiven Darstellungen. Sie dienten bis ins Mittelalter vornehmlich der repräsentativen Darstellung von Technik. Die Ausführung der Zeichnungen war aufwendig, oft mehrfarbig angelegt, mit allegorischen Elementen versehen und in anschaulicher Manier in einer Art Perspektive gezeichnet. Die Zeichenkunst und die Kunst der konstruktiven Zeichnungen unterschieden sich nicht. Die konstruktiven

Zeichnungen dienten der Erbauung höherer Stände an technisch ausgefallenen Mechanismen, nicht zum Bewahren von Wissen oder gar als Handlungsgrundlage zum Bau der Objekte. Die Zeichnungen und begleitenden Texte wurden von Hand angefertigt und von Hand kopiert. Bücher mit technischen Inhalten waren sehr wertvoll. Ein Buch konnte den Wert eines Hauses haben. Für das Gros der Menschen waren sie unerschwinglich. In der Renaissance erreichte diese Form des konstruktiven Zeichnens ihren Höhepunkt. Einen Unterschied zwischen einem Künstler, einem Wissenschaftler und einem Ingenieur oder Kunstmeister gab es nicht. Die aufwendigen Zeichnungen und Skizzen aus dieser Zeit von Leonardo da Vinci legen ein eindrückliches Zeugnis dafür ab. In dieser Zeit begann sich der Zweck der konstruktiven Zeichnungen zu verändern. Neben der Qualität der Darstellung trat jetzt die Nutzung als Basis für die Anfertigung der technischen Objekte in den Vordergrund. Für den Betrieb der großen Manufakturen im 18. Jahrhundert, die in den einzelnen Herstellungsstufen zwar arbeitsteilig organisiert waren, aber innerhalb der Stufen handwerklich arbeiteten, mussten für die technischen Arbeitsoperationen allgemeinverständliche Informationsmittel geschaffen werden. Das waren die konstruktiven Zeichnungen. Sie waren als technische Zeichnung auch die Basis der Arbeit in den Industriebetrieben des 19. Jahrhunderts.

Mit dem Aufkommen der ersten Industriebetriebe gab es eine weitere fundamentale Veränderung beim konstruktiven Zeichnen. Bei den ersten Industriebetrieben dominierten das Wissen und die Erfahrung der Werkmeister und seine Werkstattmannschaft beim Bau der Maschinen. Konstruktive Vorgaben waren meist Rahmenbedingungen, einfache Gesamtskizzen u.ä. Das änderte sich mit zunehmender Größe der Betriebe und dem Einsatz der Dampfmaschine als universell einsetzbare Kraftmaschine. Aus den Werkstätten mit der Integration unterschiedlicher Technologien wurden spezialisierte Werkstätten. Voraussetzung für diese Organisationsform war ein umfassendes, einheitliches und vollständiges Informationssystem. Das war die „moderne technische Zeichnung“.

Die nächste große Veränderung betraf die Qualifikation der arbeitenden Menschen. In den alten Werkstätten waren umfassende Kenntnisse und Erfahrungen entscheidend. In den neuen Strukturen waren sie unnötig, sogar hinderlich. Ein Anlernen im begrenzten Arbeitsbereich reichte aus. Dabei trat ein immenses Problem auf. Das technische Wissen und die Erfahrungen der alten Werkstätten wurden beim Bau der Maschinen nach wie vor noch benötigt. Es gab nur keine „Träger“ des Wissens mehr. Die Lösung bestand in einer sukzessiven Erweiterung der Informationsinhalte der technischen Zeichnungen um das Wissen der Werkstatt. Der Prozess dauerte gut 100 Jahre, bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts. Diese Wissensintegration kann man anhand einiger banaler Beispiele erläutern. Das komplizierte Passen von zusammengehörenden Maschinenteilen durch die Handarbeit von Spezialisten wurde durch Toleranzsysteme überflüssig. Die Erfahrung der Oberflächenausführung von Lagerteilen, die in den alten Werkstätten die „Schaber“ besaßen, wurde durch Vorgaben der Beschaffenheit von Oberflächen in den Zeichnungen ersetzt. Für die Anforderungen an kompliziertere Funktionen, die früher der Werkmeister aufgrund seiner Erfahrung hatte, mussten völlig neue Informationssysteme geschaffen werden, die zeichnungsbegleitend verwendet wurden. Beispiele dafür sind Anforderungskataloge, Qualitätsvorschriften, Wärmebehandlungsvorgaben etc.

Aus den anfänglich einfachen konstruktiven Zeichnungen wurden im 20. Jahrhundert umfassende Informationssysteme aus zeichnerischen und umfangreichen, begleitenden schriftlichen Informationen.

Mit diesen Veränderungen ging eine Veränderung des Zeichenprozesses selbst einher. Konnte bis zur Renaissance noch von einer „Kunst“ des konstruktiven Zeichnens gesprochen werden, so veränderten sich die Anforderungen an den zeichnenden Konstrukteur radikal. Die zeichnerischen Darstellungen mussten betriebsübergreifend verständlich sein. Das führte zu einer umfassenden Vereinheitlichung der Zeichnungsinhalte. Mit dieser Vereinheitlichung war auch eine deutliche Vereinfachung verbunden. Die Anforderungen an das zeichnerisch-

zeichnerisch-handwerkliche Geschick der Konstrukteure und Zeichner sanken. Das theoretische Wissen in den zeichnungsbegleitenden Informationen nahm dagegen stark zu. Die sich schon seit der Mitte des 19. Jahrhunderts abzeichnende Aufteilung der konstruktiven Arbeit in einen kreativen und problemlösenden Teil und in einen rein zeichnerisch-handwerklichen Teil verstärkte sich.

In der Mitte des 20. Jahrhunderts veränderte sich das Berufsbild der Konstrukteure und Zeichner erneut. In der Vergangenheit waren in den Konstruktionsabteilungen einige Verbesserungen eingeführt worden, große Fortschritte und Effizienzsteigerungen waren bei der traditionellen Arbeitsweise aber nicht zu erreichen. In den 1950er Jahren kamen die ersten „automatisch“ arbeitenden Apparate zum Einsatz. Zuerst als mechanisch arbeitende Hilfen, später dann schon mit einfachen digitalen Steuerungen.

In den 70er Jahren zeigten Untersuchungen der Verteilung der gesamten Konstruktionszeit, dass 35 bis 40 % davon auf das Zeichnen entfielen. Große Verbesserungen bei den anderen Konstruktionsaktivitäten (Zeichnungsverwaltung, Änderungsorganisation, Ordnungs- und Ablagesysteme etc.) waren durch Veränderungen der eingesetzten Systeme ebenfalls nicht zu erwarten. Das Produktivitätsniveau der Konstruktionsabteilungen lag zur Mitte des 20. Jahrhunderts weit hinter dem der Produktion. Den entscheidenden Schritt nach vorne brachte die Einführung digitaler Systeme in allen Bereichen der Konstruktion. Durch den Einsatz von CAD-Systemen veränderte sich sowohl der kreative-problemlösende Teil der Konstruktionsarbeit und in noch stärkerem Maße der rein zeichnerische. Die reine Zeichenarbeit wurde fast gänzlich durch digital erstellte Zeichnungen ersetzt. Damit hatte das traditionelle konstruktive Zeichnen seinen Endpunkt erreicht. Es war weitgehend überflüssig geworden. Heute ist es fast gänzlich verschwunden. Durch die Digitalisierung wurden bei der Konstruktionsarbeit völlig neue Möglichkeiten erschlossen. Dreidimensionale Darstellungen waren kein Problem mehr. Die Möglichkeit zur Simulation von Bewegungen bei konstruierten Mechanismen war eine Selbstverständlichkeit. In virtuellen Konstruktionsbüros konnte der Konstrukteur seine Arbeit dreidimensional von allen Seiten begutachten, ggf. verändern und optimieren. Berechnungen waren integrierter Bestandteil der Konstruktionsprogramme u. s. w.

In den 50er Jahren wurden die ersten vollständig digital gesteuerten Werkzeugmaschinen auf den Markt gebracht. Jede Maschine besaß noch ein eigenes numerische Steuerungssystem. Programmiert wurde mit maschinenabhängigen Sprachen. Es war naheliegend, die digitalen Daten der Konstruktionsprogramme unmittelbar zur Steuerung der Werkzeugmaschinen zu nutzen. Damit waren „digitale Zeichnungen“ in materieller Form auch in den Werkstätten nicht mehr notwendig.

Ende des 20. Jahrhunderts war die Entwicklung der digitalen Fabrik so weit fortgeschritten, dass das gesamte „Werkstattwissen“, immer auf neuestem Stand gehalten, in den Programmen der CAD/CAM-Systeme enthalten war. Die logistischen Systeme fanden ebenfalls Aufnahme in diese digitale Produktionswelt. Über leistungsfähige Datenkanäle konnten die notwendigen Informationen weltweit verteilt werden. Es spielte keine Rolle, in welchem Land das Objekt gerade produziert wurde.

Die Entwicklung im 21. Jahrhundert lässt sich durch die Stichworte „umfassende Digitalisierung“, weltweite Vernetzung aller Produktionsprozesse und durch das Kürzel „Industrie 4.0“ charakterisieren. „Lesbare“ zeichnerische Darstellungen werden vollständig überflüssig. Konstruktionen existieren nur noch als digitale Datensätze.

Jede Veränderung hat ein doppeltes Gesicht. Beim konstruktiven Zeichnen sind die Vorteile der digitalen Systeme, insbesondere die ökonomischen, überwältigend. Es gibt aber auch eine Reihe von Auswirkungen, die eine kritische Reflexion notwendig machen. Es besteht die Gefahr, dass die konstruktive Arbeit durch die programmiertechnische Vorstrukturierung so schematisiert wird, dass die kreative Komponente leidet. Das wäre das Gegenteil dessen, was

Konstruieren im Kern bedeutet. Einige Hinweise für dieses Problem gibt es. Ein Beispiel ist das Absinken der Kreativität durch die Intensivierung der Arbeit bei der Nutzung von CAD-Systemen. Schätzungen gehen von einem Absinken von ca. 30 % nach der ersten Arbeitsstunde aus, Tendenz weiter absinkend mit zunehmender Arbeitszeit.

Ökonomische Ziele dominieren. Es ist mit Hilfe der Systeme einfach, eine Vielzahl an Varianten zu generieren und wirtschaftlich zu bewerten. Tendenziell werden die mit den günstigsten Produktions- und Betriebskosten weiterentwickelt. Schwer erfassbar sind Kriterien, die bei der Nutzung der Objekte entscheidend sind. Sie werden, mangels digitalisierbarer Daten, häufig nicht berücksichtigt. Häufig ist der Konstrukteur auch nicht über alle Einsatzfälle und deren Besonderheiten informiert.

Es gibt ganze Branchen in denen die CAD-Konstrukteure gar nicht bemerken, dass in ihrer Konstruktionswelt etwas „schief läuft“. Es fehlen die Informationsschleifen des „lessons learned“, die systematische Rückkopplung von Daten der Nutzer. Das ist ein Problem, das auch bei traditioneller Arbeitsweise aufgetreten ist.

Bei einigen neuen Produkten fällt auf, dass sich das Fehlen dessen, was man früher als „Werkstattwissen“ bezeichnete, nachteilig bemerkbar macht. Die Produkte sind beispielsweise schlecht herstellbar, sie funktionieren mit merkwürdigen Restriktionen, sind kaum zu bedienen usw. Die Qualität der Konstruktion verbessert sich nicht automatisch durch den Einsatz digitaler Hilfen. Die Gefahr, dass diese Defizite erst im Betrieb auffallen, ist groß. Die Abnehmer können diesem Dilemma nicht entgehen. Alles ist so.

Mit den neuen digitalen Möglichkeiten ist eine Kompetenzverschiebung bei den Entwicklern technischer Objekte verbunden. Der Konstrukteur benötigt kaum Wissen über physikalische Beziehungen, Dimensionierungen von Bauteilen, deren Herstellung etc. Diese Dinge erledigen entsprechende Programme. Diese gewollte Dequalifizierung verbilligt die Konstruktionsarbeit. Es sind neue Qualifizierungen auf dem Gebiet der digitalen Systeme, der Konstruktionsprogramme und Netzwerke erforderlich.

Diese ökonomischen Prioritäten führen dazu, dass Ideen oder Produkte, die sich bei Versuchen oder am Markt nicht durchsetzen konnten, nicht mehr weiterverfolgt werden. Aus Erfahrung ist aber bekannt, dass technische Pionierleistungen oft erst nach längerer Zeit unter ggf. veränderten äußeren Bedingungen erfolgreich waren.

Einen großen Rationalisierungsschritt nach vorne ist mit CAD/CAM-Systemen durch den Wegfall von körperlichen Modellen, insbesondere Designmodellen, erreicht worden. Virtuelle Stylingvarianten können in „dreidimensionalen Ausführungen“ in exakter Perspektive in virtuellen Räumen beurteilt werden. Selbst Windkanal-Versuche sind möglich. Ein immenser wirtschaftlicher Vorteil.

Die handwerkliche Qualifikation von Produktdesignern und die unmittelbare Bewertung des designten Objekts sind nicht mehr notwendig. Wenn dreidimensionale Hardware verlangt wird, werden die digitalen Daten in 3D-Druckern verarbeitet. Die Frage, ob die „Designqualität“ durch die neue Technik verbessert worden ist, kann abschließend noch nicht beantwortet werden. Einiges spricht für eine zunehmende „Monotonie“ der Formen. Selbst bei einem Großteil der Programme für Designer werden identische mathematische Grundfunktionen für geometrische Elemente verwendet. Nur durch Parametervariation entsteht nichts grundsätzlich Neues.

Die extrem hohe Leistungsfähigkeit moderner CAD/CAM-Systeme kann auch in anderer Hinsicht nachteilig sein. Es werden Funktionen der Auswertung, des Machens, des Variierens und der Visualisierung offeriert, die Niemand verlangt hat und in vielen Fällen keinen Nutzen besitzen. Der Konstrukteur kann sich in diesen Systemen stundenlang „verlaufen“ ohne einen Fortschritt bei der Problembewältigung zu generieren.

Mit den digitalen Systemen können Lebensdauerdaten (Verschleißgrößen, Dauerfestigkeiten etc.) in einer Genauigkeit berechnet werden, die früher unmöglich waren. Man kann Objekte bauen, bei denen die gesetzlich vorgeschriebene Garantiezeit „gerade“ eingehalten wird. In den „alten“ Konstruktionssystemen musste man entsprechende „Sicherheiten“ einsetzen. Manche Objekte erfüllen ihre Funktion noch Jahre nach Ablauf der Garantie.

Die neue Welt der digitalen Konstruktion wird gerne unter dem Synonym „dialogorientiert Arbeitsweise“ vermarktet. Eine neue Dimension in der Beziehung zwischen Mensch und Maschine wird gepriesen. Das sind Begriffe aus dem Marketing. Ein Dialog ist eine soziale Interaktion zwischen mehreren Individuen. So etwas findet selbstverständlich nicht statt. Gemeint ist nur der Sachverhalt, das der Mensch in bestimmten Situationen oder in festgelegten Bereichen Daten in das System eingeben muss. Die Arbeitssituation des Konstrukteurs ist eher das Gegenteil von „Dialog“: Isolation und Sprachlosigkeit. Einige Unternehmen haben das Problem erkannt. Sie sorgen für Bedingungen „neben der Bildschirmarbeit“, die eine Kommunikation, einen Informationsaustausch zwischen den Mitarbeitern fördern.

Bei der Arbeit mit digitalen Konstruktionssystemen werden nicht nur aufgabenbezogene Daten erfasst. Auch die persönlichen Daten und die Daten über den Fortschritt des Problemlösungsprozesses werden gesammelt. Im Grenzfall wäre eine vollständige Überwachung des Konstrukteurs möglich. Was, wie, wie lange und warum erfasst wird, ist dem Konstrukteur oft nicht bekannt. Diese Situation verunsichert und erzeugt Stress.

Die neue Konstruktionswelt findet zwangsläufig auch ihren Widerhall in den diversen technischen Bildungseinrichtungen. In den Hochschulen und Universitäten des 19. und auch noch Anfang des 20. Jahrhunderts waren die Lehrinhalte auf ein Verstehen technischer Zusammenhänge ausgelegt. Basis waren umfassende Kenntnisse der traditionellen Mathematik, Geometrie und Physik. Dieses Wissen wurde intensiv durch Übungen vertieft. Besonders deutlich wird das am Beispiel der Geometrie. Dieses Wissenschaftsgebiet ist fast vollständig aus den Lehrplänen verschwunden. Anwendungen in der Praxis gibt es nicht mehr. Ein anderes Beispiel ist die Mechanik. Das gesamte Wissensgebiet aus Statik, Dynamik, Elastizitätstheorie u.a.m. hat eine einzige einfache Grundlage: den Satz von der Erhaltung der Energie. Alle Gebiete der Mechanik kann man in Schritten auf das Energieprinzip zurückführen. Alles wird durch eine einzige Differentialgleichung beschrieben. Im Zeitalter digitaler, numerischer Näherungsverfahren ist diese analog-geschlossene Betrachtung überflüssig geworden. Ob mit diesen Verfahren ein tiefergehendes Verständnis erreicht wird, ist fraglich.

Völlig verschwunden sind die graphischen Verfahren des Maschinenbaus. Im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren sie die Basis bei der Lösung statischer und kinematischer Probleme. Auch sie waren Teile des konstruktiven Zeichnens. Mit ihnen konnte sehr anschaulich und unmittelbar „verstanden“ werden, was der Kern eines Problems war. Man „sah“ das Problem und die Lösung förmlich. In der digitalen Welt werden die Lösungen von entsprechenden Programmen geliefert, mit eindrucksvollen grafischen 3 D-Animationen. Hoffentlich stimmen sie. Man kann sich nur darauf verlassen.

Fast die gesamte Welt des konstruktiven Zeichnens ist verschwunden. Mit ihr die handelnden Personen, das Wissen, die Tätigkeiten, die Arbeitsmittel und die Formen der betrieblichen Organisation der konstruktiven Arbeit. Die gesammelten Erfahrungen sind wertlos geworden. Die künstlerischen Aspekte, die „Zeichenkunst“ der frühen „mechanici“, sind aus der Bilderwelt der Technik verschwunden. Das handwerkliche Können ist vergessen. Die neue digitale Welt ist schneller geworden und effizienter. Ein Zurück gibt es nicht.

Das Verschwinden der „Zeichenarbeit und der Zeichner“ mag für viele kein Verlust sein. Selbst die rückstandslose Auflösung traditioneller Industriekomplexe wurde hierzulande akzeptiert. Oftmals wurde das Verschwinden nur von den Betroffenen bemerkt. Aber Geschichte, insbesondere die Kulturgeschichte der Technik, hat für die Gesellschaft eine tiefgehende Bedeutung. Mit dem Verlust an Geschichte ist die „Unkenntnis“ über die alten technischen Lebenswelten verbunden und damit ein Verlust an Identität bei jedem einzelnen. Mit dem Verlust an Identität geht unmittelbar ein Verlust an gesellschaftlicher Identifikation einher. Dieser Prozess würde eine gefährliche Abwärtsentwicklung zeigen. Eine Gesellschaft würde im Belanglosen, Beliebigen enden. Nichts wäre mehr von Bedeutung. Das konstruktive Zeichnen ist sicherlich kein bedeutender Teil der Kulturgeschichte der Technik. Aber auch er hatte seinen Anteil an der Identität und Identifikation einer gesellschaftlichen Gruppe.

22. QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS

22.1 Allgemeine Hinweise

Das Quellen- und Literaturverzeichnis ist in zwei Teile gegliedert. Der erste Teil enthält eine Auswahl der wichtigsten allgemeinen Literaturstellen zum konstruktiven Zeichnen. Der zweite Teil beinhaltet die entsprechenden Quellen der speziellen Literatur der jeweiligen Kapitel. Doppelnennungen von wichtigen Quellen wurden dabei bewusst in Kauf genommen. Im Verzeichnis der verwendeten Literatur werden Bücher und Periodika nicht getrennt aufgeführt. Bei den Büchern wurde auf die Angabe allgemein bekannter Standardwerke verzichtet.

In diesem Buch wurden zwei Arten von Abbildungen verwendet. Zum einen im Text integrierte Bilder und zum anderen großformatige Tafeln für besonders prägnante Darstellungen und Zeichnungen. Die Bezeichnung der Bilder und Tafeln haben einen direkten Bezug zum Kapitel, in dem sie verwendet werden. Die Bezeichnung Bild 17.2/3 weist auf den Abschnitt 17.2 hin. Das Bild hat im Abschnitt 17.2 die Nummer 3. Die Bezeichnung Tafel 3.2/1 weist auf den Abschnitt 3.2 hin. Die Tafel hat im Abschnitt 3.2 die laufende Nummer 1. Einige Tafeln sind farbig wiedergegeben. Die Bildquellen und die Quellen der Tafeln sind aus dem zugeordneten Text ersichtlich. Wenn zu einem Bild oder zu einer Tafel keine Angaben vorhanden sind, so sind sie dem Archiv des Verfassers entnommen worden. Bei einigen Abbildungen konnte eine Quelle nicht gefunden werden.

Sollte es dem Verfasser in einigen Fällen nicht gelungen sein, alle Rechteinhaber vollständig zu ermitteln, wird um entsprechende Mitteilung gebeten.

22.2 Allgemeine Literaturquellen

- De Ramellis, A.:
Schatzkammer mechanischer Künste. Nachdruck von 1620. Hannover 1976.
- Birnbaum, E. u.a. (Hrsg.):
Das neue Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien. Leipzig und Berlin 1872.
- Pechan, J.:
Leitfaden des Maschinenbaues. Reichenberg 1892.
- Bernoulli, Chr.:
Handbuch der Dampfmaschinenlehre. Stuttgart und Tübingen 1847.
- Häntzschel, W.:
Die Praxis des Maschinenbaus. Berlin 1930.
- Ferguson, E. S.:
Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs. Basel, Boston, Berlin 1993.
- Reuleaux, F.:
Der Konstrukteur. Braunschweig 1861.
- Burg, M.:
Die geometrische Zeichenkunst. Berlin 1822.
- Feldhaus, F. M.:
Die Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker. München 1970.
- Diderot, D. u. d'Alembert:
Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences.... Paris 1751 – 1780 (Genève 1778).
Akadem.Verein „Hütte“ (Hrsg.):
Das Ingenieurs Taschenbuch. Abteilung I. Berlin 1902.
- Boltz, E.:
Der Maschinenbauer. Leipzig 1898.
- Freytag, Fr.:
Hilfsbuch für den Maschinenbau. Berlin 1919.
- Treue, W. (Hrsg.):
Achse, Rad und Wagen. Fünftausend Jahre Kultur- und Technikgeschichte. Göttingen 1986.
- Haeder, H.:
Konstruieren und Rechnen. Bd. 1 bis 3. Wiesbaden 1919.
- Cardwell, D.:
Viewegs Geschichte der Technik. Braunschweig, Wiesbaden 1997.
- Koesling, V. u. Schülke, F.:
Mensch, Technik. Berlin 2013.
- Krebs, R.:
5 Jahrtausende Radfahrzeuge. Berlin, Heidelberg, New York 1994.
- Sellenriek, J.:
Zirkel und Lineal. Kulturgeschichte des konstruktiven Zeichnens. München 1987.
- Feldhaus, F. M.:
Ruhmesblätter der Technik. Leipzig 1924.
- Lundgreen, P.:
Techniker in Preußen während der frühen Industrialisierung. Berlin 1975.
- NN.:
Klosterstraße 36. Sammeln, Ausstellen, Patentieren.
Zu den Anfängen Preußens als Industriestaat. Berlin 2014 (Ausstellungskatalog).
- Müller, H.:
Die Königliche Akademie der Künste zu Berlin. Berlin 1896.
- Pechan, J.:
Leitfaden des Maschinenbaues. Reichenbach 1890.

Matschoß, C.:
Die Entwicklung der Dampfmaschine. Berlin 1909.

Leupold, J.:
Theatrum Machinarum. Band I bis 10. Leipzig 1724 bis 1739.

Wundram, M.:
Renaissance. Stuttgart 2004.

Museumsverband Brandenburg (Hrsg.):
Ortstermine. Stationen Brandenburg-Preußens auf dem Weg in die moderne Welt.
Katalog zur Ausstellung. Berlin 2001.

Agricola, G.:
De re metallica. Basel 1556.

Lohrmann, D.: Turmwindmühlen und Windwagen im 14. Jahrhundert.
In: Technikgeschichte. Bd. 67, H. 1, S. 25 ff.

Sammler, H. (Hrsg.):
Reich der Erfindungen. 1901.

Sievernich, G. und Budde, H. (Hrsg.):
Bilder und Zeichen des 21. Jahrhunderts. Teil IV und VI (Ausstellungskatalog).
Frankfurt und Berlin 2000.

Wilson, D.M.:
Der Teppich von Bayeux. Berlin 1985.

Weigel, Chr.:
Abbildungen und Beschreibungen der gemein-nützlichen Hauptstände (Ständebuch von 1698)
Nachdruck: Koblenz 2019.

Reuleaux, F.:
Über das Verhältnis von Geometrie, Mechanik und Kinematik.
Zeitschr. d. Vereins deut. Ing.: 1890, Bd. XXXIV, No. 10, S. 217-225 u. No.11, S. 243-248.

Beck, TH.: Leonardo da Vinci (1452 bis 1519).
Zeitschr. d. Vereins deut. Ing.: 1906, Bd. 50, No. 14, S. 524 ff.

22.3 Spezielle Literaturquellen

Kapitel 1, 2 und 3:

Nedoluha, A.:
Kulturgeschichte des technischen Zeichnens. Wien 1960.

Mathé, J.: Leonardo da Vinci. Erfindungen. Genève 1980.

Ferguson, E. S.:
Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs. Basel, Boston, Berlin 1993.

Gericke, H. O.: Die erste Dampfmaschine Preußens in der Braunkohlengrube
Altenweddingen. In: Technikgeschichte, Bd. 65 (1998), H.2, S. 97 ff.

Schreiber, G.:
Das technische Zeichnen. 1871.

Alertz, U.:
Der Windwagen des Guido von Vigevano. In: Technikgeschichte, Bd. 68 (2001), H.1, S. 53
Der Ursprung der Fantasie. In: Zeit-Magazin, vom 21.6.2018, S.16 bis 25.

Feldhaus, F. M.:
Die Technik der Antike und des Mittelalters. Potsdam 1931.

Kuns, J.:
Betrachtungen zur Geschichte der technischen Zeichnung. Diss. TH Aachen 1980.

Feldhaus, F. M.:
Die Technik. Ein Lexikon der Vorzeit, der geschichtl. Zeit u. der Naturvölker. München 1970.

Mayer, E.:
Anleitung zum technischen Zeichnen. 1869.

Buddensieg, T. u. Rogge, H.:
Die nützlichen Künste.
Gestaltende Technik und bildende Kunst seit der industriellen Revolution. Berlin 1981.

Lohrmann, D.:
Turmwindmühlen und Windwagen. In: Technikgeschichte, Bd. 67 (2000), H. 1, S. 25 ff.

Merckel, C.:
Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.

Feldhaus, F. M.:
Geschichte des technischen Zeichnens. Wilhelmshafen 1959.

Dürer, A.:
Underweysung der messungmit dem zirckel und richtscheidt. Nürnberg 1525.

Kühn, H.:
Kunst und Kultur der Vorzeit Europas. Berlin, Leipzig 1929.

Ainé, M. Armengaud:
Publication Industrielle des Machines, Outils et Appareils. Paris 1846.

Kiesewetter, H.:
Industrielle Revolution in Deutschland 1815 – 1914. Frankfurt a. M. 1989.

Banse, G. (Hrsg.):
Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Berlin 1986.

Wiebe, F. K. H.:
Skizzen-Buch für den Ingenieur und Maschinenbauer. H. VI u.a. Berlin 1863 ff.

Riedler, A.: Das Maschinen-Zeichnen. Berlin 1919.

Kapitel 4:

- Wefeld, H. J.:
Ingenieure aus Berlin. 300 Jahre technisches Schulwesen. Berlin 1988.
Matschoß, C.:
Große Ingenieure. Berlin 1937.
Matschoß, C.:
Männer der Technik. Berlin 1925.
Gille, B.:
Ingenieure der Renaissance. Wien, Düsseldorf 1968.
Beck, Th.:
Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaus. Berlin 1899.
Burg, M.:
Die geometrische Zeichenkunst. Berlin 1822.
Haindl, S.:
Maschinenkunde und Maschinenzeichnen. München 1871.
Feldhaus, F. M.:
Leonardo, der Techniker und Erfinder. Jena 1922.
NN.:
Die moderne Technik. Modell-Atlas. Berlin 1910 (?)
Lundgreen, P.:
Techniker in Preußen während der frühen Industrialisierung.
Veröff. d. histor. Kommission Berlin, Bd. 16, Berlin 1975.
Le Blanc:
Choix de Modèles, Dessin des Machines. Paris 1830.
Graumann, C. F. (Hrsg.): Denken. Köln, Berlin 1966.
Levèvre, W. und Popplow, M.:
„database machine drawings“. Ein Instrument zur Erschließung und Erforschung von
Maschinenzeichnungen der Renaissance-Ingenieure.
In: Technikgeschichte. Bd. 73 (2006), H. 2, S. 115 ff.
Meyer, R. E.:
Denken und Problemlösen. Berlin, Heidelberg, New York 1979.
Schmidt, H. G.:
Heuristische Methoden als Hilfen zur Entscheidungsfindung beim Konzipieren.
Schriftenreihe Konstruktionstechnik. Band 1. TU Berlin. Berlin 1980.
Feilcke, D.:
Die Gedankenwelt des Ingenieurs. Mitteil. Des Vereins deutscher Ing. Nr. 2.
Beck, Th.:
Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues. Berlin 1899.
Kuntz, A.:
Technikgeschichte und Museologie. Frankfurt/M., Bern.
Müller, J.:
Samter, H. (Hrsg.): Reich der Erfindungen. Bindlach 1998 (Reprint der Ausgabe von 1901).
Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften. Berlin, Heidelberg, New York 1990.
Hanffstengel, G.:
Technisches Denken. Berlin 1922.
Bach, K.:
Denkvorgänge beim Konstruieren. Konstruktion, 25. Jg., Januar 1973, H. 1, S.1 ff.
Biographische Literaturbeispiele:
Lili Du Bois-Reymond:
Max Eyth. Ingenieur, Landwirt, Dichter. Berlin 1931.

- Körte, W.:
Albrecht Thaer. Sein Leben und Wirken. Leipzig 1839.
Eyth, M.:
Lebende Kräfte. Berlin 1908.
Eyth, M.:
Hinter Pflug und Schraubstock. Berlin 1902.
Diesel, E.:
Diesel. Der Mensch. Das Werk. Das Schicksal. Hamburg 1911.
Beer, B.:
Louis Schwartzkopff. Leipzig 1943.

Kapitel 5:

- Graf, U.:
Darstellende Geometrie. Heidelberg 1939.
Weitzel, K. G. (Hrsg.):
Die Schule des Maschinentechnikers.
4. Band: Die Stereometrie.
5. Band: Das Wichtigste aus dem geometrischen Zeichnen und der Projektionslehre.
Leipzig 1895.
Schlottke, J.:
Lehrbuch der Darstellenden Geometrie. Leipzig 1923 (?)
Bachmann, A. u. Forberg, R.:
Technisches Zeichnen. Stuttgart 1963.
Schmidt-Römer, H.:
Geometrische Rekonstruktion. Berlin 2005 (Selbstverlag).
Eggers, W.:
Lehrbuch des Zirkelzeichnens.
Lehrbuch des Projektionszeichnens.
Lehrbuch der darstellenden Geometrie.
Leipzig 1910.
Haeder, O.:
Schnellperspektive. Berlin 1944.
Gramm, H. (Hrsg.):
Einführung in das technische Zeichnen. Wittenberg 1941.
Hubka, V.:
Theorie der Konstruktionsprozesse. Berlin, Heidelberg, New York 1976.
Fucke, R. u.a.:
Darstellende Geometrie für Ingenieure. Leipzig 1998.
Koller, R.:
Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau.
Berlin, Heidelberg, New York 1976.
Schneider, W.:
Technisches Zeichnen für die Praxis. Braunschweig 1958.
Hansen, Fr.:
Konstruktionswissenschaft. München, Wien 1974.
Uhland, W. H.:
Skizzenbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Leipzig 1884.
Armengaud, A.:
Publication industrielle des Machines, Outils et Appareils. Paris 1859
Kaiser, L. J.:
Der technische Zeichner. Berlin 1938.

Sturm, R.:
Elemente der darstellenden Geometrie. Leipzig 1900.
Rehbock, F.:
Geometrische Perspektive. Berlin, Heidelberg, New York 1980.
Volk, C.:
Das Maschinenzeichnen des Konstrukteurs. Berlin 1929.
Boehm, G.:
Studien zur Perspektivität. Heidelberg 1968.
Krieger, K.:
Darstellende Geometrie. Strelitz/Mecklenburg 1920.

Kapitel 6, 7, 8, 9 und 10:

Uhland, W. H. (Hrsg.)
Skizzenbuch für den practischen Maschinen-Construkteur. Bd. I bis VIII. Leipzig 1885.
Haeder, H.:
Die Dampfmaschinen. I. und II. Bd. Duisburg 1902.
Haeder, H.:
Tafelband (Zeichnungen und Bilder) zu II. Bd. „Dampfmaschinen“. Duisburg 1902.
Reuleaux, F.:
Der Konstrukteur. Braunschweig 1861.
Sell, R.:
Angewandtes Problemlösungsverhalten. Berlin 1991.
Riedler, A.:
Das Maschinen-Zeichnen. Berlin 1913.
Redtenbacher, F.:
Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus. Mannheim 1852.
Haindl, S.:
Maschinenkunde und Maschinenzeichnen. München 1852.
Perels, E.:
Die Fortschritte auf dem Gebiet des landwirthschaftlichen Maschinenbaus. Berlin 1865.
NN.:
Klosterstraße 36. Sammeln, Ausstellen, Patentieren.
Zu den Anfängen Preußens als Industriestaat. Berlin 2014 (Ausstellungskatalog).
Redtenbacher, F.:
Der Maschinenbau. Mannheim 1862.
Feldhaus, F. M.:
Ruhmesblätter der Technik. Bd. 1 und 2. Leipzig 1924.
Volk, C.:
Das Maschinenzeichnen des Konstrukteurs. Berlin 1929.
Tetzner, F.:
Die Dampfkessel. Dortmund 1904.
Div. Autoren:
Die Maschinenbauschule. Bd. 1 bis 4. Potsdam, Leipzig 1922 (?)
Hock, G.:
Technisches Praktikum. Leipzig 1918.
Schmerse, P.: Anforderungen der Werkstatt an das Konstruktionsbureau.
In: Zeitschr. d. Vereins deut. Ing.; Bd. 63, 1919, Nr. 18, S.397 ff.

Kapitel 11, 12, 13 und 14:

v. Pirani, M.:
Graphische Darstellungen in Wissenschaft und Technik. Berlin 1957.
Reuleaux, F.:
Lehrbuch der Kinematik. Braunschweig 1875.
Diercks, H. u. Euler, H.:
Praktische Nomographie. Düsseldorf 1942.
d'Ocagne, M.:
Traité de Nomographie. Paris 1899.
Culmann, K.:
Graphische Statik. Zürich 1866.
Federhofer, K.:
Grafische Statik und Kinetostatik. Berlin 1932.
Krämer, O.:
Getriebelehre. Karlsruhe 1966.
Wittenbauer, F.: Zeichnende Kinematik im Werkzeugmaschinenbau.
In: Zeitschr. des Vereins deut. Ingenieure, Bd.66, Nr. 2, 14.1.1922 und Nr. 3, 21.1.1922.
Beyer, R.:
Technische Kinematik. Leipzig 1931.
Dizioglu, B.:
Getriebelehre Band I bis III. Braunschweig 1965, 1967, 1966.
Grübler, M.:
Getriebelehre. Berlin 1917.
Meyer zu Capellen, W.:
Leitfaden der Nomographie. Stuttgart 1954.
Gutermuth, M. F.:
Die Dampfmaschine. Bd. 1 bis 3. Berlin 1928.
Szabo, I.:
Höhere Technische Mechanik. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956.
Rühlmann, M.:
Geschichte der technischen Mechanik. Leipzig 1885.
Div. Autoren:
Die Maschinenbauschule. Bd. 1 bis 4. Potsdam, Leipzig 1922 (?)
Haeder, H.:
Die Dampfmaschinen. I. und II. Bd. Duisburg 1902.
Müller, E. und Kruppa, E.:
Lehrbuch der Darstellenden Geometrie. Wien 1961.
Fucke, R., Kirch, K. und Nickel, H.:
Darstellende Geometrie für Ingenieure. Leipzig 1977.
Haeder, H.:
Schnellperspektive. Berlin 1906 (?)
Schmidt-Römer, H.:
Geometrische Rekonstruktion. Berlin 2005 (Selbstverlag).
Albertz, J. und Jänsch, R. D. (Hrsg.):
50 Jahre Photogrammetrie an der Techn. Universität Berlin. Berlin 1981.
Danielowski, F. und Pretzsch, A.:
Architekturperspektive. Berlin 1976.

Kapitel 15:

Dreier, F. A.:
Winkelmessinstrumente vom 16. bis zum 19. Jhd. Berlin 1979.
Adams, G.:
Geometrische und graphische Versuche. Darmstadt 1985.
Engelmann, M.:
Altwissenschaftliche Instrumente. Amsterdam 1924.
Furtenbach, J.:
Mechanischer Reißladen. Augsburg 1644.
Kirchvogel, P. A.:
Der Hofmechaniker J. Chr. Breithaupt. Kassel 1938.
Keim, K.:
Das Papier. Stuttgart 1956.
Rohde, A.:
Geschichte der wissenschaftlichen Instrumente. Leipzig 1928.
Bartels, K. B.:
Papierherstellung in Deutschland. Berlin 2011.
Feldhaus, F. M.:
Ruhmesblätter der Technik. Bd. 1 und 2. Leipzig 1924.
Nedoluha, A.:
Kulturgeschichte des technischen Zeichnens. Wien 1960.
Naatz, H.:
Ein neues zeichnerisches Integriermittel.
In: Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. Bd. 63, Nr. 35, S. 826 ff.

Kapitel 16, 17, 18:

Bauer, K. F.:
Stammbaum der Schrift. Frankfurt 1937.
Blanckertz, R.:
Schreibwerkzeug und Schriftform. Berlin 1933.
Hauschild, H.:
Die Schrift. Leipzig 1955.
Endress, F.:
Handgeschriebene Schriften. Beschriftungen verschiedenartiger Anwendungen in der Technik, für Gewerbe, Schule und Haus. 1918.
Sturm, R.:
Darstellende Geometrie. Leipzig 1900.
Schuberth, H.:
Das Lichtpausverfahren. Wien 1914.
Uhland, W. H.:
Skizzenbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Leipzig 1884.