

Block 1

Inhalt

1.	Einführung.....	1	5.	Die geometrischen Grundlagen des konstruktiven Zeichnens.....	119
2.	Zur Kulturgeschichte technischer Darstellungen.....	3	5.1	Anschaulichkeit und Maßgerechtigkeit.....	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	Schöpfrad (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.....	

1. EINFÜHRUNG

Dem „konstruktiven Zeichnen“ in der Technik eine ganze Publikation zu widmen ist ungewöhnlich. Insbesondere wenn der Anspruch besteht, das Thema etwas umfassender darstellen zu wollen. Was kann beim konstruktiven Zeichnen „umfassend“ sein? Üblich ist die Behandlung der handwerklichen Seite des Zeichnens. Es gibt in der Literatur wenige weiterreichende Quellen, die sich mit technischen Darstellungen befassen. Betrachtet wird das Thema häufig aus „geisteswissenschaftlicher“ Sicht. Die Abhandlungen bewegen sich im Analyse- und Interpretationssystemen dieser Wissenschaften. Typisch sind Betrachtungen über Syntax und Semantik technischer Dokumentationen, über die handlungstheoretischen Aspekte des Zeichnens, den psychologischen Determinanten der Entscheidungsfindung bei defizitären Informationssituationen etc. Das ist im theoretischen System eines Wissenschaftsgebäudes sicherlich wichtig. Ob dabei erfasst werden kann, was unter den realen Bedingungen in einem konstruktiven Entwicklungsprozess geschieht, sei dahingestellt. Es ist an der Zeit, alle Facetten der praktischen Seite des „konstruktiven Zeichnens“ darzustellen. Viel Zeit bleibt nicht mehr. Das „konstruktive Zeichnen“ verschwindet zusehens aus der der Bilderwelt der Technik.

Für Außenstehende ist es schwer zu verstehen, dass in den Entwicklungsprozessen, in denen intensiv mit zeichnerischen Darstellungen aller Art gearbeitet wird, das Meiste fehlt, also „nicht sichtbar dargestellt“ wird. Untersuchungen zeigen, dass bei nahezu allen Prozessen des Entwerfens technischer Objekte, z.B. beim Entwickeln funktionaler Strukturen, beim Bewerten, Variieren, Dimensionieren, Formgeben usw. überwiegend „innere Bilder“ im kognitiven System des Entwickelnden existieren. Einige Autoren sprechen auch von „inneren Ansichten“ oder einem „inneren Auge“ des Konstrukteurs (siehe z.B. das Buch von E. S. Ferguson „Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs“ (Basel 1993)). Unglücklicherweise ist diese Fähigkeit des Umsetzens eines Gedankens in ein fast reales „inneres Bild“ nicht Jedermann gegeben. Das, was beim Entwerfen im kognitiven System des Akteurs geschieht ist naturgegeben nicht sichtbar. Versuche mit denkpsychologischen Verfahren etwas Einblick in die Gedankenwelt zu bekommen, sind gescheitert. Es kommen zu viele „innere Dimensionen“ zusammen, z. B. die Erfahrungen mit den verschiedenen Technologien, mit schon einmal realisierten Funktionen, mit den Möglichkeiten des eigenen Produktionspotentials, mit den bevorzugten Methoden des Problemlösens und vieles mehr. Alles fließt im „inneren Bild“ zusammen.

Im öffentlichen Diskurs dominiert bei der Lösung beliebiger Probleme das Sprachliche. Es wird sehr viel verbalisiert, formuliert, geschrieben und wenn es sehr komplizierter wird, verfasst man eine größere Abhandlung. Vor einigen Jahrzehnten war es in der Denkpsychologie Mode, das Denken in ein sprachliches und nichtsprachliches zu differenzieren. Etwas provokant formuliert war es so, dass die Experten durch sinnvolle Experimente schon Regionen im Gehirn des Menschen identifiziert hatten, in denen diese unterschiedlichen Kategorien angesiedelt waren. Unglücklicherweise gab es viele Experten und sehr viele Regionen. Es kam zu Überschneidungen und es wurde eng im Gehirn. Man hat sich von diesen Vorstellungen gelöst. Geblieben aus dieser Zeit ist etwas Plausibles, nämlich der leicht zu verifizierende Umstand, dass Menschen auf unterschiedliche Arten denken, die, sehr stark vereinfacht, in die beiden Kategorien „sprachliches und nicht-sprachliches (bildliches) Denken“ eingeordnet werden können. Beim Lösen konstruktiver Problem ist das „bildliche Denken“ vorherrschend. Das ist bei entsprechendem Erfahrungshorizont unmittelbar plausibel, da das Ergebnis eines Problemlösungsprozesses in der Technik im Regelfall ein reales technisches Objekt ist, das vorab in allen wichtigen Merkmalen dargestellt werden muss. Eine prägnante Form des „bildlichen Denkens“ kennen vermutlich viele aus eigener Erfahrung. Wenn die Lösung eines technischen Problems schwierig wurde, setzte man im Allgemeinen eine Teamsitzung an. In deren lebhaften Verlauf die Gruppe immer

schweigsamer wurde, bis nur noch mit Hilfe von Skizzen kommuniziert wurde, sich aber alle verstanden haben, ohne das ein Wort fiel und im Anschluss alle der Meinung waren, sie hätten sich sehr angeregt unterhalten. Das „bildliche Denken“ ist Schwerpunkt in dieser Publikation.

Etwas ungewöhnlich ist es, eine Beziehung zwischen dem konstruktiven Zeichnen und dem Bereich herzustellen, der üblicherweise als „Kunst“, in diesem Fall als „Zeichenkunst“, bezeichnet wird. Die „Kunstschaffenden“ (wie immer man sie definieren mag) werden irritiert sein. Nicht ganz zu unrecht. Das was in den letzten 100 Jahren als „technische“ Zeichnungen angefertigt wurde, war meistens Handwerk, heute ist es die Arbeit von Computern. Das Dilemma löst sich auf, wenn man in der Geschichte etwas weiter zurück geht. Am eindeutigsten wird es bei den kolorierten Darstellungen technischer Objekte der Renaissance. Die Handzeichnungen von Mechanismen des Leonardo da Vinci hängen beispielsweise als Preziosen in den bedeutendsten Museen. Wenn man noch weiter zurück geht, löst sich das Problem, was Kunst und was konstruktive Zeichnung ist, auf. Es gab keinen Unterschied. In dieser Publikation wird die Bezeichnung „konstruktive Zeichnung“ verwendet. Damit ist gemeint, dass sowohl die Frühformen technischer Darstellungen, die aufwendig kolorierten Zeichnungen mechanischer Mechanismen des Mittelalters als auch die nüchternen technischen Zeichnungen der Neuzeit alle unter dieser Bezeichnung zusammengefasst werden.

Es hat in der langen Geschichte der Technik auch Versuche gegeben, geplante technische Objekte mit „nicht-bildlichen“, also sprachlichen Kategorien zu beschreiben. Einige Beispiele finden sich in dieser Publikation. Es wurde sogar eine besondere Sprache mit eigener Syntax und eigener Semantik entwickelt. Sie konnte sich bei der Beschreibung technischer Objekte nicht durchsetzen. Die Beschreibung eines funktional etwas anspruchsvolleren Objekts hat schnell einige Hundert Aspekte. Die versuchten Beschreibungen füllten ganze Bücher. Ein Verstehen war unmöglich. Als Handlungsanweisung zur Realisierung technischer Objekte waren die sprachlichen Beschreibungen unbrauchbar.

Ein weiterer Schwerpunkt in diesem Buch ist die Behandlung der geometrischen Grundlagen des konstruktiven Zeichnens. Sie führt weit in die Frühzeit unserer Kultur zurück. Der Weg bis zu den heutigen Formen technischer Darstellungen dauerte Jahrtausende. Neue Forschungen weisen auf eine Dauer von mehr als 50000 Jahren hin. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Zeit vom 17. bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts. Sie kennzeichnet den endgültigen Übergang von den anschaulichen Darstellungen zu den abstrakteren Darstellungen der Projektionsmethode. Das Objekt wurde jetzt in einer Reihe unterschiedlicher Ansichten gezeichnet. Das Dilemma, zum einen in guter Anschaulichkeit zu zeichnen und dabei maßgerecht zu sein, war nicht anders zu lösen. Die Lehre von den Projektionen ist ein Teilgebiet der Geometrie. Eine Wissenschaft, die heute kaum noch gelehrt wird. Diese geometrischen Grundlagen, sie sind zum Verständnis des konstruktiven Zeichnens zwingend. Sie werden in einem gesonderten Kapitel genauer behandelt. In der Phase des Übergangs von den anschaulichen Darstellungen zu den projektiven entwickelte sich auch eine besondere Form des „bildlichen Denkens“ heraus. Die abstrakten Projektionen einzelner Ansichten einschließlich der komplizierten Schnitte und weiterer Details mussten im kognitiven System des Betrachters zu einem anschaulichen Bild vereinigt („gedacht“) werden und mit diesem dreidimensionalen inneren Bild wurde „gearbeitet“. Das Erlernen erforderte viel Übung und dauerte einige Zeit. Zur Erleichterung erstellte man eine Zeit lang konstruktive Zeichnungen, die beide Arten enthielten, die abstrakten Projektionen und eine anschauliche Skizze des gleichen Objekts.

Zur anschaulichen Einführung in die Bilderwelt des konstruktiven Zeichnens sind am Anfang diese Publikation einige historische Zeichnungen technischer Objekte aufgenommen worden. Das zur Verfügung stehende Material ist reichhaltig und die Auswahl sicherlich willkürlich. Aber durch die gewählte chronologische Struktur werden die Veränderungen, die

Weiterentwicklungen der konstruktiven Zeichnungen deutlich. Der historische Bezug erleichtert das Verstehen der Entwicklung des konstruktiven Zeichnens.

Schwieriger wird es beim nächsten Aspekt. Die konstruktive Arbeit beim Entwickeln eines technischen Objekts läuft in einzelnen Phasen oder Schritten ab. Im Prinzip geht der Prozess vom „Abstrakten zum Konkreten“. Diese Phasen gab es in der Geschichte der Technik immer schon. Sie waren mal mehr oder weniger ausgeprägt. Heute gibt es Modelle des Konstruktionsprozesses, die den Ablauf in deutlich getrennte Phasen gliedern. Wesentlich bei allen Überlegungen ist, dass es extrem unterschiedliche Formen des konstruktiven Zeichnens gab und gibt. Das Spektrum reicht von individuellen unterschiedlichen anschaulichen Skizzen, abstrakten Schematazeichnungen, unvollständigen Strichskizzen bis zu den bekannten technischen Zeichnungen. Wenn das konstruktive Zeichnen behandelt wird, gehören alle diese Formen dazu. Leider sind in der überwiegenden Zahl der Fälle nur die endgültigen Darstellungen erhalten geblieben. Die zeichnerischen Vorarbeiten wurden meist vernichtet. Sie waren nach der Erstellung des endgültigen Entwurfs wertlos. Beispiele für diese Form des konstruktiven Zeichnens zu finden war schwierig.

Das konstruktive Zeichnen wird im Allgemeinen sehr eingeschränkt als reine Zeichenarbeit behandelt. Zur umfassenden Darstellung fehlen die Anteile und Arbeitsgebiete mit geringerem Zeichnungsanteil aus den Disziplinen der Statik, Kinematik, Festigkeitsphysik u.ä. Sie haben im Allgemeinen eine enge Verbindung zur Mathematik. Gemeint sind die Gebiete der Graphostatik, Graphokinematik und Nomographie, um nur einige zu nennen. Bei vielen Berechnungen hatten die graphischen Verfahren eine dominierende Bedeutung. Die zeichnerischen Lösungen wurden von Konstrukteuren erarbeitet. Eine spezielle Berufsgruppe für diese Arbeiten gab es nicht. Bei der Berechnung von Maschinenteilen standen die Konstrukteure früher oft vor einem mathematischen Dilemma. Die zur Lösung notwendigen Gleichungssysteme waren schwer oder geschlossen gar nicht lösbar. Die graphischen Verfahren führten schnell und hinreichend genau zur Lösung. Die zeichnerischen Verfahren der Maschinenwissenschaften sind völlig verschwunden. Sie wurden ersatzlos durch digitale Systeme ersetzt und sind heute vergessen. Zu diesen Aspekten des konstruktiven Zeichnens wurde ein gesondertes Kapitel aufgenommen. Im Anhang findet man einige Beispiele dazu.

Wenn man die Geschichte der „Kunst des konstruktiven Zeichnens“ behandelt gehören auch die Mittel dazu, die von den Künstlern, Kunstmeistern, Handwerkern und Ingenieuren zum Anfertigen der Zeichnungen verwendet worden sind. Hier zeigen sich gravierende Unterschiede zur „Zeichenkunst“. Im Laufe der langen Geschichte des konstruktiven Zeichnens hat es von Anfang an intensive Entwicklungen gegeben, das Zeichnen zu vereinfachen. Es gab Berufsgruppen, die sich ausschließlich auf den Bau von Zeichenutensilien spezialisiert hatten. Angefangen bei den Zirkelschmieden des Mittelalters über die Instrumentenbauer bis zu den spezialisierten Herstellern von „Reißzeugen“ im 19. Jahrhundert reicht das Spektrum. Hunderte unterschiedlicher Hilfsmittel wurden angeboten. Selbst für einfache, wiederkehrende Aufgaben kam eine Vielzahl unterschiedlicher Apparate zum Einsatz. Die Funktion einiger anspruchsvollerer Hilfsmittel ist so kompliziert, dass sie heute nur nach intensivem Studium verstanden wird. Als Beispiel sind die komplizierten Mechanismen zu nennen, die es gestatteten, aus einzelnen Projektionen exakte perspektivische Bilder zu erzeugen. Dem Aspekt der Arbeitsmittel des konstruktiven Zeichnens wird ein eigenes Kapitel gewidmet.

Bemerkung:

Der Umfang des Buches liegt bei über 300 Seiten. Der Inhalt ist in 19 Kapitel gegliedert. Es ist nicht möglich, diese Publikation schnell und in „einem Zug“ zu lesen. Umfang und Lesegewohnheiten lassen es ist daher sinnvoll erscheinen, einige Sachverhalte an geeigneten Stellen zu wiederholen. Primär sind das Sachverhalte, die zu unterschiedlichen Aspekten des konstruktiven Zeichnens einen historischen Bezug herstellen. Bei dem Anspruch des Buches ist es dem Leser nicht zuzumuten, ständig Hinweisen nachzugehen, die auf Inhalte in anderen Kapiteln verweisen. Die Wiederholungen sollen das Lesen erleichtern und einen einfachen Quereinstieg in die verschiedenen Aspekte des konstruktiven Zeichnens ermöglichen.

Bemerkung:

Es gibt in der Geschichte der Malerei eine Vielzahl von Gemälden, die technische Objekte darstellen. Je nach Epoche, in unterschiedlichen Stilrichtungen und in den unterschiedlichsten Techniken. Je nach Intention des Künstlers oder Anforderungen des Auftraggebers zeigen diese Bilder die technischen Objekte in ihren ästhetischen Dimensionen, in der Dynamik ihrer Funktion, in ihrer Größe und Bedrohlichkeit und in ihrem historischen Bezug. Die Basis für das konstruktive Zeichnen war immer die Wissenschaft der Geometrie. Bei den zumeist anschaulichen Bildern in der Malerei werden „perspektivische Darstellungen“ der Objekte eingesetzt. Die Perspektive ist in der Geometrie ein weites und schwieriges Arbeitsgebiet. Im Gegensatz zu den anschaulichen Bildern in der Technik, mit ihrer meist genau herausgearbeiteten Perspektive, sind die Freiräume in der Malerei natürlich größer. Man findet Gemälde technischer Objekte, die nach einer genauen perspektivischen Vorkonstruktion angefertigt worden sind, relativ selten. Sie waren vermutlich für Kunstinteressierte nicht sonderlich reizvoll. Ästhetisch lagen sie nahe bei den üblichen perspektivischen Abbildungen der technischen Bilderwelten. Die untere Abbildung zeigt die Schwarz-Weiß-Wiedergabe eines Ölgemäldes von Carl Grossberg. Betitelt war es als „Der gelbe Kessel“. Grossberg fertigte es 1933 an. Den starken räumlichen Eindruck erhält das Gemälde durch die durchgehende und exakte Anwendung der senkrechten Zentralprojektion mit einem Fluchtpunkt.

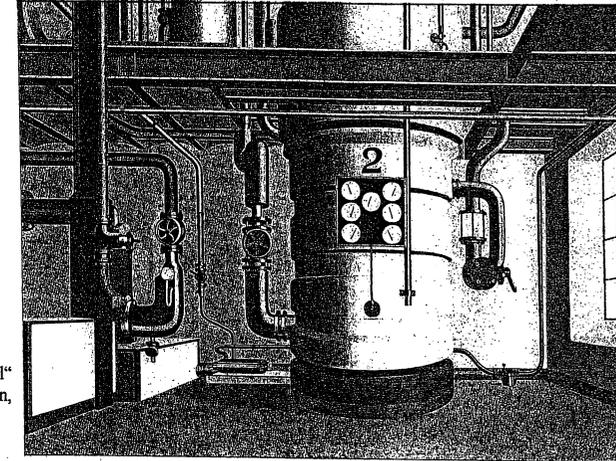


Bild 1/1:
Ölgemälde „Der gelbe Kessel“
(Schwarz-Weiß-Reproduktion,
Ausschnitt)
von C. Grossberg, 1933

Sehr selten wurden Projektionszeichnungen von Künstlern direkt als Vorlagen für Gemälde verwendet. Der Maler Konrad Klapheck (1935 – 2023) malte Objekte des Alltags in senkrechter Parallelprojektion scheinbar technisch exakt. Es war seine künstlerische Antwort auf die abstrakte Malerei. Die Bilder gaben die Objekte aber nicht exakt wieder, sondern verzerrt.

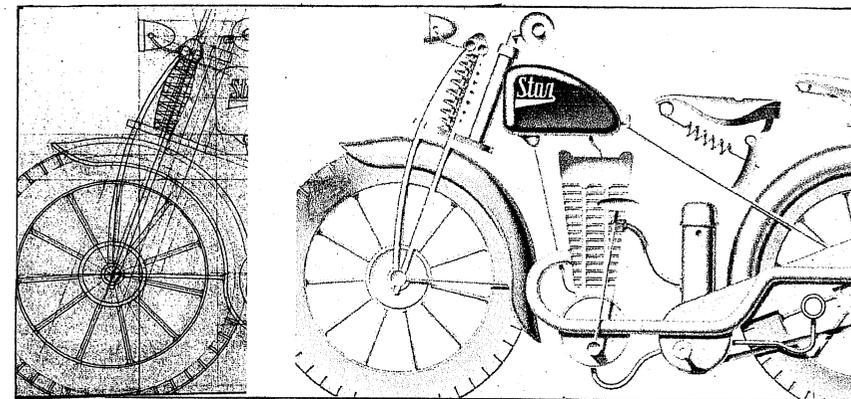


Bild 1/2: Projektive Vorlage (links) und Gemälde (rechts) eines Motorrades, um 1980 (?)

Bemerkung:

Die Zeichnung ist ein künstlerisches Genre, das Formen und Verhältnisse von realen Objekten, Gedanken, Ideen u.a.m. primär mit Hilfe von Linien auf ebenen Materialien wiedergibt. Das ist eine sehr kurze und verdichtete Definition von „Zeichnung“. Die Genre Grenzen zwischen anderen künstlerischen Disziplinen (z.B. Malerei, Graphik, Skulptur etc.) und der Zeichnung sind fließend. Die historische Entwicklung der Zeichnung wird im Kapitel 2 in kurzer Form mit dem Schwerpunkt auf der Darstellung technischer Objekte behandelt. Es gibt aber noch andere Facetten des Mediums „Zeichnung“, zum Beispiel eine mythologische, eine künstlerische/kunstgeschichtliche, eine den psychologische, eine entwicklungsgeschichtliche, um nur einige zu nennen.

In der altgriechischen Mythologie wird von der Tochter des Dibutades als der ersten Zeichnerin berichtet. Der Sage nach hat sie den Schatten des Profils ihres scheidenden Geliebten an einer Wand umschrieben, also einen Linearumriss auf Grundlage eines Schattens angefertigt. Das ist dem Vorgehen unserer prähistorischen Vorfahren ähnlich, die früh begonnen haben, Umrisszeichnungen von Gegenständen und Körperteilen (beispielsweise Händen) an Höhlenwände zu applizieren. Damit wird ein Zweck von Zeichnungen definiert, nämlich als Hilfe für eine Erinnerung oder das dauerhaften Festhaltens eines Moments. Nicht nur Linearumrisse, auch Schattierungen waren bei den Griechen bekannt. Anschauliche Darstellungen mit räumlicher Wirkung gab es nur als erfahrungsabhängige Annäherung an die Realität. Die Räumlichkeit wurde durch eine Tiefenstaffelung der Objekte versucht. Eine langjährige Übung erlaubte es, recht gute Eindrücke zu erzeugen. Die Gesetze der Zentralprojektion waren unbekannt. Telephanes soll durch Schraffuren die Form von Objekten räumlich hervorgehoben haben. Inhaltlich wurden in der griechischen Klassik primär bedeutende Ereignisse und herausragende Persönlichkeiten dargestellt. Zur Präsentation dienten öffentliche Räume. Zeichnerische Darstellungen technischer Objekte sind nicht überliefert. Es gab keine Notwendigkeit für diese Darstellungen. Zur Schaffung der großen Monumente müssen zwar „Pläne“ vorhanden gewesen sein, eine dauerhafte Dokumentation dieser „Pläne“ war nicht notwendig. Wenn das Objekt fertig war, brauchte man sie nicht mehr. Die Ausbildung im Zeichnen war langwierig und streng. Bei Pamphilus, einem bekannten Lehrer der Zeichenkunst, dauerte die Ausbildung zehn Jahre. Die Schüler stellten nach ihrer Ausbildung ihr Können öffentlich vor. In einem Wettstreit wurde der Beste ermittelt. Bei den Römern bezeichnete man Lineardarstellungen treffend als „delineare“, übersetzt: Linien ziehen. Unterschiede zwischen künstlerischen Zeichnungen und Zeichnungen der Architektur, der Technik, des Wege- und Brückenbaus und der Wasserversorgung machte man nicht. In der Renaissance fasste man unter dem Begriff „disegno“ verschiedene zeichnerische Disziplinen zusammen. In den Schulen des Zeichnens wurden das „dessin“, das eigentliche Zeichnen und das „dessein“, der übergeordnete Plan hinter der Zeichnung, getrennt gelehrt.

Jeder Kulturkreis hat eine eigene mythologische Seite bei der Entwicklung der Zeichenkunst. In den prähistorischen Phasen unterscheiden sich die Darstellungen einzelner Kulturkreise inhaltlich und in den Ausführungstechniken deutlich. Als Beispiel seien die frühen Felszeichnungen der Ureinwohner Australiens und die frühen Zeichnungen des alten Chinas genannt. Bei den chinesischen Zeichnungen ist eine Besonderheit erwähnenswert, nämlich der Übergang von linearen Objektzeichnungen zu linearen Schriftzeichen. Stark schematisierte Objekteskizzen wurden zur Basis von Schriftzeichen.

Die künstlerische Zeichnung ist eine besondere Form einer Darstellung und mehr als eine graphische Spur auf einem Blatt. Sie ist der individuelle Ausdruck einer „Idee“ realisiert mit zeichnerischen Mitteln. Bei der konstruktiven Zeichnung sind alle Arten von Linien ein Mittel zur Darstellung eines technischen Objekts. Darüber hinaus gibt es wenige Variationen um beispielsweise eine individuelle Note zum Ausdruck zu bringen. Zwischen künstlerischen Zeichnungen und konstruktiven Zeichnungen gibt es einige Überschneidungen, aber auch viele Unterschiede. Einige Unterschiede werden im Folgenden in Kurzform erläutert werden.

Zweck:

Zweck der künstlerischen Zeichnung ist es, Ideen, Gedanken, individuelle Eindrücke u.a.m. auszudrücken und dem Betrachter anzuregen, diesen Ideen zu folgen und sie zu interpretieren, ggf. sogar umzusetzen. Einige Kunstschaffende sehen die „Zweckfreiheit“ und das Fehlen eines „Nutzens“ als eigentliches Merkmal des künstlerischen Schaffens. Die künstlerische Zeichnung ist Ergebnis und Abschluss eines Prozesses. Konstruktive Zeichnungen dagegen haben einen bestimmten Zweck. Sie sollen im Allgemeinen eine Idee festhalten oder so darstellen, dass die Schaffung eines realen Objekts möglich ist. Sie sollen ohne Rücksprache mit dem Ersteller der Zeichnung verständlich sein, d.h. vollständig und eindeutig. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von „nützlichen Künstlern“. Die konstruktive Zeichnung ist nur Abschluss des Zeichenprozesses, aber nicht der Abschluss des technischen Prozesses. Der weitaus größere Teil folgt noch: die Realisierung des Objekts.

Nachzutragen bleibt noch, dass es in der Geschichte des konstruktiven Zeichnens Phasen gab, in denen der unterschiedliche Zweck künstlerischer und konstruktiver Zeichnungen nicht zu einer Differenzierung herangezogen werden konnte. Die aufwendige Ausarbeitung mit entsprechendem Einsatz von Farben, Lavierungen und Schatten einiger konstruktiver Zeichnungen des 14. und 15. Jahrhunderts war für die technische Dokumentation nicht erforderlich. Sie diente vermutlich zur Präsentation einer Idee oder dem Vergnügen beim Betrachten einer harmonischen, visuellen Darstellung.

Im 16. und 17. Jahrhundert war die Beschäftigung mit mechanischen Effekten eine weit verbreitete „Mode“ in den gebildeten Kreisen. Das Verstehen und das funktionale Nachempfinden der verschiedenen Wirkungen übten eine große Faszination aus. Basis dieser „Mode“ waren konstruktive Zeichnungen, die in allgemein verständlicher Weise, und zwar meist als perspektivische Darstellungen, die Mechanismen zeigten. Es gab ganze Bücher, die gefüllt waren mit mechanischen Ideen dieser Art. Im Gegensatz zu den üblichen konstruktiven Darstellungen dienten die Abbildungen der Mechanismen aber nicht zur Herstellung der Objekte. Sie hätten, das war offensichtlich, nur in Ausnahmefällen ihre Funktion erfüllen können. Im Allgemeinen hatten sie, wie die künstlerische Zeichnung, keinen „nützlichen Zweck“. Das Vergnügen des „Verstehens“ kompliziertester Mechanismen stand beim Betrachter im Mittelpunkt.

Völlig aus dem Vergleichsrahmen künstlerische-konstruktive Zeichnung fallen die konstruktiven Zeichnungen der graphischen Verfahren der Kinematik und Statik im 19. Jahrhundert. Sie sind ein Zwischenglied zwischen dem Zeichnen und der Physik. Ähnliches gilt für das spezielle Gebiet der Nomographie als Zwischenglied zwischen dem Zeichnen und der Mathematik.

Interaktion:

Beim künstlerischen Zeichnen tritt der Künstler mit dem Betrachter in eine Interaktion, die über das Visuelle das Empfinden anregt. Die Zeichnung ist einmalig, ein Unikat. Ein gewisses Verständnis, eine gewisse Empathie ist beim Betrachter notwendig, um die Idee des Dargestellten zu erfassen. Eine Interaktion findet nur zwischen der Darstellung und dem jeweiligen Betrachter statt. Die Phantasie spielt eine große Rolle. Beim konstruktiven Zeichnen findet die Interaktion in den relativ engen Grenzen eines vorher bestimmten Interpretationsrahmens statt. Das ist eine zwingende Voraussetzung, da ein Verstehen, ein Austausch über die dargestellte Idee, zwischen einer Vielzahl an Beteiligten mit unterschiedlichen Aufgaben notwendig ist. Die Interaktion geht über den zeichnerischen Inhalt hinaus. Die Objektherstellung muss beispielsweise „mitgedacht“ werden. Die konstruktive Zeichnung ist selten ein Unikat. Die Möglichkeit zur Vervielfältigung ist schon bei der Anfertigung der Zeichnung zu berücksichtigen.

Individuelle Voraussetzungen:

Gleiche Ideen und Inhalte können beim künstlerischen Zeichnen durch verschiedenartige Darstellungen ausgedrückt werden. Die Persönlichkeit des Künstlers, seine Geschichte spiegelt sich in der Ausführung wieder. Viele Künstler sind anhand ihres individuellen Zeichenstils, ihres Könnens, eindeutig identifizierbar. Ohne natürliche Veranlagung kann eine gute Zeichnung kaum gelingen. Durch das Lernen und Üben können im Allgemeinen nur vorhandene Anlagen weiter ausgebildet, nicht aber grundlegende Fähigkeiten geschaffen werden. Die individuellen Voraussetzungen beim konstruktiven Zeichnen sind völlig andere. Vorhandene Anlagen zum Zeichnen sind zwar nützlich, aber nicht entscheidend. Der Rahmen der zeichnerischen Ausführung ist durch Regeln festgelegt. Sie verändern sich nur langfristig. Sie sind, einschließlich der notwendigen Zeichentechniken, leicht erlernbar. Schwer erlernbar ist das abstrakte räumliche Denken. Die Ideen werden beim konstruktiven Zeichnen als erstes „gedacht“, und zwar im kognitiven System. Sie werden „im Kopf“ variiert, optimiert, bewertet und gestaltet. Die ausgeführte konstruktive Zeichnung ist nur die endgültige visuelle Dokumentation dieses Denkprozesses. Die Schwierigkeiten potenzieren sich, wenn in Projektionen „gedacht“ werden muss. Das Denken in diesen abstrakten anschaulichen Dimensionen der Darstellenden Geometrie ist nicht jedermann gegeben. Die Entwicklung eines entsprechenden räumlichen und zeitlichen Vorstellungsvermögens erfordert eine intensive Ausbildung. Unmittelbar verständlich wird das Problem wenn man beispielsweise Ergänzungsübungen des technischen Zeichnens betrachtet, bei denen einige Projektionen unvollständig gegeben sind und ergänzt werden müssen. Es gibt Studierende, die das auch nach intensiver Übung nicht fehlerfrei beherrschen.

Qualifikation:

Aus dem Vorgenannten leitet sich unmittelbar ein Teil der Qualifikationsunterschiede zwischen künstlerischem und konstruktivem Zeichnen ab. Dabei ist das Erlernen der unterschiedlichen Zeichentechniken von künstlerischen und konstruktiven Zeichnungen ein geringes Problem. Der größte Unterschied liegt in der Andersartigkeit der notwendigen Vorbildungen. Konstruktives Zeichnen im Sinne der zeichnerischen Umsetzung einer innovativen Idee ist ohne langjährige und umfassende Kenntnisse auf unterschiedlichen technologischen Gebieten nicht möglich. Im Allgemeinen gehören auch praktische Erfahrungen bei der Anwendung unterschiedlicher Technologien zur Basisqualifikation beim konstruktiven Zeichnen. Dieser Gedanke findet sich wieder bei den Eingangsvoraussetzungen technischer Studiengänge. Als Eingangsqualifikation war jahrzehntlang eine abgeschlossene Lehre notwendig.

Formalisierung:

Das künstlerische Zeichnen ist eine freie Technik. Sie wird von Hand mit einfachen Hilfsmitteln ausgeführt. Formale Einschränkungen gibt es nicht. Nur die eingesetzte Zeichentechnik gibt eine Reihe von Restriktionen vor. Das konstruktive Zeichnen ist eine „gebundene“ Technik. Im Laufe der Entwicklung des konstruktiven Zeichnens hat eine Verlagerung von freien Techniken zu den „gebundenen“ stattgefunden. Von den künstlerisch

gestalteten Zeichnungen technischer Objekte beispielsweise der Renaissance ist heute nichts mehr übrig. Ein umfangreiches System von Regeln legt heute die Ausführung der Zeichnung fest. Aus der früheren Zeichenkunst beim konstruktiven Zeichnen ist ein einfaches Handwerk, das des technischen Zeichnens, geworden. Heute wird sie, wenn noch Zeichnungen erforderlich sind, von digitalen Systemen ausgeführt.

Wissenstransfer:

Dieses Problem tritt beim künstlerischen Zeichnen nicht auf. Beim konstruktiven Zeichnen ist es von fundamentaler Bedeutung und nur im Kontext mit der Entwicklung der Technik zu verstehen. In handwerklich orientierten Phasen der Herstellung technischer Objekte war das konstruktive Wissen und das Wissen über die Herstellung (die Technologien, die Maschinen, die Werkzeuge, die Arbeitsausführung u.a.m.) in „einer Hand“. Noch zu Beginn des Industriezeitalters war in den jungen Industriebetrieben der Werkmeister der Träger dieses umfassenden Wissens. Er war Organisator, Ingenieur, Zeichner, Planer und mit seiner Mannschaft Ausführer in einer Person. Im 19. Jahrhundert verlagerte sich dieses Wissen. Durch zunehmende Arbeitsteilung wurde ein Teil und später die gesamte konstruktive Zeichenarbeit in gesonderte betriebliche Abteilungen außerhalb der Werkstatt verlagert. Die Entwicklungs- und Zeichenspezialisten arbeiteten wirtschaftlicher. Das Jahrhunderte alte Werkstattwissen drohte zu verschwinden. Die Lösung war eine Erweiterung der Inhalte der konstruktiven Zeichnung um „Werkstattaspekte“, beispielsweise der Ausführung von Oberflächen, Wärmebehandlungen, des Passens der Teile, der Beschreibung von funktionalen Eigenschaften, der Prüfung und vieles mehr. Aus der einfachen konstruktiven Zeichnung, die „nur“ die zeichnerische Darstellung technischer Objekte beinhaltete, wurde im Laufe der Zeit eine umfangreiche Dokumentation, die das gesamte Wissen der praktisch tätigen Spezialisten in den Werkstätten mit umfasste.

Arbeitsorganisation:

Dieser Aspekt ist beim künstlerischen Zeichnen ohne Relevanz. Beim konstruktiven Zeichnen ist auch die Organisation des Erfindens und der Durchführung der Zeichenarbeit seit Beginn des 19. Jahrhunderts unter den Prämissen der Effektivität und Rationalisierung verändert worden. Zuerst wurde, wie erwähnt, das konstruktive Zeichnen in einen anspruchsvollen kreativen Teil und einen handwerklichen zeichnerischen Teil aufgeteilt. Die kreativen Personen waren höher qualifiziert, besaßen ein größeres Ansehen und verdienten mehr. Durch die Aufteilung wurden sie von Routinearbeiten entlastet. Der nächste Schritt war der verstärkte Einsatz von Gruppenarbeit und interdisziplinären Vernetzungen. Beim künstlerischen Zeichnen war das kaum durchführbar. Ende des 19. Jahrhunderts begann man, den Konstruktionsprozess organisatorisch weiter zu differenzieren, beispielsweise in Vorkonstruktion, Berechnung, Entwurfskonstruktion und endgültige Konstruktion. Im 20. Jahrhundert wurde das konstruktive Zeichnen zu einem ausdifferenzierten Prozessmodell mit einer Vielzahl unterschiedlicher Arbeits- und Entscheidungsschritte weiterentwickelt. Das konstruktive Zeichnen wurde in allen Phasen zu einem zeitlich und inhaltlich genau planbaren und geplanten Ablauf. In großen Unternehmungen konnte die Entwicklung innovativer Produkte zeitlich und inhaltlich nicht dem Zufall überlassen werden. Diese Entwicklung des konstruktiven Zeichnens war quasi „zwangsläufig“.

Gebrauch von Hilfsmitteln und Materialien:

Das Spektrum der Hilfsmittel beim künstlerischen Zeichnen reicht von einfachen Stiften und Kreiden zum Ausführen der Linien in freier Manier bis zur Verwendung von Schablonen, Linealen und speziellen Apparaten (mechanische Hilfen) zum Zeichnen besonderer Geometrien. Die benutzten Materialien zum Zeichnen sind, wie das Material der Zeichenflächen, sehr unterschiedlich. Die Hilfsmittel beim konstruktiven Zeichnen sind deutlich vielfältiger und komplexer. Nur technische Skizzen werden „freihand“ mit einfachen Stiften ausgeführt. Danach kommen die unterschiedlichsten Stifte, Zeichenfedern, Reißzeuge, Lineale und Schablonensätze zum Einsatz. Für spezielle Aufgaben gibt es angepasste mechanische Hilfsmittel, von einfachen Apparaten zum Zeichnen von Kurven bis zu komplizierten Mechanismen zum Zeichnen von z.B. Perspektiven. Als Zeichenfläche wird in der Regel Pergament oder Papier verwendet. Die Anforderungen an Haltbarkeit, Maßhaltigkeit, Lichtbeständigkeit u.a.m. sind hoch.

Öffentliche Relevanz:

Im Kulturbetrieb ist die gesellschaftliche Relevanz verschiedener künstlerischer Ausdrucksformen sehr unterschiedlich, je nach Gesellschaft und abhängig von der betrachteten Epoche. Im 20. Jahrhundert hat das künstlerische Zeichnen im Kulturbetrieb nach wie vor einen hohen Stellenwert. Das konstruktive Zeichnen ist weitgehend aus der öffentlichen Wahrnehmung verschwunden. Das ist plausibel, da die aktuellen konstruktiven Zeichnungen keinerlei „künstlerischen Aspekte“ mehr beinhalten. Es ist standardisiertes Handwerk. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts wird das konstruktive Zeichnen vollständig verschwunden sein. Es ist dann aufgegangen in der digitalen Welt vernetzter Produktionssysteme. Die „analoge Form des Papiers“ ist in diesen Systemen nur hinderlich. Die kulturelle Relevanz des konstruktiven Zeichnens war insbesondere in den technisch geprägten Epochen davor völlig anders. Man vergegenwärtige sich nur der Handskizzen und konstruktiven Zeichnungen der Renaissance. Die technischen Skizzen eines Leonardo da Vincis sind heute bedeutende kulturelle Zeugnisse und Preziosen in vielen Museen. Eine Trennung von zweck- und nutzenfreien Künsten und „nützlichen Künsten“

gab es nicht. Das änderte sich nach der Renaissance. Im Laufe des 18. und 19. Jahrhunderts etablierte sich zwei getrennte Kulturbereiche, zum einen die „Hochkultur“ im Sinne der „Klassik“ und umgangssprachlich formuliert die „Nicht-Kultur“. Diese Differenzierung lebt bis heute fort, beispielsweise in „ernste Musik“ und „Unterhaltungsmusik“, in „ernste Malerei“ und „Gebrauchsmalerei“ etc. Eine der Ursachen für diese scharfe Trennung waren sicherlich die katastrophalen Auswirkungen der Maschinenwelten der Industrie auf die Arbeitswelt und die sozialen Lebensbedingungen weiter Bevölkerungskreise. Eine Besonderheit des einheimischen Kulturbetriebs ist die scharfe Trennung der Hochkultur (schöne Künste) von der Nieder-Kultur („unschöne oder nützliche Künste“). Interessant ist, dass noch Ende des 18. Jahrhunderts technische Objekte und deren Zeichnungen gemeinsam mit den Ergebnissen der „schönen Künste“ in den großen Ausstellungen jener Zeit gemeinsam präsentiert wurden. Erinnert sei auch an die Kunst-Publikationen der Epoche. Die Monatszeitschrift der Akademie der Künste in Berlin firmierte um 1790 unter dem Titel „Monats-Zeitschrift der Akademie der Künste und mechanischen Wissenschaften“. Eine derartige Verbindung ist heute undenkbar.

Bemerkung:

Zur Weitergabe von Informationen mussten deren Träger „handlich“ und „handhabbar“ sein, also relativ klein und leicht. Die Informationen sollten mit einfachen Mitteln und mit geringem Aufwand „eingearbeitet“ werden können. Der Inhalt sollte ferner sicher gegen Verlust geschützt sein. Die Informationen sollten, ohne sie kopieren zu müssen, an wechselnden Orten „gelesen“ werden können. Im Altertum wurden dafür flache, liegende Tafeln aus Stein, Holz oder Elfenbein verwendet. Die Substanzen, in denen gezeichnet wurde, bestanden in der Regel aus „weichen“ Materialien, z.B. Pigmente von fein gemahlener, oftmals farbigen Steine oder einfach feinem Sand (Sandtafeln). In den Tafeln waren bei einigen leichte, flächige Vertiefungen zur Aufnahme der Pigmente eingearbeitet. Gezeichnet wurde mit spitzen Griffeln. Darstellungen waren schnell und einfach anzulegen. Beim Transport dieser Tafeln wurde deren Inhalt oft beschädigt. Eine dauerhafte „Speicherung“ war nahezu ausgeschlossen.

Eine Verbesserung stellten die Wachstafeln dar. Sie wurden schon im antiken Griechenland verwendet und waren noch bis ins Mittelalter in Gebrauch. Üblicherweise wurde auf flach ausgearbeiteten Holz- oder Elfenbeintafeln eine dünne Schicht aus heißem Wachs aufgebracht. In diese Schicht konnte mit einem spitzen Griffel die gewünschte Darstellung dauerhaft eingeritzt werden. Es gab schon die Möglichkeit Fehler zu korrigieren. Mit einem abgeflachten Griffel konnten die Spuren im Wachs geglättet werden. Durch leichtes Erhitzen löschte man die ganze Tafel. Wachstafeln konnten auch aus mehreren Teilen bestehen. Es gab zwei- und vierteilige Wachstafeln. Die heutige Bezeichnung „Triptychon“ für ein dreiteiliges Bild stammt von der dreiteiligen Wachstafel. Die einzelnen Teile waren durch Bänder oder Scharniere verbunden. Die Wachsschichten wurden durch diese Anordnung vor Beschädigungen geschützt. Vierteilige Wachstafeln kann man auch als Vorformen von Büchern ansehen.

Bei diesen Tafeln wurden die Informationen vertieft in die „weiche“ Oberfläche eingebracht. Die umgekehrte Variante zur dauerhaften „Speicherung“ von Darstellungen ist vermutlich genauso alt. Dabei wurden Substanzen auf flachen Oberflächen aufgetragen. Im einfachsten Fall geschah das durch Aufstreuen von feinen Pigmenten oder Sand von Hand oder mit einfachen Hilfsmitteln, z.B. trockenen Halmen oder feinen Röhrenknochen. Haltbar waren die Informationen nicht. Wann man begann, auf festen, ebenen Oberflächen mit weichen Materialien durch „Abrieb“ lineare oder flächige Darstellungen anzulegen, ist nicht genau bekannt. Das Verfahren bewährte sich bis in die Neuzeit. Je nach Materialkombination war die Haftung des „Abriebs“ relativ haltbar und unempfindlich gegen Verwischen.

Wurde eine feste Oberfläche verwendet und die Darstellung vertieft eingebracht, also eingeritzt oder eingemeißelt, so arbeitete man am Übergang zum Relief. Allgemein bekannt sind die großen reliefartigen Darstellungen aus der ägyptischen und babylonischen Geschichte. Sie haben Jahrtausende überdauert. Die Herstellung war aber sehr aufwendig. Es gab im Altertum auch kleinformatige, einfache Reliefs zur dauerhaften Darstellung von Gegenständen oder Ereignissen. Sie waren allerdings selten. Die Anfertigung war zu aufwendig. Wesentlich einfacher war das Anlegen von Informationen in weichem Material, das später durch Trocknung oder durch Hitze eine feste Struktur erhielt. Üblich war das Einritzen in kleinen Tontafeln. Im Allgemeinen wurden auf diese Art Texte überliefert. Bildliche Darstellungen waren selten. Bei Ausgrabungen in den Ruinen Babylons sind ganze Bibliotheken mit tausenden von Texttafeln in Keilschrift gefunden worden. Dokumentiert wurden alle Arten von Staatsgeschäften, von bedeutenden kriegerischen Ereignissen bis zu profanen Ergebnissen der Steuereintreiber.

Der Beginn der Verwendung farbiger, flüssiger Substanzen auf festen Oberflächen zum dauerhaften Festhalten von „Informationen“ kann nicht genau datiert werden. Schon frühe Formen der Körperbemalung (und das Tätowieren) zeigen das Prinzip. Über die Bemalung von Felswänden, von gegerbten Fellen, von Rinden u.a.m. war es ein langer Weg bis zu den Darstellungen auf Pergament, Stoffen und letztendlich dem heute noch verwendeten Papier.

2. ZUR KULTURGESCHICHTE TECHNISCHER DARSTELLUNGEN

2.1 Zeichenkunst in prähistorischer Zeit und im Altertum

Unsere Kenntnisse über die frühe Kulturgeschichte der Menschheit beruhen im Wesentlichen auf Funden von Werkzeugen, Waffen und Knochenfragmenten. Durch diese Beschränkungen kann sich nur ein sehr unvollständiges Bild von dieser Zeit ergeben. Der größte Teil an prähistorischen Artefakten ist längst verschwunden, auch die meisten „bildlichen“ Darstellungen. Als wesentliche Gewissheit bleibt nur die Erkenntnis, dass wir ein Teil eines umfassenden evolutionären Prozesses sind, dessen Anfänge weitgehend im Dunklen liegen und dessen Entwicklung nicht bekannt ist. Die Art und Weise, wie von den frühen Menschen überlebensnotwendige Informationen gesammelt und weitergegeben worden sind, ist für die frühen Phasen nicht bekannt. Es müssen differenzierte Laute und einfache Marken in unterschiedlichen Materialien gewesen sein. Von Hand mit primitiven Werkzeugen angefertigte Darstellungen, zumeist lineare Ritzungen von Objektumrissen, sind nur in Einzelfällen gefunden worden.

Noch im 20. Jahrhundert wurde als wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen den frühen Formen des Menschen und den höher entwickelten Primaten der Gebrauch von Werkzeugen angesehen. Dieses Unterscheidungsmerkmal hat sich als nicht zielführend herausgestellt. Nicht nur Primaten nutzen Werkzeuge, auch viele andere Tierarten. Das nächste Merkmal war die Entwicklung von Sprache und das Denken, insbesondere das Denken in seiner höchsten Form beim Lösen von Problemen. Auch das ist überholt. Viele Tierarten pflegen eine rege Kommunikation und sie sind in der Lage, zumindest einfache Probleme zu lösen. Diese Abgrenzungsversuche lassen sich beliebig fortsetzen, beispielsweise ob sich in einer Art eine eigene Kultur herausgebildet hat und so weiter. Allen gemeinsam ist die menschliche Hybris, die unsere besonderen Eigenschaften als Überlegenheitsmerkmale deklariert und uns eine Sonderstellung in der Evolution zuweist. Je mehr man von anderen Spezies versteht, umso fragwürdiger wird die Sonderstellung. Die Suche nach urgeschichtlichen Formen des Informationsaustausches, von bildlichen Darstellungen kann noch nicht die Rede sein, wird durch diese Vorfixierungen nicht einfacher.

Steinzeit, Paläolithikum

In der Archäologie ist seit den 1830er Jahren eine Strukturierung prähistorischer Zeiten nach den vornehmlich genutzten „Werkstoffen“ der verwendeten Werkzeuge üblich. Die früheste Phase und längste Entwicklungsphase der Menschheit ist danach die Steinzeit, das Paläolithikum. Die ältesten Spuren findet man in Afrika. Sie sind über 2,5 Millionen Jahre alt. Das Altpaläolithikum endete vor etwa 100000 Jahren. In dieser langen Entwicklungsphase entstanden unterschiedliche Arten von Hominiden. Ihre Lebensbasis war die Jagd. Essbares wurde als Ergänzung gesammelt. Der Gebrauch von Stein- und Knochenwerkzeugen ist nachgewiesen. Schon vor etwa 1,5 Millionen Jahren begannen unsere Vorfahren das Feuer zu nutzen.

Wann man begonnen hat, Objekte durch bildnerische Äußerungen darzustellen, ist nicht genau bekannt. Die frühesten erhaltenen Formen waren Petroglyphen, also lineare Ritzungen in Stein. Die Kunst, Formen und Proportionen von Objekten durch Linien und Farben auf einer Fläche darzustellen, ist später entstanden. Die ersten Belege für symbolische Ausdrucksformen dieser Art sind über 110000 Jahre alt. Es waren einfachste Ritzungen auf Stein. Angefertigt wurden sie mit spitzen, harten, natürlichen Materialien. Farbige Formen auf Muscheln, Knoche, Horn und anderen festen Materialien sind ebenfalls bekannt. Der Fundort vieler Petroglyphen zeigt, dass nicht nur ein Austausch von Informationen über „konkrete Dinge“ stattgefunden hat, sondern die Darstellungen auch nicht reale Szenen aus dem kultischen Bereich gezeigt haben. Sie waren vermutlich Elemente bei der Weiterentwicklung früher Formen der Kommunikation (Sprachentwicklung). Durch „Benennen“ der

symbolischen Formen war es möglich, durch Laute Informationen zu übermitteln, ohne dass man die symbolische Form oder das Objekt sah. Die einfachen prähistorischen Darstellungen sind weit vor der Entwicklungsstufe des „Homo sapiens“ entstanden.

Am Ende dieser Periode wurde für Gebrauchsgegenstände und Waffen jedes Material und jeder Gegenstand verwendet, der den gewünschten Zweck (Faustkeil, Hammer, Klinge, Schaber, Stichel u.a.m.) erfüllen konnte, nicht nur Stein. Es gibt eine enge Beziehung zwischen dem Gebrauch von zeichnerischen Darstellungen, der Entwicklung der Sprache und der Entwicklung von symbolischen Vorformen der Schrift. Bei der Bezeichnung von Objekten durch Symbole und den Zeichen gleicher Objekte in Bildern und späteren Bilderschriften sind diese Beziehungen besonders deutlich. Sprache und bildliche Darstellung sind allerdings zwei grundsätzlich verschiedene Systeme bei der Speicherung und Weitergabe von Informationen. Im ersten Fall geschieht dies durch Hören (von Gesprochenem), im zweiten Fall durch das Sehen (von Gezeichnetem). Die historische Forschung auf diesem Gebieten weist eine hohe Erkenntnisdynamik auf. Die bisher gefundenen Anfänge der Verwendung von Sprache, Symbolen oder anderer Darstellungsformen reichen immer weiter in der Zeit zurück. Die Sprache, ein System aus menschlichen Lauten, erlaubt einen Informationsaustausch immer nur im Nahbereich zwischen unmittelbar Beteiligten, wenn sie die Codierung kennen. Zur Speicherung des „Wissens“ einer Sippe oder Gesellschaft kam bei der Sprache nur die mündliche Überlieferung in Frage. Die Kultur einiger Völker beruhte (und beruht z.T. heute noch) auf der mündlichen Überlieferung durch ritualisierte Wiederholungen der eigenen Geschichte.

Der Unterschied bei der Weitergabe von Informationen über Objekte oder Ereignisse durch Symbole und anderen Darstellungen war fundamental. Symbole und Zeichen sind dauerhaft und jederzeit sichtbare Informationen. Sie sind an einen Ort oder zumindest an einen Gegenstand gebunden. Da die Fundstellen prähistorischer Darstellungen häufig schwer zugängliche Orte sind, scheidet als Grund für die Anfertigung eine praktische Wissensweitergabe, beispielsweise zur Herstellung von Objekten, aus. Nach heutiger Interpretation werden oft „kultische Ereignisse“ dargestellt. Die Darstellungen sind stark vereinfacht in freier Manier „gezeichnet“ und heute unverständlich.

Der Anfang des Mittelpaläolithikums kann grob um 100000 Jahre v. Chr. datiert werden. Die Periode reicht bis in die Zeit von 40000 Jahre v. Chr. Es traten unterschiedliche Vorläufer heutiger Menschen parallel in Erscheinung. Charakteristisch war die gezielte Bearbeitung von Werkzeugen aus unterschiedlichen Materialien. Der Anteil der Sammler in den Jagdgesellschaften war höher. Die Jagdwaffen und sonstige Werkzeuge waren komplexer gefertigt, oft planvoll mehrteilig gebaut. Neben den funktionalen Werkzeugen und Waffen tauchen an einigen Orten in größerer Zahl „Gegenständen ohne oder heute unbekannter Funktion“ auf. Einen Teil kann man vermutlich dem Bereich Schmuck zuordnen, der Zweck anderer Artefakte ist unklar. Es sind im weitesten Sinne frühe Kunstwerke, ggf. geeignet für kultische Zwecke. Die ersten zeichnerischen Darstellungen von „konkreten“ Objekten haben ein Alter von über 50000 Jahren. Sie können der Anfangszeit unserer Kultur zugeordnet werden. Die ältesten auf Fels angelegten Petroglyphen „technischer Gerätschaften“ sind gut 30000 Jahre alt. Für kleinere Darstellungen wurden alle verfügbaren Materialien als Basis benutzt: Ton, Holz, Knochen, Häute, Rinden u.a.m. Je nach Material wurden die Objekte auf die Oberfläche gezeichnet oder eingearbeitet. Nur die Arbeiten auf festen Materialien haben die Zeit überdauert. Der Großteil der prähistorischen Farb- und Kohlezeichnungen ist durch Verwitterung verschwunden.

Die Menschen in dieser Epoche haben sich intensiv mit unerklärlichen Naturphänomenen und Fragen zur eigenen Existenz beschäftigt. Beispielsweise müssen schon Himmelsbeobachtungen durchgeführt worden sein. Mit einfachen Erklärungssystemen sind die nicht begreiflichen Phänomene zugänglich gemacht worden. Man vermutet, dass ein Teil der Erklärungen in die Darstellung von Ritualen eingeflossen sind. Ein größerer Teil der

bildlichen Darstellungen stellen bekannte Dinge wie Geräte, Waffen, Werkzeuge und Jagdszenen dar. Insgesamt werden die Darstellungen differenzierter, bleiben aber flächig, zweidimensional, linear angelegt. Sprache und symbolische Darstellungen entwickelten sich in zwei, längere Zeit parallel verlaufenden Entwicklungslinien. Die schematischen und symbolischen Darstellungen und die Verwendung von abstrakten Zeichen kann als sehr frühe Vorformen einer „Bilderwelt“ angesehen werden. Sie umfasste auch technische Objekte. Bildliche Darstellungen gestatteten auch eine dauerhafte „Speicherung“ komplexer Ereignisse, beispielsweise eines umfangreichen kultischen Ritual. Bei den frühen sprachlichen Formen war eine derartige Differenzierung vermutlich schwierig. Man geht davon aus, dass es in diesen Fällen eine Verbindung von Sprache und anderen Ausdrucksformen, z.B. Gestik, Mimik, Gesängen und dem Tanz, gab.

Vermutlich war der nächste Entwicklungsschritt eine durchgängige Zuordnung von Symbolen, die nicht nur Objekte, sondern auch Erfahrungen und Empfindungen charakterisierten und einem zugeordneten System an Bezeichnungslauten. Sprache (Lautäußerung) und „Symbol“ wurden danach zu einem differenzierten Kommunikationssystem entwickelt. Natürlich gab es (und gibt es noch) „schriftlose“ Sprachen. Ein Teil der „Bildzeichen“ waren lange Zeit vereinfachte Darstellungen von realen Objekten in Form von Glyphen. Aus diesen konkreten, schematischen Bildzeichen entwickelten sich die symbolischen und später abstrakten Zeichen einer Schrift, die nur noch wenig an Merkmalen des Ausgangsobjekts enthielten. Dieser Übergang zur Abstraktion und Vereinfachung begann vor ca. 40000 Jahren. Es gibt nur zwei Möglichkeiten, die Bedeutung des Wortes einer Sprache durch Zeichen darzustellen. Eine ist die Logographie. Es werden dabei die „Gedanken geschrieben“ (Ideenschrift). Die andere ist die Phonographie mit dem „Schreiben der Laute“ (Sprachschrift). Beide grundlegenden Formen gibt es, je nach Kulturraum, auch heute noch.

Artefakte aus der mittleren Steinzeit sind im Allgemeinen Zufallsfunde. Darunter sind auch außergewöhnliche Stücke. Bei Ausgrabungen im Harz fanden Archäologen beispielsweise einen rätselhaften Gegenstand, und zwar einen Teil eines Zehenknochens eines Riesenhirsches mit deutlichen Spuren von Ritzungen. Das Objekt hatte ein Alter von etwa 51000 Jahre. Außergewöhnlich war auch, dass die Ritzungen „ausgezeichnete“ Geometrien aufwiesen, sie waren orientiert und ein Teil genau parallel angeordnet. Ein anderer Teil der Linien stand genau senkrecht auf den Parallelen. Die Ritzungen waren tief eingearbeitet worden, vermutlich mit einer Steinklinge. Eine zufällige Anordnung schied aus. Die ganze Anordnung weist auf eine Planung vor der Ausführung, ein geometrisches Grundverständnis und eine sorgfältige Ausführung hin. Unklar bleibt die Bedeutung dieses Objekts. Das Alter des Gegenstandes weist auf einen Anfertigungszeitraum weit vor dem ersten Auftauchen des Homo sapiens in der Region hin. Die Ritzungen müssen von Neandertalern eingebracht worden sein. Also von einem Typus, dem man bisher gemeinhin jede Art von abstraktem Denken und Kunst kategorisch abgesprochen hatte.

Die archäologischen Forschungen konzentrierten sich in der Vergangenheit auf den europäischen und in begrenztem Umfang auf den afrikanischen Raum. Betrachtet man die Ausbreitungswege der prähistorischen Vorfahren der Spezies „Mensch“, so müssen zeichnerische Spuren auch außerhalb Europas zu finden sein. In den vergangenen Jahrzehnten wurden einige dieser Spuren entdeckt. Die ältesten sind weit über 40000 Jahre alt. In einer Kalksteinhöhle auf Sulawesi in Indonesien wurden Wandzeichnungen entdeckt, die etwa 44000 Jahre alt sind. Eine der Darstellungen zeigt die Jagdszene auf ein Wildrind (vermutlich ein Anoa-Rind). Als Jagdwaffen wurden, soweit erkennbar, Speere verwendet.



Bild 2.1/1: Darstellung einer Jagdszene (vermutlich Jagd auf ein Anoa-Wildrind), 44000 Jahre v. Chr.

Das Jungpaläolithikum beginnt etwa 40000 Jahre v. Chr. und endet etwa 12000 Jahre v. Chr. Der moderne Mensch (Homo Sapiens) tritt erstmals in Europa auf. Die Technik der Waffen wurde weiter verbessert. Großwildjagd wurde üblich. Werkzeuge und Waffen waren in der Regel mehrteilig gebaut. Der Materialeinsatz richtete sich gezielt nach den jeweiligen Anforderungen. Aus dieser Phase gibt es eine Vielzahl an zeichnerischen Darstellungen. Üblicherweise als Petroglyphen in Form ortsfester Felszeichnungen oder als Zierrat auf Werkzeugen und Waffen. Auch farbige und flächige Zeichnungen waren üblich. Die Darstellungen sind sehr differenziert. Gefunden wurden auch Gravuren in Knochen, geschnitzte Figuren aus Elfenbein und Schmuck unterschiedlichster Art.



Bild 2.1/2: Geschnitztes Raubtier (Löwe) aus Elfenbein (Rudiment) etwa 30000 Jahre v. Chr.

Die frühen Zeichnungen besitzen einige darstellungstechnische Besonderheiten. In einigen 20000 bis 30000 Jahre alten Höhlenzeichnungen von Tieren war auffällig, dass in den Linearzeichnungen eines dargestellten Tieres die doppelte Anzahl an Beinen gezeichnet war, also zwei „Sätze“ an Beinen. Im Gegensatz zu der guten anschaulichen Gesamtdarstellung machte dieses Element keinen Sinn. Die Beine besaßen auch unterschiedliche Stellungen. Erst wenn man einen „Satz Beine“ entfernte und danach den anderen einsetzte, wurde das Prinzip der Darstellung deutlich. Die steinzeitlichen Menschen hatten auf diese Art versucht, die Bewegung der Tiere beim schnellen Laufen festzuhalten. Damit war auch geklärt, warum einige Umrisszeichnungen der Tiere mehrfach und etwas versetzt gezeichnet worden waren. Es ging um die Darstellung eines Eindrucks, nämlich der Dynamik der Bewegung.

Die gefundenen Darstellungen technischer Objekte haben noch nicht die charakteristischen Merkmale einfachster „technischer“ Darstellungen. Die Darstellungen zeigen weder den planvollen Aufbau der Objekte noch deren zweckbezogenen Einsatz. Sie dokumentieren auch nur sehr begrenzt das Wissen zum Bau der Gerätschaften. Man fand die frühesten Abbildungen „technischer“ Objekte in 30000 Jahre alten Felsritzungen. Eine Form des „konstruktiven Zeichnens“ war das natürlich noch nicht. Als Beispiel können die 12000 Jahre alten Bilder von der Nutzung des „Fidelbogens“ zum Feuermachen (oder zum Bohren von Löchern) gelten. Anhand der Bildausführung kann man die Funktion nur erahnen. Es war auch nicht notwendig, das Form-, Herstellungs- und Handhabungswissen dieser Objekte dauerhaft zu „speichern“. Die Objekte selbst waren die „Speicher“. Man baute sie nach und passte sie den Gegebenheiten an.

Bei neueren archäologischen Grabungen wurde in der zentralen Türkei ein Teil der größeren Siedlung von Göbekli Tepe freigelegt. Entstanden war sie vor über 11000 Jahren. Zentrales Bauwerk war ein großer Tempel. Die große Anlage war nach Himmelsrichtungen orientiert und „planvoll“ gebaut worden. Wer hatte geplant? Wie wurde geplant? Mit welchen Mitteln? Die Planung dieser Siedlung war eine eindrucksvolle Leistung. Genauere Erkenntnisse fehlen. Einen völlig anderen Aspekt früher „künstlerischer“ Darstellungen zeigen wiederholte Anordnungen einfacher geometrischer Muster. Die ältesten fand man auf über 8000 Jahre alten Tontafeln. Als Randornamente sind sie bei keramischen Gefäßen verbreitet gewesen. Ihr wesentlicher Zweck war die Verzierung, nicht die Übermittlung einer Information.

Die Erforschung früher zeichnerischer Darstellungen im europäischen Raum ist noch lange nicht abgeschlossen. Nach neueren Entdeckungen musste das Alter der frühen Höhlenzeichnungen immer weiter nach vorne korrigiert werden. In zwei Höhlen im südöstlichen Burgund fand man beispielsweise über 12000 Jahre alte Tierdarstellungen. Es waren Spuren „neuzeitlichen“ Menschen. Auch die Darstellungen von eindeutigen Jagdszenen geben Rätsel auf. In der folgenden Zeichnung von der Jagd mit Pfeil und Bogen auf ein Wildrind ist die Darstellung des Jägers unklar. Er ist war vermutlich verkleidet. Was bedeutet die Tiermaske?

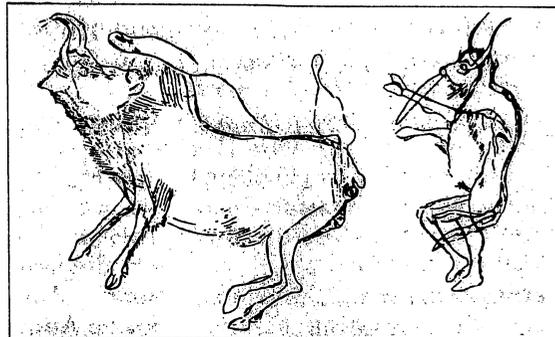


Bild 2.1/3:
Ältere Felszeichnung einer
Jagdszene aus dem
6. Jahrtausend v. Chr.

Mit dem Ende des Paläolithikums begann, ab etwa 12000 Jahre v. Chr., nach dem Ende der letzten Eiszeit, die Periode des Mesolithikums, also der Mittelsteinzeit. Danach folgte das Neolithikum, die Jungsteinzeit. Die begrifflichen Überschneidungen mit den Phasen des Paläolithikums sind der Entwicklungsgeschichte der Archäologie geschuldet. Sie lassen sich nicht mehr vermeiden. Wesentlich ist, dass der Beginn des Neolithikums mit dem Übergang zu sesshaften Lebensformen der Menschen verbunden wird. Ackerkultur und Viehhaltung verdrängten nach und nach das Leben als Jäger und Sammler. Dieser Übergang erfolgte in den verschiedenen Weltregionen zu unterschiedlichen Zeiten. In Europa begann die neolithische Revolution etwa 6000 Jahre v. Chr. In den klimatisch günstigeren Regionen im Süden deutlich früher ab etwa 9000 v. Chr. In diese Zeit fällt auch die Domestizierung von Wildrindern, später Büffeln, Dromedaren und Wildeseln (ab 7500 v. Chr.) und deren Einsatz als Last-, Zug- und Reittier. Mit der Domestizierung traten bei Zugtieren Probleme bei der Steuerung der Arbeitsgeschwindigkeit und Lenkbarkeit auf. Es bedurfte einer langen Entwicklung, bis beispielsweise sichere Lösungen für die Lenkung von Zugtieren während des Arbeitseinsatzes gefunden wurden. Für das folgende, simple Hilfsmittel gab es sicherlich keinen Plan als Ausführungsgrundlage. Das Geschirrteil diente zur Führung der Zügelriemen für einen Wildesel. Er wurde auf dem Gebiet des historischen Ur in Mesopotamien gefunden. Bei freier Lage der beiden Zügelriemen „verhedderten“ sich die langen Riemen leicht. Eine Lenkung war dann nicht mehr möglich. Das Geschirrteil war Teil der Zügelführung auf dem Rücken des Zugtieres. Die Führungsringe waren getrennt und höher gesetzt. Das Teil war offensichtlich unter Berücksichtigung der Erfahrungen planvoll gestaltet.

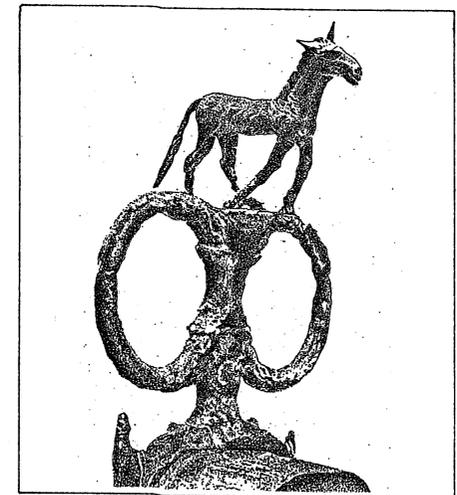


Bild 2.1/4:
Geschirrteil (Zügelring) eines Wildesels
mit Zierfigur eines Onagers
(Ur, um 6000 v. Chr.)

Aus der Zeit um 8000 v. Chr. sind auf dem Gebiet des heutigen Jordaniens und auf der arabischen Halbinsel in Stein geritzte „Pläne“ prähistorischer Großanlagen gefunden worden. Es waren Darstellungen von Fallen für ganze Herden von Huftieren. Sie wurden in trichterförmig zulaufende Geländeformen getrieben. Seitliche Fluchtwege waren durch Steinaufschüttungen und andere künstlich hergestellte Sperren verstellt. Das trichterförmige Ende lag meist vor einem Abgrund. Getrieben wurde mit Hilfe von Feuer. Die Tiere sprangen in Panik in den Abgrund. Die Fallen waren unter Berücksichtigung der natürlichen Gegebenheiten grob maßstäblich auf ebene Steinflächen gemeißelt und geritzt worden. Die planmäßige Vorbereitung weist auf ein hohes Maß an Abstraktionsvermögen hin.

Auf dem Balkan, im Raum des heutigen Rumäniens, wurden 1961 Tontafeln mit bildhaften Ritzungen gefunden. Sie erhielten nach dem Fundort die Bezeichnung „Tontafeln von Tărtăria“. Die Datierung ergab ein Alter von 5300 Jahre v. Chr. Es sollen sehr frühe Vorformen von „Schrift“ sein. Einige Bildelemente zeigen natürliche Objekte, andere sind abstrakte Darstellungen, die mit heutigem Wissen nicht erklärt werden können.

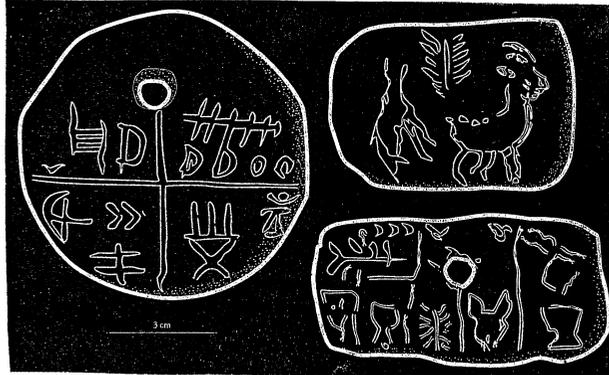


Bild 2.1/4a:
Tontafeln von Tărtăria
(5300 v. Chr.)

Bei der Behandlung von frühen Darstellungen ist die Entwicklung der Schriftsysteme von Bedeutung. Elemente der Schriftsysteme waren häufig Lineardarstellungen von Objekten, nicht nur bei reinen Bilderschriften, bei ihnen wird der Sachverhalt nur besonders deutlich. Am Anfang verwendete man Bildzeichen, die sich stark an Objektmerkmalen orientierten. Einige waren zeichnerisch anspruchsvoll, das Anfertigen erforderte viel Zeit und Können. Im Laufe der Entwicklung wurden die Bildzeichen durch Vereinfachungen und „Abschleifungen“ immer abstrakter angelegt. Die Verbindung von Objektmerkmalen und gezeichneten Symbolen löste sich auf. Die hieratische Schrift entstand. Deren Anfänge liegen 5000 Jahre zurück. Durch eine weitere Vereinfachung der Zeichen entstand vor etwa 3000 Jahren die demotische Schrift. Schwierigkeiten bereitete bei dieser Symbolschrift die Wiedergabe von abstrakten Begriffen und Emotionen. Man behilft sich beispielsweise durch Einfügen eines dem Sinn entsprechenden Symbols, eines sogenannten Determinativs. Die Überführung von sprachlich ausgedrückten Gedanken in die Elemente eines vollständigen Schriftsystems hat etwa 4000 v. Chr. in Mesopotamien begonnen. Als Elemente dieser „Sprachschrift“ verwendete man am Anfang nur Zeichen für ganze Wörter. Es ist nicht sicher, ob die deutungsrichtige Rückübertragung der „lesbaren“ Schrift in die Sprache möglich war. Vermutlich war ein inhaltliches Textverständnis dafür notwendig. Es wurden auch nicht ausschließlich abstrakte Elemente in den Schriftsystemen verwendet. Es gab Systeme, die aus einer Mischung mit bildhaften Zeichen bestanden.

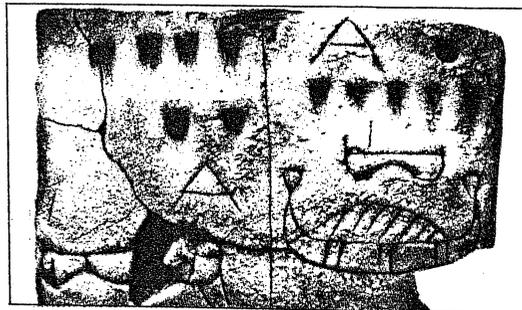


Bild 2.1/5:
Teile einer Tontafel aus Uruk mit
abstrakten Schriftzeichen und bild-
haften Elementen
bildhaften Elementen
(Mesopotamien, um 4000 v. Chr.)

In der Architektur und der Landvermessung war die genaue Festlegung ausgezeichneter Geometrien, beispielsweise eines genauen rechten Winkels, ein großes Problem. Es gab zur Lösung eine ganze Reihe von Hilfsmittel. Ein bekanntes war das „Zwölf-Knoten-Seil“. Ein Seil beliebiger Länge wurde durch Knoten in 12 gleiche Abschnitte geteilt. Die exakte rechtwinklige Dreiecksbeziehung war 3 zu 4 zu 5. Sehr lange Seile lieferten sehr genaue rechte Winkel.

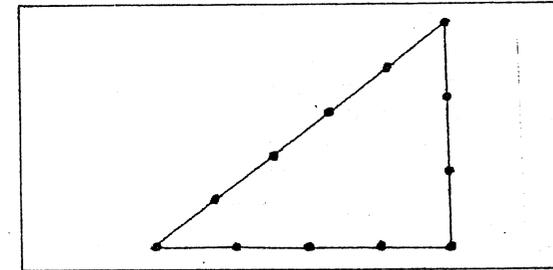


Bild 2.1/6:
Konstruktion rechter Winkel
mit dem „Zwölf-Knoten-Seil“
(um 3000 v. Chr.)

Neben den prähistorischen Darstellungen „technischer Objekte“ auf ebenen Flächen aller Art, entweder als Zeichnungen mit Linearumrissen oder auch als Zeichnungen mit „gefüllten“ Flächen (z.B. Schwarzbildern), findet man seit etwa 3000 v. Chr. auch reliefartige Darstellungen. Zumeist auf Stein oder auf leicht zu bearbeitenden, festen Materialien mit ebenen Flächen. Sie erzeugen beim Betrachter einen stärkeren plastischen Eindruck als Ritzungen. Insbesondere bei schrägem Lichteinfall tritt eine Tiefenstaffelung hervor, die eine fast räumliche Wirkung hat. Auf die damaligen Betrachter müssen diese Reliefs einen überwältigenden Eindruck gemacht haben. Entstanden ist diese Technik aus linearen Ritzungen. Werden diese unterschiedlich tief ausgeführt, so ergeben sich bei schrägem Lichteinfall Schattenlinien in verschiedenen Graustufen. Die reliefartige Ausarbeitung der geritzten Zeichnung ist naheliegend.

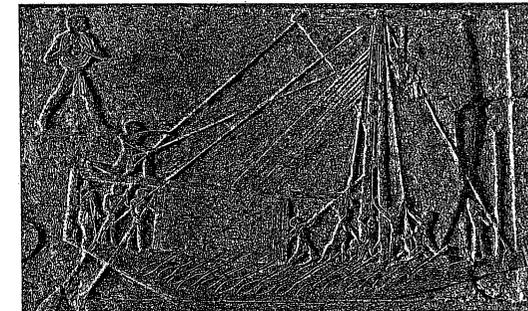


Bild 2.1/7:
Ägyptisches Segelschiff
beim Hissen des Segels
(um 2500 v. Chr.)

Einen großen Fortschritt bedeutete die Einführung der Silbenschrift. Worte wurden in Silben zerlegt und gleichlautende Silben in verschiedenen Wörtern mit gleichem Symbol verwendet (Rebusprinzip (Mesopotamien, Ägypten, China, Maja uam.)). Der nächste Schritt zur Lautschrift lag nahe. Den vollständigen Abschluss erreichte man mit der Aufstellung eines Alphabets und dem phonetischen System mit der Wiedergabe der Schriftzeichen durch eine Abfolge von Lauten (Phonogram) und Determinativen zur eindeutigen Beschreibung bei Doppeldeutungen. Dieser Schritt gelang zum ersten Mal den Phöniziern im 9. Jahrhundert v. Chr. Erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Schriftsysteme und zeichnerischen

Darstellungen hatten die Materialien, auf denen gearbeitet wurde (Pergament, Papyrus, Papier etc.). Das gilt auch für die verwendeten Schreib- und Zeichenwerkzeuge.

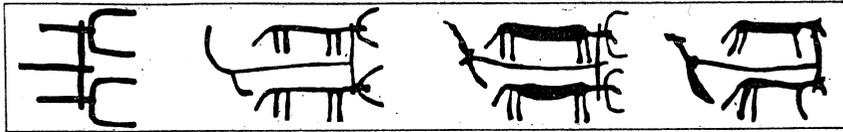


Bild 2.1/8: Entwicklung der symbolischen Formen für das Zeichen eines Pfluges von 5000 bis 1000 v. Chr.

Das Ende der Steinzeit kann nicht genau definiert werden. Die regionalen und entwicklungsseitigen Unterschiede lassen eine einheitliche zeitliche Angabe nicht zu. Wesentlich ist, dass der allmähliche Übergang zum Metallzeitalter mit der Verwendung von Bronze begann. Erste Versuche der Metallverarbeitung begannen schon vor fast 8000 Jahren. Wahrscheinlich mit Gold und Silber in reiner Form. Vor 4000 Jahren begann man im alten Ägypten in größerem Umfang mit der Verarbeitung von reinem Kupfer für Werkzeuge für die Steinbearbeitung. Das Metall wurde verarbeitet wie gefunden, also unlegiert. Bei Werkzeugen waren die Standzeiten gering. Das Material war zu weich. Darstellungen von Ereignissen und Gegenständen aus dieser Zeit sind in großer Zahl bekannt. Vornehmlich aus Babylon und Ägypten. Man rechnet als Bronzezeit die Zeitspanne zwischen 3000 (in einigen Quellen auch erst 2000 Jahre v. Chr.) und 750 Jahren v. Chr. Die Eisenzeit ab etwa 750 v. Chr. Zur Verarbeitung von Eisen waren einige große Innovationen erforderlich, sowohl in der Schmelztechnologie als auch in den nachgelagerten Umformungsverfahren. Die erforderlichen Verarbeitungstemperaturen konnten nur mit neuartigen Öfen, besten Brennstoffen und zusätzlicher Luftzufuhr erreicht werden. Im Folgenden ist nur eine Auswahl an Ereignissen aus dem historischen Kontext mit Einfluss auf die zeichnerischen Darstellungen ihrer Zeit wiedergegeben. Einzelne Stichworte mögen reichen, im Wesentlichen sind die Sachverhalte bekannt.

Um 4000 v. Chr.:

Differenzierte Darstellung technischer Objekte. Beispiel: Eine der ältesten Darstellungen des Transports mit Hilfe einer Schleife mit erkennbaren Ausführungsmerkmalen. Als Zugtier: kam vermutlich ein Rind zum Einsatz. Der Führer ging neben der Schleife.



Bild 2.1/9: Eine der ältesten Darstellungen eines Transports mit einer Schleife (4. Jahrtausend v. Chr.)

Von den einfachsten und ältesten technischen Hilfsmitteln, wie dem Hebel, Keil, der Rolle, der schiefen Ebene, dem Rad u.a. sind nur schematische Abbildungen bestehend aus einigen Strichen und Rundungen bekannt. Auch komplizierte technische Objekte, wie der Wagen, die Schleife oder der Schlitten, sind auf diese Art dargestellt worden. Auf Keramiken aus dem 5. Jahrtausend v. Chr. sind einige gefunden worden. Die älteste bekannte symbolischen Darstellung von Schlitten und Wagen mit Rädern hat man auf Tontafeln aus dem 4.

Jahrtausend v. Chr. gefunden. Sie stammen aus Uruk in Mesopotamien. Es waren Elemente einer frühsumerischen Schrift.

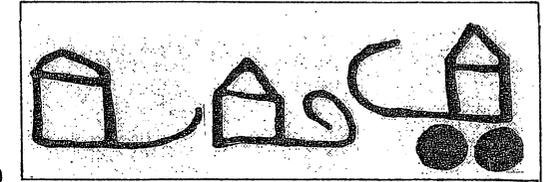


Bild 2.1/10: Symbolische Darstellungen von Schlitten und Wagen (Mesopotamien, um 4000 v. Chr.)

Bei den frühen Darstellungen technischer Objekte tritt der „konstruktive“ Aspekt völlig in den Hintergrund. Eine Fokussierung auf den Zweck des Objektes, seine Herstellung und Handhabung gibt es nicht. Ab wann Darstellungen als Planungsmittel zur Herstellung von Objekten verwendet worden sind, ist nicht bekannt. Einige Indizien weisen auf eine lange Geschichte hin. Ein Indiz ist beispielsweise, dass „ausgezeichnete“ Geometrien in den prähistorischen Darstellungen erkennbar sind, also genaue rechte Winkel und Geraden, parallele Geraden, Kreise u.a.m. Sie sind die geometrische Basis für die Planung. Die Verfahren des „Zeichnens“ dieser „ausgezeichneten“ Geometrien könnten von den Menschen jener Zeit auf die Verfahren der Anfertigung realer Objekte übertragen worden sein. Eine frühe Darstellung ausgezeichneter Geometrien, und zwar exakter Kreise, findet man auf einer jungsteinzeitlichen Steinplatte, die im Kaukasus (Armenien) gefunden worden ist. Der Zweck der Platte ist nicht bekannt. Vermutlich stellt es ein „Übungsteil“ zum Test einer bestimmten Zeichentechnik dar. Eine andere Interpretation lässt einen astronomischen Bezug (Sternbildkarte) als möglich erscheinen. Das Arbeitsverfahren zur Herstellung der Kreise ist aber genau zu erkennen. Sie wurden um ein vertieftes Zentrum mit Hilfe eines Werkzeuges mit zwei in einem festen Abstand angeordneten Spitzen „geritzt“. Eine Spitze stand im Zentrum, mit der anderen wurde „geritzt“.

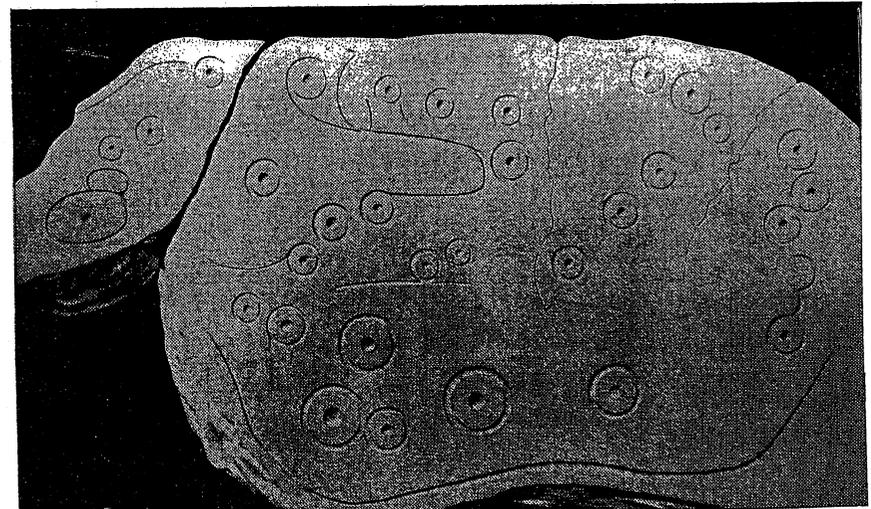


Bild 2.1/11: Steinplatte mit exakten Kreisen („Stein vom Sewan-See“, 4. Jahrtausend v. Chr.)

Um 3000 v. Chr.:

Entstehung der sumerischen Bilderschrift. Basis des Handels und der staatlichen Verwaltung. Bau größerer Siedlungen. Städtebau.

Die weiträumige Orientierung, das Wissen über wichtige Orte und vor allem das Wiederfinden dieser Orte war zwar durch mündliche Weitergabe der Informationen möglich, aber diese war immer an einen direkten Kontakt gebunden. Frühe Zeichnungen, an exponierten Stellen dauerhaft in der Natur angebracht, gaben zu jeder Zeit und ohne persönlichen Kontakt die notwendigen Orientierungsinformationen. Die ältesten Zeichnungen dieser Art enthielten oft noch Hinweise auf Wasserstellen, jagdbares Wild und stammesspezifische Schutzgötter.



Bild 2.1/12: Felszeichnungen der Aborigines am Ubirr Rock in Australien (um 3000 v. Chr. ?)

In dieser Phase kommt eine andere Dimension bei der Entwicklung der Zeichenkunst in das Blickfeld. Mit der ausgehenden Steinzeit und dem Übergang zum Ackerbau hielten sich kleinere Gesellschaften über längere Zeit an einem Ort auf. Die Dauer konnte einige Ernteperioden bis zu vielen Generationen umfassen. Die Domestizierung von Nutztieren förderte die Tendenz zur endgültigen Sesshaftigkeit. In Mesopotamien entstanden aus diesen Anfängen die ersten städtischen Ansiedlungen und größere Gesellschaften. Das Zusammenleben führte zu einer funktionalen Aufteilung in Gruppen mit jeweils besonderen Fertigkeiten und Fähigkeiten. Das soziale Leben dieser arbeitsteilig organisierten Gesellschaften erforderte eine differenzierte Organisation und Verwaltung. Die entsprechenden Mittel waren zeichnerischen Darstellungen von Ereignissen und die Schrift. In der „Zeichenkunst“ dieser Epochen wurden die Objekte stark schematisiert dargestellt. Eine „Ähnlichkeit“ zwischen dem realem Objekt und dessen Darstellung war nicht zwingend notwendig. Die Erkennbarkeit der Objekte reichte für eine Verwaltung aus. Heute können diese frühen Darstellungen oft nur von Spezialisten interpretiert werden. Auffällig ist, dass es häufig keinen Unterschied zwischen den Elementen früher Schriften, den Bildzeichen, und den Zeichnungen von Objekten gab. In den Frühformen der Schriften tauchen wie selbstverständlich die schematischen Darstellungen von Objekten als Elemente der Schrift auf.

Ägyptische Hieroglyphen, Schreibkunst in Ägypten. Lautschrift. Darstellungen in Großreliefs. Kleinplastiken. Darstellungen auf Papyrus. In den Kammern der Pyramiden des Alten Reiches (2900 – 2200 v. Chr.) fand man viele in Stein geritzte Darstellungen von technischen Vorgängen, Wagen und Werkzeugen. Später wurden Darstellungen auch auf Papyrus und Pergament gezeichnet. Im alten Ägypten waren nur Flächenzeichnungen bekannt. Um 2500 v. Chr. findet man in einer prähistorischen Standarte aus Ur Abbildungen früher vierrädriger Wagen. Die Darstellungen zeigen einen sogenannten Kanzelwagen. Dieser Typ wurde bei kriegerischen Auseinandersetzungen verwendet. Die Räder des Wagens waren aus Baumscheiben gebaut, und zwar aus zwei Hälften. Die Deichsel war als „Bogendeichsel“

weit hochgeschwungen. Die Zugtiere konnten beim Befahren enger Kurven mit der „Hinterhand“ unter der Deichsel laufen. Gezogen wurde der Wagen von vier Onagas.

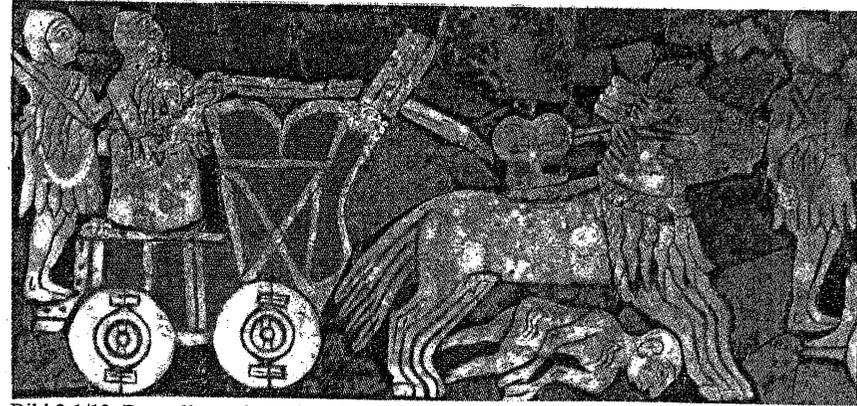


Bild 2.1/13: Darstellung eines vierrädrigen Wagens (Ur, Mesopotamien, um 2500 v. Chr.)

Die Verwendung von gezeichneten „Plänen“ als Grundlage für große Vorhaben war üblich. Der Plan nahm das Objekt vorweg. In den antiken Sammlungen einiger großer Museen sind Spuren von diesen „Plänen“ zu besichtigen. In den Sockeln der Statuen von Königen und großen Baumeistern aus dem 2. Jahrtausend v. Chr. sind beispielsweise Grundrisse von Tempeln und Palästen eingearbeitet. In den Steintafeln dieser Statuen sind Linearstrukturen technischer Objekte „eingerissen“. Von diesen frühen Formen der konstruktiven Zeichnung leitet sich die alte Bezeichnung „Riss“ (Grundriss, Aufriss, Seitenriss) in der technischen Literatur ab. In den ägyptischen Darstellungen findet man auch Skizzen von Objekten in mehreren „Ansichten“. Es ist nach derzeitigem Kenntnisstand die erste Anwendung dieses Verfahrens. Die Darstellungen waren nachweislich die Grundlage bei der Herstellung der Objekte. Durch Umklappen entstanden beispielsweise ein Grundriss und ein Aufriss des gleichen Objekts in einem Bild. Diese Darstellungsart gibt es im konstruktiven Zeichnen heute noch. Die Perspektive war den Ägyptern nicht bekannt. Die Verwendung von Liniennetzen in den Darstellungen ist ein sicherer Hinweis auf eine maßstabkonforme Übertragung des Plans in die Realität. Diese Raster sind in der Geschichte technischer Darstellungen erstmals ab etwa 2000 Jahre v. Chr. in Ägypten eingesetzt worden.

Hilfskonstruktionen gab es im Mittelalter, der Renaissance bis zur Neuzeit. Beim Entwerfen Ein anderes Einsatzgebiet von Liniennetzen zeigt das Bild 2.1/15. Sie wurden gezielt zum Übertragen von verkleinerten Bildentwürfen auf große Flächen verwendet. Die Anfertigung

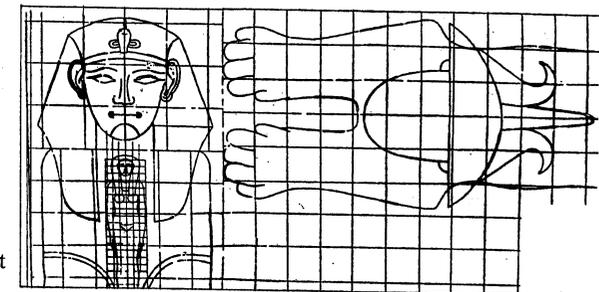


Bild 2.1/14: Darstellung einer Sphinx in einem rechteckigen Raster (Nachzeichnung einer Papyrusskizze aus der Zeit um 1900 v. Chr.)

eines proportional stimmigen Entwurfs war in einer „handlichen Größe“ einfacher als die direkte Zeichnung auf einer Wand. Das Bild zeigt das Prinzip. Der Entwurf wurde in einem feinen Raster beispielsweise neben den Platz für das Original gezeichnet. Das Raster für das Original wurde entsprechend der geplanten Größe des Wandbildes, im Bild dem Zweifachen des Entwurfsrasters, angelegt. Die korrespondierenden Schnittpunkte des Entwurfs konnten einfach in das größere Raster übertragen werden. Derartige Hilfskonstruktionen gab es im Mittelalter, der Renaissance und in der Neuzeit. In den Bauhütten des Mittelalters waren sie als Hilfen in den Architekturplänen großer Bauvorhaben verbreitet. Beim Entwerfen von Kutschen verwendete man Raster und in der Karosseriekonstruktion von Personenwagen findet man Bezugsnetze noch im 20. Jahrhundert.



Bild 2.1/15: Entwurf eines Wandbildes in einem quadratischen Bezugsraster (Ägypten, Bildausschnitt, um 1500 v. Chr.)

Es war üblich, bedeutenden Personen nach ihrem Ableben mit Grabbeigaben ein Leben im „Jenseits“ zu ermöglichen. Die Gründe und die zeitliche Einordnung des Beginns dieser Rituale liegen im Dunkeln. Sie waren immer sehr stark an den kulturellen Entwicklungsstand einer Gesellschaft und den Status der jeweiligen Person gebunden. Das bekannteste Beispiel sind die Bestattungsrituale bedeutender Personen im alten Ägypten. Die Toten wurden mit Allem für ein sorgenfreies „Weiterleben“ nach dem Tod ausgestattet. Üblich war die Beigabe von wertvollen Gegenständen (Schmuck, Waffen) im Original, häufig in Prunkausführungen. Derartige Riten waren sehr aufwendig. Um den Aufwand in vertretbaren Grenzen zu halten ist man im Ägypten jener Zeit in großem Umfang dazu übergegangen, anstelle von Objekten in Originalgröße verkleinerte Originale oder Modelle als Grabbeigaben zu verwenden. Diese Modelle sind aus archäologischer Sicht aus unterschiedlichen Gründen interessant. Zum einen sind sie oft geometrisch exakte Verkleinerungen der Originale, zum anderen sind sie technisch sehr genau gearbeitet. Es lassen sich Rückschlüsse auf die technischen Funktionen, die Herstellung und die Nutzung der Originale schließen.

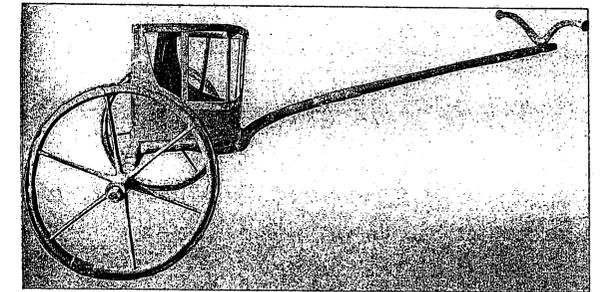


Bild 2.1/16:
Modell eines Streitwagens
Ägypten (2000 v. Chr.)

Bemerkung:

Die Archäologie ist bei der Gewinnung von historischen Erkenntnissen primär auf Funde, also „gegenständliche“ Artefakte angewiesen. Diese haben, neben der Geschichte der Fundstätte, immer auch eine eigene Geschichte ihrer Bau- bzw. Herstellungsprozesse. Das Äußere und die Funktionalität der Funde mussten geplant worden sein, die Herstellungsprozesse entwickelt und sie mussten letztendlich unter Nutzung einer Technologie und Werkzeugen angefertigt werden. In der Archäologie sind diese vorgelagerten Planungsprozesse und Entwurfstätigkeiten kein Untersuchungsgegenstand. Die archäologischen Forschungen gehen hier an einem wesentlichen Aspekt vorbei. Der Mangel an Wahrnehmung dieser Prozesse ist verständlich. Es gibt von ihnen wenige erhaltene Spuren. Eine Voraussetzung zum Verständnis dieser vorgelagerten Prozesse ist das „konstruktive Denken“ (siehe Abschnitt 4.5). In den Altertumswissenschaften ist das eine fremde Disziplin. Am Beispiel des Wissensstandes beim Bau ägyptischer Monumente lässt sich dieser Sachverhalt erläutern. Es reichte nicht aus, „irgendwie“ und „irgendwo“ mit dem Errichten zu beginnen. Es ist mindestens ein „inneres Bild“, eine gedankliche Vorstellung des späteren Baus und seiner Ausführung notwendig. Des Weiteren war ein koordiniertes Arbeiten ohne Informationsaustausch zwischen den Beteiligten nicht möglich. Der Weg zur zeichnerischen Dokumentation war nicht weit. Von einigen Pyramiden liegen Rudimente dieser Informationen als in Stein geritzte Pläne vor. Häufig in Verbindung mit den Grabstätten angesehener Baumeister und Beamte. Zusätzlich fand man Aufzeichnungen zur Standortbestimmung, Berechnungen zu den benötigten Baumaterialien, Stabilitätsabschätzungen u.a.m. Noch weiter vorgelagert waren die Planungen der Versorgungswege und Kanäle und die Erschließung der Lagerstätten für die benötigten Materialien. Noch bis ins Mittelalter war es üblich, Bauvorhaben nur in den wesentlichen Merkmalen festzulegen. Die Baumeister hatten die Details „im Kopf“ bzw. sie wurden „im Bauprozess“ entwickelt. Waren Abstimmungen notwendig, musste ein grober Entwurf angefertigt werden.

Völlig im Dunkeln liegt das Gebiet der frühen „Auslegungsberechnungen“ für Bauwerke und technische Gerätschaften. Da man bisher wenig dazu gefunden hat herrscht die Meinung vor, es wären keine Abschätzungen durchgeführt worden. Ein großer Irrtum, wie einige bauliche Fehlschläge beweisen. Man hat nachweislich schnell aus den Fehlern gelernt. Das Wenige was zu diesem Thema bekannt ist, zeigt allerdings eine völlig fremde Auslegungsmethodik. Sie war nicht naturwissenschaftlich geprägt, sondern eine Mischung aus mythischen Komponenten und Erfahrungsgrößen aus der praktischen Arbeit. Es wurden Merkmale in Beziehungen gesetzt, die mit der Lösung eines Auslegungsproblems nichts zu tun haben konnten.

Um 2000 v. Chr.:

Babylonische Großsiedlungen als Zentren für Handel und kulturellen Austausch entstehen. Notwendigkeit einer effektiven Verwaltung der Großsiedlungen. Übergang zu einer Götterwelt mit wenigen Göttern. Entstehung der Keilschrift. Darstellungen auf Tontafeln und Papyrus. Babylonische Welterschöpfungsepen. Sie werden die Ausgangsmythen für die späteren Weltreligionen (Beispiel das Gilgamesch-Epos). Dokumentation der Epen auf Tontafeln.

Phönizisches Alphabet. Buchstabenschrift mit Konsonanten. Ausbreitung des Schriftsystems im griechischen Kulturkreis. Weitgehende Verwendung von Papyrus als Trägermaterial von Darstellungen und Dokumenten.

Planung und Ausführung ägyptischer Großbauten. Baupläne mit Grund- und Aufrissdarstellungen. Transporte zu Wasser und zu Lande von sehr großen, steinernen Objekten. Herstellung von Kolossalstatuen.

Kenntnisse mechanischer Grundgesetze verbreitet. Astronomische Beobachtungen.

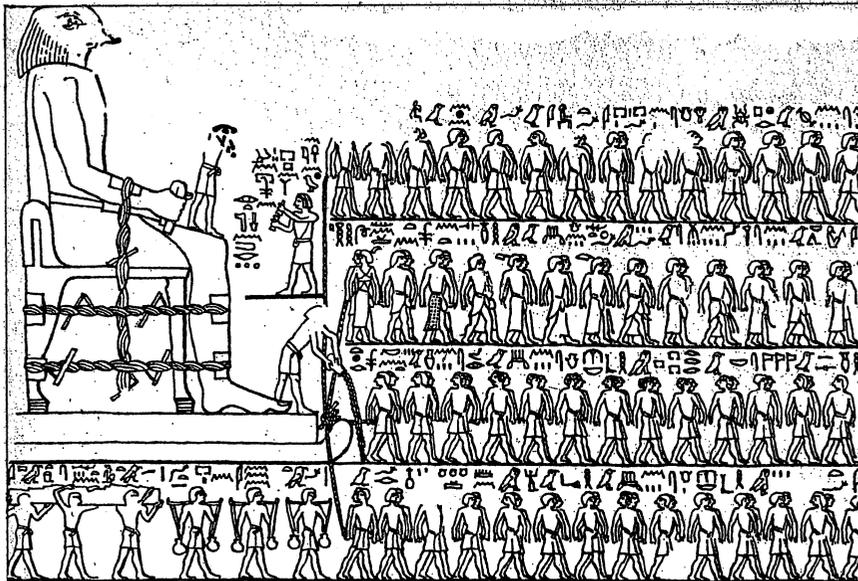


Bild 2.1/17: Darstellung des Transports einer sehr großen ägyptischen Kolossalstatue mit Hilfe eines Schlittens (Ausschnitt).

Als einer der ältesten je gefundenen Stadtpläne gilt der Plan von Nippur am Euphrat (um 1500 v. Chr.). Der Plan wurde auf einer Tontafel gezeichnet. Dargestellt waren u.a. Straßensysteme, der Euphrat, Tempel, größere Heiligtümer und wichtige Bauten. Bei den Ausgrabungen und Vermessungen der Stadt Nippur fand man eine erstaunliche Übereinstimmung der Ausgrabungen mit dem historischen Plan, er war richtig orientiert und maßstabgerecht. Mit welchen Mitteln diese komplizierte, große Struktur „konstruiert“ worden ist, bleibt im Unklaren.

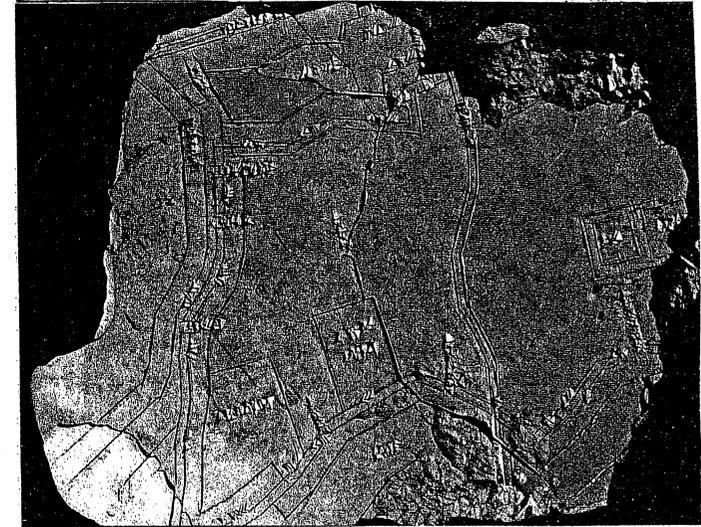


Bild 2.1/18:
Fragment
des Stadtplans
von Nippur
(um 1500 v. Chr.)

Um 1000 v. Chr.:

Griechische Kultur. Blütezeit der klassischen Kunst, Philosophie und Literatur. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse. Darstellungen auf Stein und Papyrus. Detaillierte Planungen von Projekten. Das Messen zur Übertragung des Plans auf das Objekt ist oberstes Prinzip. Die schriftlichen Zeugnisse aus jener Zeit, die klassischen Mythen von Homer, Aischylos, Sophokles, Hesiod und anderen, sind heute noch bekannt. Viele Artefakte dieser Hochkultur sind erhalten geblieben. In Verbindung mit den Mythen ist die Vorstellungswelt der Griechen in den unterschiedlichsten Lebensbereichen bekannt, auch im technischen Bereich. Die Mythen zur Entstehungsgeschichte der Welt, zur Entwicklung der eigenen Kultur waren nur begrenzt durch reale Ereignisse belegt, sie waren symbolisch und über Jahrhunderte aus den unterschiedlichsten Quellen entwickelt worden. Trotzdem sind von den Griechen sehr reale Objekte dieser symbolischen Ereignisse und Personen geschaffen worden. Sie hatten beispielsweise exakte Vorstellungen von personifizierten Göttern als gedankliche Konstrukte und entsprechend haben sie materielle Objekte dieser nicht realen „Personen“ geschaffen. Es ist außergewöhnlich, dass in der griechischen Mythologie auch technische Aspekte in großem Umfang und erstaunlicher Präzision vertreten waren. Von zentraler Bedeutung für die Auffassung von Technik war bei den Griechen der Begriff der „Techne“. Ab dem 5. Jahrhundert v. Chr. wurden unter diesem Begriff die verschiedenen Zweige des Handwerks, sowie weitere Disziplinen wie Medizin, Architektur und Mechanik, Musik, Rhetorik u.a.m. zusammengefasst. „Techne“ war die Gesamtheit dieser Elemente, die einzeln betrachtet als „Technai“ bezeichnet wurden. In den Mythen wurde das technische Handeln der Akteure wie selbstverständlich bis ins Detail thematisiert, der Gebrauch des Feuers beim Schmieden, die Arbeit mit Hebeln und Keilen beim Bewegen von Lasten, der Gebrauch unterschiedlicher Werkzeuge u.a.m. Die eingehende Beschäftigung mit der „Techne“ führte zu Erkenntnissen, die z.T. heute noch Bestand haben. Man gewann Erkenntnisse primär durch eine „gedanklich philosophische Analyse“. Probleme wurden hinsichtlich ihres logischen Gehalts untersucht, man dachte in den Gesetzen der bekannten philosophischen Schulen, suchte nach Widersprüchen, kombinierte gedankliche Konstrukte usw. Die Bestätigung der

Richtigkeit durch praktische Experimente stand nicht im Vordergrund. Die Ausführung praktischer Arbeiten galt in der griechischen Gesellschaft bei den bürgerlichen Eliten als nicht standesgemäß. Praktische Arbeiten wurden von Unfreien verrichtet.

Beginn der wissenschaftlichen Analyse geometrischer Probleme ab dem 7. Jahrhundert v. Chr. Anfänge der Perspektive mit einem Fluchtpunkt. Die Gedankengänge von Euklid u.a. fanden in der griechischen Zeichenkunst allerdings noch keine durchgängige Umsetzung. Es wird berichtet, dass ab 500 v. Chr. in Einzelfällen „Bühnenbilder“ perspektivisch gemalt worden sein sollen. Nachgewiesen sind Wandmalereien mit perspektivischen Elementen, beispielsweise Fluchtpunkten. Die Künstler kannten allerdings die perspektivischen Gesetze nicht. Sie verwendeten in einem Bild beispielsweise mehrere Fluchtpunkte. Die Zeichenkunst nicht. Sie verwendeten in einem Bild mehrere frei gewählte Fluchtpunkte. Die Zeichenkunst und Malerei brauchte noch Jahrhunderte, bis die wesentlichsten Gesetzmäßigkeiten der Geometrie Eingang in das künstlerische Schaffen fanden. Erst ab der Renaissance kann von einer systematischen Anwendung der Gesetze der Perspektive gesprochen werden. Der Eindruck von den ersten, vollständig nach den Gesetzen der Perspektive angefertigten Darstellungen war in ihrer natürlichen Räumlichkeit für die Menschen in der Renaissance überwältigend.

Schraffuren verwendet wurden. Mit ihnen konnten innerhalb der Flächen eines Linearumrisses Formen herausgearbeitet werden. In Griechenland wurde auch die Kunst der Linearzeichnung zur Vollkommenheit gebracht. Es gab Zeichenschulen, in denen nach strengen Maßstäben die Darstellung von Formen und Proportionen von Objekten gelehrt wurden. In einigen Schulen dauerte die Ausbildung zehn Jahre. Die besten Schüler zeigten ihr Können in öffentlichen Wettbewerben. Objekte wurden auch in ihrer räumlichen Wirkung gezeichnet. Das Verfahren war eine Art „anschauliche Perspektive“. Basis war eine genaue Abschätzung der Proportionen des Objekts. Einige Gesetze der Perspektive waren zwar bekannt, sie wurden aber nicht vollständig angewandt. Bei Skulpturen und in der Baukunst war der Gebrauch von geometrischen Rastern üblich. Die Grundlagen der Geometrie als Wissenschaft wurden in dieser Phase in Griechenland entwickelt. Die Namen Thales von Milet oder Pythagoras von Samos sind damit verbunden. Im Kapitel 5 wird im Zusammenhang mit den geometrischen Grundlagen des konstruktiven Zeichnens genauer darauf eingegangen. Bei der Behandlung optischer Probleme entwickelt Euklid ein Modell, das den Sehvorgang als Abtasten des Objekts durch „Sehstrahlen“ beschreibt, die vom Auge ausgehen und in Summe die Form eines „Sehkegels“ haben. Erst in der Renaissance, eineinhalbtausend Jahre später, wurde die Umkehrung dieser Idee wieder aufgegriffen. Sie führte zur exakten Zentralprojektion (siehe Abschnitt 5.3). In der „Mechanica“ von Aristoteles, geschrieben im 3. Jahrhundert v. Chr., wurde die Mechanik als Kunst beschrieben, mit deren Hilfe die Schwierigkeiten überwunden werden konnten, die die Natur einer Nutzung der Naturkräfte entgensetzte. Sie war mit der Mathematik verwandt und reichte von der Nutzung der Hebelgesetze bis zu hydraulischen Effekten.

Um 600 v. Chr.:

Frühe Hallstattzeit in Europa. Farbige Umrisszeichnungen. Kunst der Skythen. Babylonische Kunst (Ishtar-Tor). Der Eisenzeit konnten bisher nur wenige künstlerische Artefakte und Darstellungen zugeordnet werden. Auftauchen von Inschriften in lateinischer Schrift. Die primitivste Art zur Darstellung eines gedanklichen oder realen Objekts war die Zeichnung direkt in Sand. Es konnte auch mit Sand unterschiedlicher Farbe gearbeitet werden. Das Verwischen wurde durch Abdeckungen verhindert. Es gab sogar besondere Werkzeuge und Tafeln für diese Technik. Sandzeichnungen waren empfindlich und eigneten sich nicht zur Weitergabe von Informationen an verschiedenen Orten. Das Zeichnen und Skizzieren in Sand war noch nach der Zeitenwende bei den Römern verbreitet. Eine Verbesserung stellten die Wachstafeln dar. Die Darstellungen wurden mit spitzen Griffeln in das Wachs

geritzt. Sie waren unempfindlicher und dauerhaft haltbar. Für Korrekturen oder zum Entfernen von Darstellungen gab es besondere Hilfsmittel.

Um 300 v. Chr. schrieb Euklid aus Alexandria das erste umfassende und systematische Lehrbuch über eine wissenschaftliche Disziplin. Der Titel war „Die Elemente“, behandelt wurde die Geometrie.



Bild 2.1/19:

„Sandtafel“ zum
Zeichnen und Skizzieren
(Mosaik aus Herculaneum,
um 250 v. Chr.)

Um 100 v. Chr.:

Beginn der Blütezeit der römischen Kultur. Große Schritte bei der Weiterentwicklung aller bekannten Wissensgebieten. Vereinheitlichung der Schrift- und Zahlensysteme (römische Zahlen). Fernstraßenbau. Architektonische Großprojekte. Geschrieben wurde mit metallischen Griffeln, dem Stilus, auf Tafeln aus weichen Metallen (Blei, Kupfer, Bronze). Auch das Anfertigen von Plänen auf grundierten oder mit Wachs überzogenen Holztafeln (Albums) war üblich. Die mit Hitze geglätteten Wachstafeln nannte man „tabula rasa“. Papyrus war als Zeichengrund verbreitet. Der Beschreibstoff „Tierhaut“ war schon bei den Persern und Ägyptern bekannt. Die Weiterverarbeitung zu „Pergament“ war aufwendig und teuer. Er wurde nur für besondere Fälle benutzt. Fehlerkorrekturen waren nur durch Abschaben (lat.: radere) möglich. Daraus entwickelte sich das Wort „radieren“.

Um 25 v. Chr. schrieb der römische Baumeister Vitruvius das berühmte Sammelwerk „Architectura“. Bei den Römern fasste man alles, was gebaut wurde, unter dem Begriff „architectura“ zusammen. Es umfasste den Großteil des damals bekannten Wissens über Bauprinzipien von Gebäuden, Maschinen und Mechanismen, Kriegsgeräten, das Wissen vom Bau künstlicher Kanäle, Brücken u.a.m. In Rom wurde 228 n. Chr. auch eine besondere Ausbildungsstätte für Mechaniker, „Ingenieure“ und Baumeister eingerichtet. Für das Anfertigen „ausgezeichneter Geometrien“ gab es Hilfsmittel. Bei der Darstellung von Objekten wurden rechtwinklige Raster als Hilfen benutzt. Auch die Darstellung in „Ansichten“ durch Umklappen der einzelnen Seitenprojektionen um 90° in die Bildebene war üblich. Erhaltene geblieben sind Pläne in Form geritzter Ansichten auf Stein oder weiches Metall oder gezeichnete Bilder auf Pergament. Künstlerische Darstellungen zeigten meist herausragende Ereignisse oder bedeutende Persönlichkeiten. Zur der Übertragung von verkleinerten Planungen auf die Originalgröße gab es eine Reihe von Hilfsmitteln, beispielsweise zum Planieren exakt ebener Flächen, genau senkrechter Gebäudeteile u.a.m. Die Arbeiten konnten mit sehr großer Genauigkeit ausgeführt werden. Als Beispiel können die Wasserversorgungskanäle genannt werden, die Entfernungen von mehreren Hundert Kilometern bei geringstem Gefälle überbrückten.

Eine andere Gruppe von Darstellungen „technischer Objekte“ aus dieser Zeit ist nicht im Schema kulturell herausragender Ereignisse unterzubringen. Es sind Darstellungen von „handwerklichen“ Tätigkeiten, Werkzeugen und Alltagsgegenständen. Die Darstellungen betreffen alle Gewerke: Holzbearbeitung, Schmieden, Keramik und Töpferei, Weben, Malen von Getreide und sonstige Hausarbeiten, landwirtschaftliche Arbeiten u.a.m. Im praktischen Leben der prähistorischen Völker waren das Arbeiten, die in der Regel von Menschen auf den unteren Stufen der sozialen Systeme, von Unfreien und Sklaven erledigt wurden. Offen bleiben die Fragen: wozu hat man diese Darstellungen angefertigt, wer waren die Auftraggeber? Dienten sie zur Präsentation des überlegenen „technischen Standes“ einer Gesellschaft? Sollten die Prozesse der Herstellung für die Nachwelt erhalten werden? Waren es öffentliche Hinweise für die in einer Gemeinschaft ausgeführten Gewerke? Es lässt sich heute nicht mehr eindeutig klären. Sicher ist, dass sie real vorhandene Dinge und wirklich abgelaufene Prozesse darstellten. Es gab Darstellungen, in denen eine persönliche Zuordnung (namentlich oder als Abbild) eines Handwerkers zu seinen Arbeitsmitteln vorgenommen worden ist. In einigen Darstellungen wurde die „reale Welt der Dinge“ mit Elementen aus der Mythologie vermischt. Der engere Zweck einer „konstruktiven Zeichnung“ konnte mit den Darstellungen nur sehr eingeschränkt erfüllt werden. Der Detaillierungsgrad war zu gering. Durch die Vermischung mit mythologischen Elementen ist im Nachhinein eine Interpretation der erkennbaren technischen Sachverhalte schwierig. Diese Gruppe von Darstellungen umfasst Reliefdarstellungen, Linearumrisse, flächig angelegte Zeichnungen und, in begrenztem Umfang, Mosaik.



Bild 2.1/20:
Beispiel für die Arbeit eines Schmiedes mit Werkzeugen, Ausschnitt aus einer flächig angelegten Zeichnung auf einer Keramik (um 600 v. Chr.)

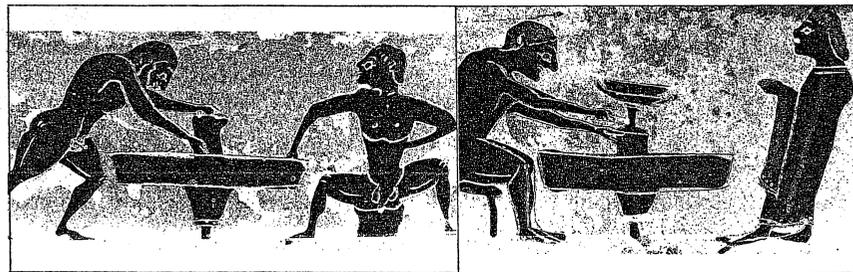


Bild 2.1/21: Beispiel für die Arbeit an der Töpferscheibe, Zentrieren des Tons und Abschneiden des fertigen Objekts, flächig angelegte Zeichnung (um 550 v. Chr.)



Bild 2.1/22:
Beispiel für die Arbeit eines Tischlers (Bohren eines Loches mit einem Fiedelbohrer), Ausschnitt aus einer flächig angelegten Zeichnung auf einer Keramik (um 500 v. Chr.)



Bild 2.1/23:
Beispiel für die Arbeit eines römischen Schiffszimmermanns, Reliefdarstellung (um 100 n. Chr.)

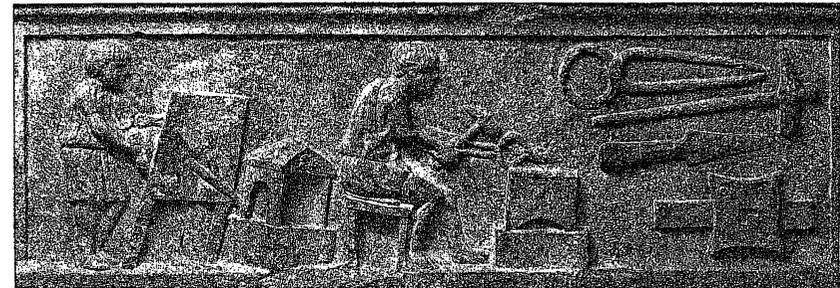


Bild 2.1/24: Schmiede bei der Arbeit (mit diversen Werkzeugen), Reliefdarstellung auf einem Grab (um 100 v. Chr.)

Bemerkung:

Die Wiege der Menschheit wurde bisher im östlichen Afrika, in der Nähe des großen Grabenbruchs, vermutet. Die gefundenen Überreste der frühen Menschen aus diesem Gebiet waren etwa 200000 Jahre alt. Die einseitige Sicht auf dieses Gebiet führte allerdings bei nachfolgenden archäologischen Forschungen zu einer Vorfürzung auf diesen Raum. Diese zeitliche Einordnung lässt sich heute nicht mehr aufrecht erhalten. Bei neuen Grabungen im Norden Afrikas, im Bereich des heutigen Marokko, wurden 300000 Jahre alte Überreste von frühen Menschen gefunden. Spuren erster Besiedlungen reichen noch weiter zurück. Diese zeitliche Strukturierung ist bei der Einordnung von frühen Darstellungen hilfreich. Erste geritzte primitive Felszeichnungen (Petroglyphen) von Tieren und Waffen sind etwa 30000 Jahre alt. Vermutlich gehen die Anfänge früher Zeichnungen noch weiter in die Vergangenheit zurück.

Bemerkung:

Die Entwicklung der symbolischen Ausdrucksformen ging mit einer Veränderung im kognitiven System unserer Vorfahren einher. Der Austausch von Erfahrungen, Wissen und Lernen wurden nach und nach ohne die Existenz konkreter Objekte, ohne direkte Anschauung, möglich. Das Denken wurde abstrakter. Probleme konnten in einer „inneren Welt“ bearbeitet werden. Heute spricht man im Zusammenhang mit diesen Denkprozessen von „abstrakten Konstrukten“, von inneren Bildern. In der Technik wird diese kognitive Leistung traditionell als das „innere Auge“ bezeichnet. Der Mensch hat im kognitiven System ein Bild, eine Vorstellung von einer Idee oder einem Gegenstand. Auch wenn der Gegenstand in der natürlichen Umwelt nicht existiert. In den frühen Darstellungen sind häufig Szenen ohne Entsprechung zum realen Leben gezeichnet worden, es waren nur „gedacht“ Konstrukte. Aus archäologischen Grabungen gibt es dazu eine Vielzahl an Beispielen. Sie sind zum Teil unverständlich und werden vereinfacht dem „kultischen Bereich“ zugeordnet. Die Herausbildung dieser Fähigkeiten, die Veränderungen im kognitiven System der Menschen hat eine Entwicklungsgeschichte von zehntausenden von Jahren durchlaufen. Von den prähistorischen Ansätzen bis in die moderne Zeit ist im Prinzip die Vorstellungsentwicklung im kognitiven System immer nach den gleichen Prozessen abgelaufen: der Anteil der „inneren Welten“ und deren Komplexität nahm stark zu. Beim konstruktiven Zeichnen werden die Leistungen des Systems auf die Spitze getrieben. Selbst auf eine symbolische Darstellung kann verzichtet werden. Bei entsprechender Ausbildung und entsprechendem Training ist es problemlos möglich, die Funktionen komplizierter Mechanismen „im Kopf“ zu untersuchen und die Form dieser „Objekte“ in den wesentlichen Grundzügen zu entwickeln. Nur das abschließende Ergebnis wird in einer konstruktiven Zeichnung festgehalten. Leider ist diese Gabe, kognitive Vorstellungen zu entwickeln und mit ihnen zu „arbeiten“, beim Menschen sehr unterschiedlich verteilt. Manche lernen es nie.

Bemerkung:

Die Welt des „technischen Denkens“ (siehe Abschnitt 4.5) spielt in der traditionellen Archäologie nur eine untergeordnete Rolle. Man beschreibt detailliert die beeindruckenden Siedlungen, die prächtigen Paläste, und die monumentalen Tempel, aber die Prozesse des Schaffens dieser Dinge, „das Wie“ und das „mit Was“ bleiben merkwürdig im Dunkeln. Selbst in der Steinzeit lag den großen Kreisstrukturen aus rohen Felsen ein detaillierter Plan zugrunde. Sie sind beispielsweise nach Himmelsmarken ausgerichtet, die auf komplizierten, jahrzehntelangen Beobachtungen beruhen. Mit den Mitteln der Archäologie konnten die Planungskonzepte nicht gefunden werden. Selbst einfache Gebäude können ohne einen Plan nicht gebaut worden sein. Zu den Planungen gehörten „Berechnungen“ aller Art, beispielsweise logistische Abschätzungen (Mengen, Transportkapazitäten u.a.m.) oder Auslegungsberechnungen (Festigkeit, Knickung u.a.m.). Vom Bau der Pyramiden liegen einige wenige Dokumente über Transporte von Baumaterialien und Transportzeiten vor. Von den „Auslegungsberechnungen“ gibt es fast nichts. Nur die Folgen massiver Fehler sind als Reste von Katastrophen heute noch erhalten. Von Berechnungen in modernem Sinne waren die historischen Baumeister und Ingenieure noch weit entfernt. Es gab eine Unmenge an erfahrungsabhängigen Abschätzungsregeln. Vermutlich hat man sie bei archäologischen Forschungen übersehen. Sie hatten wenig Ähnlichkeit mit mathematischen Formeln. Es wurden Größen in Beziehungen gesetzt, die nach naturwissenschaftlichen Regeln kaum etwas miteinander zu tun hatten. Selbst religiöse Restriktionen wurden in diese „Auslegungen“ einbezogen. Diese „Faustformeln“ oder „zugeschnittene Größengleichungen“ wurden noch im 19. Jahrhundert im Maschinenbau und in der Architektur verwendet. Sie repräsentierten das Erfahrungswissen von Jahrhunderten. Das fast vollständige Fehlen dieser historischen „Welt“ ist nicht plausibel.

Bemerkung:

In archäologischen Forschungen tauchen immer wieder Artefakte auf, die, trotz ihrer sicheren zeitlichen Einordnungen, wie aus der „Zeit gefallen“ wirken. Sie können, unter Berücksichtigung der aktuellen historischen Kenntnisse, schwerlich mit den Möglichkeiten ihrer Zeit geschaffen worden sein. Diese Funde bieten immer wieder reichlich Stoff für Interpretationen, Spekulationen und der Annahme des Wirkens von „Übernatürlichen“. Es gibt tausende derartiger Fälle, auch viele Fälle mit „utopisch wirkenden, technischen Objekten“. Eine Gruppe umfasst Artefakte mit geometrischen Formen als Zeichnungen oder Ritzungen in festen Materialien, die ohne genaue Kenntnisse geometrischer Gesetze nicht zu schaffen waren. Deren Gesetze wurden aber erst deutlich

später gefunden. Des Weiteren wären zum Zeichnen der Formen relativ komplizierte Instrumente erforderlich gewesen. In der Zeit, in der die Artefakte entstanden, gab es diese nicht. Beispiele sind Konstruktionen mit „ausgezeichneten geometrischen Formen oder ausgezeichneten Lagen“, beispielsweise exakte Parabeln, Zykloiden u.a.m., genaue extrem große Radien oder exakte geometrische Teilungen von Strecken. Ähnlich überraschend sind auch die prähistorischen Aufzeichnungen von Himmelsbeobachtungen. Astronomische Konstellationen wurden in hoher Präzision in Metall oder Stein festgehalten und deren Veränderungen in der Zukunft berechnet. Wie wurden die notwendigen Konstruktionen entworfen? Besonders erstaunlich sind astronomische Beobachtungseinrichtungen aus Stein mit gigantischen Abmessungen (Indien, Mittelamerika). Nicht die Kunst der Steinbearbeitung ist dabei wesentlich, sondern die Planung und „Konstruktion“ dieser „Astrolabien“. Genau so erstaunlich sind die frühen Zeitpunkte der Entdeckungen fundamentaler Daten zur Erde selbst und zum Sonnensystem (Durchmesser der Erde, Dauer eines Jahres auf wenige Minuten genau, Kalender der Maya usw.) von den mittelamerikanischen Völkern und aus Indien.

Bemerkung:

Ein Beispiel aus der Gruppe „ungewöhnlicher technischer Artefakte“ ist ein Fund aus dem alten Ägypten, und zwar die 5000 Jahre alte Scheibe des Sabu, eines hohen ägyptischen Beamten (oder Priesters). Sie war eine Beigabe im Grab des Beamten. Gefunden wurde sie in einer Grabungsstätte in der Nähe von Sakara. Der Gegenstand hatte die Form einer 60 cm großen Schüssel mit hochgestelltem Rand. In der Mitte war ein 8 cm großes Loch. Vom Rand der Schüssel gingen drei flügelartige, breite Verbindungen zur Mitte. Die Teilung war geometrisch genau gefertigt. Das Material der Scheibe war Schiefer. Der futuristisch anmutende Gegenstand hat Ähnlichkeit mit einer Wurfscheibe mit Flügeln. Die Funktion ist völlig unklar.

Die deutlich jüngeren Geoglyphen (Scharbilder) in verschiedenen Orten auf der Erde, z.B. in der Sajoma-Ebene in Bolivien oder die bekannten Nasca-Linien in Peru, geben immer noch Rätsel auf. Die Darstellungen zeigen Menschen, Tiere und abstrakte Symbole, einige sind mehrere Kilometer groß. Sie sind nur aus großer Höhe zu erkennen. Bei den Bildern gibt es einige, die vollkommen symmetrisch aufgebaut sind, oder welche mit kilometergroßen, „ausgezeichneten“ Elementen (z.B. genauen Kreisen). Bei den riesigen Abmessungen ist schwer erklärbar, wie sie geplant und in Originalgröße in eine Landschaft übertragen worden sind. Die Ränder der Formen bestehen aus niedrigen Aufschüttungen aus kleinen Steinen. Bei einer Betrachtung aus „Augenhöhe“ sind die Formen nicht zu erkennen.

Aus der „Zeit gefallen“ ist auch der metallische Mechanismus, der vor der griechischen Insel Antikythera bei Tauchgängen in einem antiken Schiffswrack gefunden worden ist. Die Datierung des zum Teil erhaltenen Mechanismus ergab als sicheres Alter das 1. Jahrhundert v. Chr. In dem Gerät waren mehrere bronzene „Zahnradgetriebe“, Hebelgetriebe und Antriebe von diversen Zeigern untergebracht. Auf einigen Einzelteilen waren (griechische?) Schriftzeichen zu erkennen. Die Funktion ist unklar. Eine vorsichtige Interpretation lässt die Nähe zu einem frühen Astrolabium vermuten. Derartige Geräte gab es zu der Zeit aber noch nicht. Unklar ist auch der Prozess der Entwicklung und Berechnung der Übersetzungen des mechanischen Kunstwerks. Das ist ein entscheidender Gesichtspunkt. Wenn es ein Astrolabium war, kann das Prinzip des Mechanismus nur aus langwierigen Himmelsbeobachtungen abgeleitet worden sein.

Die Umsetzung von beispielsweise Planetenbewegungen in die mechanischen Zusammenhänge eines komplexen „Getriebes“ ist für das 1. Jahrhundert v. Chr. nicht nachvollziehbar. Genau so rätselhaft ist die Herstellung. Die notwendigen feinmechanischen Verfahren und Werkzeuge waren den Griechen zu der Zeit nicht bekannt. Der Fund in einem Schiffswrack kann auch auf eine Anfertigung außerhalb des griechischen Kulturkreises hindeuten. Allerdings ist bisher noch kein Kulturkreis aus der Zeit gefunden worden, in dem das Wissen und Können zum Bau des Mechanismus vorgelegen haben könnte.

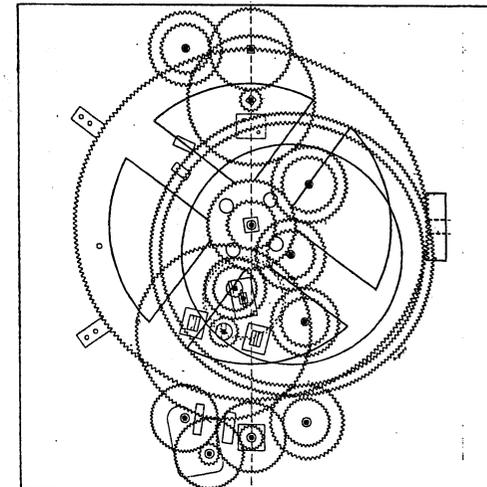


Bild 2.1/25: Der Mechanismus von Antikythera, Versuch der Rekonstruktion des Getriebeaufbaus

2.2 Zeichenkunst vom Mittelalter bis zur Neuzeit

2.2.1 Zeichenkunst und konstruktives Zeichnen

Einen Unterschied zwischen künstlerischen Zeichnungen und den Zeichnungen technischer Objekte gab es in der prähistorischen Zeit und im Altertum nicht. Die Nennung der beiden Begriffe in einem Atemzug ist heute sehr ungewohnt. Das Technische hat im Kulturbetrieb unserer Zeit wenig Raum. Die mannigfaltigen Interpretationen des Begriffs „Technik“ führen bei der Klärung der Beziehung zwischen Kunst und Technik nicht weiter. Im traditionellen Verständnis beispielsweise des 19. Jahrhunderts verstand man unter Kunst nur die sogenannten „schönen Künste“: Malerei, Bildhauerei, Baukunst, Musik usw. Der Unterschied zwischen den „Künsten“ und „Nicht-Künsten“ war, stark vereinfacht, wie der zwischen dem ausschließlich „Schönem“ zu dem im Wesentlichen nur „Nützlichen“. Natürlich waren noch eine Reihe andere Aspekte wichtig. Alle noch so mühsamen Zuordnungsbemühungen waren allerdings vergebens. Insbesondere bei den real geschaffenen Objekten waren die Grenzziehungen zwischen Handwerk und Kunst oder zwischen den mit technischen Mitteln hergestellten Objekten und Kunst, schwierig.

Bis ins 18. Jahrhundert wurde der Begriff „Kunst“ mit zwei unterschiedlichen Bedeutungen verwendet. Es gab zum einen die Künstler und ihre Kunst, beispielsweise die Zeichenkunst. Zum anderen gab es aber auch „Künste“, „Künstler“ und „Kunstmeister“ im Sinne von „künstlich geschaffen“ oder „kunstvoll gearbeitet und gebaut“. Die alten Bezeichnungen Wasserkunst, Windkunst, mechanische Kunst u.a.m. deuten darauf hin. Die zeichnerischen Darstellungen dieser Künste unterschieden sich kaum von denen der „Zeichenkunst der Künstler“. Das ist unmittelbar plausibel, da die Zeichnungen zum Großteil von den gleichen Personen ausgeführt worden sind. Die Darstellungen waren auch keine eindeutigen Handlungsanweisungen zum Bau der dargestellten Objekte. Sie enthielten allegorische Elemente, eine Vielzahl an Symbolen, Anspielungen auf gesellschaftliche Ereignisse u.a.m. Eine einheitliche „Sprache“ zum Lesen der Zeichnung gab es nicht einmal in Ansätzen, weder für die Art der Darstellungen noch für ihre Vorgaben zur Übertragung des Gezeichneten in die Realität.

2.2.2 Konstruktives Zeichnen

In Mitteleuropa entwickelten sich ab 500 n. Chr. die Klöster zu kulturellen und wirtschaftlichen Zentren. Hier wurden nicht nur religiöse Schriften verfasst und vervielfältigt, sondern in großem Umfang auch Ackerbau und Viehzucht betrieben sowie die Baukunst und die mechanischen Künste weiterentwickelt. Auch der Bau der Klöster selbst war eine Mammutaufgabe, oft für Generationen von Handwerkern. Die klösterlichen Wirtschaften waren in jener Zeit Zentren des technischen Fortschritts. Herausragende Bedeutung hatte im 12. und 13. Jahrhundert der Orden der Zisterzienser. Die Bedeutung der Arbeit in den Ordensregeln führte zu einer intensiven Weiterentwicklung der Handwerkstechniken, einem verstärkten Einsatz mechanischer Hilfen in der Landwirtschaft und zum Bau technischer Großanlagen. Ein Beispiel ist die Behandlung des „Energieproblems“ bei der Weiterverarbeitung der Ernte. Tierische und menschliche Kräfte reichten oft nicht aus. Man nutzte in großem Umfang die Wasserkraft. Aus dieser Zeit stammen bemerkenswerte Impulse zum Bau großer Wasser- und Windmühlen. Diese großen Projekte wurden sorgfältig geplant. Allerdings in der Regel nicht in Form gezeichneter Dokumenten. Da alle Arbeiten in einer Hand lagen und örtlich begrenzt durchgeführt wurden, war eine dauerhafte Dokumentation nicht erforderlich. Wenn konstruktive Darstellungen angefertigt wurden, dienten sie mehr einer anschaulichen Verdeutlichung oder zur Illustration, weniger als Anleitungen zum Bau. Funktionale Gesichtspunkte oder eine maßgerechte Wiedergabe traten dabei in den

Hintergrund. Eines der wenigen erhaltenen Dokumente jener Zeit ist der Baukunst zuzurechnen. Es ist die maßgerechte Zeichnung eines „Grundrisses“ einer um 800 errichteten Klosteranlage, und zwar des Benediktiner-Klosters St. Gallen. Es war die erste nördlich der Alpen gebaute Mönchsburg. Der Plan wurde im Nachhinein um 820 als Kopie auf Pergament gezeichnet. Vermutlich als Basis für den Bau ähnlicher Anlagen. Andere Pläne der Anlage sind nicht erhalten geblieben.

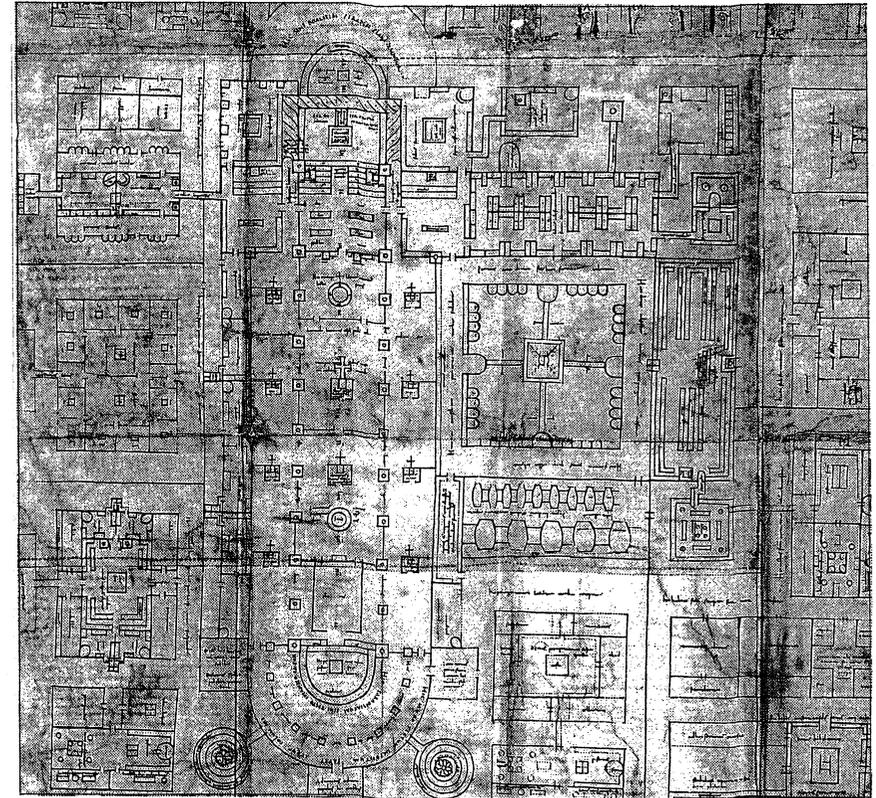
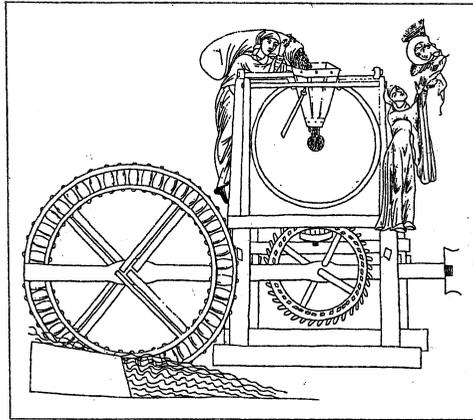


Bild 2.2/1: Plan des Grundrisses eines Klosters (Ausschnitt, gezeichnet um 820 n.Chr.)

Das Beispiel einer technischen Großanlage zeigt das nachfolgende Bild. Die Getreidemühle wurde durch ein unterschlächtiges Wasserrad angetrieben. Die Antriebsbewegung wurde durch ein Kammrad auf die vertikale Achse mit dem Mühlstein übertragen. Die Darstellung ist anschaulich gezeichnet und typisch für konstruktive Zeichnungen jener Zeit. Die Einblickssituation wechselt, je nach dem, was dargestellt werden sollte, innerhalb der Zeichnung. Das im oberen Teil gezeichnete Mahlwerk steht natürlich nicht senkrecht, sondern liegt waagrecht. Nach diesen Zeichnungen konnte nicht gebaut werden. Sie dienen zum Aufzeigen der Funktion und zur Illustration. Am Bau derart komplizierter Maschinen waren mehrere Gewerke beteiligt. Die Arbeiten müssen genau abgestimmt gewesen sein. Es müssen demnach Pläne für den Bau vorhanden gewesen sein. Vermutlich wurden sie auf Wänden oder Brettern skizziert. Erhalten geblieben sind sie nicht.

Bild 2.2/2:
Illustration zu einer
Getreidemühle um 1100
(Herrad von Landsperg:
„Hortus deliciarum“, um 1160,
überarbeitetes Bild)



Es gibt aus dieser Zeit eine Reihe von Windmühlendarstellungen. Gezeichnet wurden die Mühlen im Allgemeinen in einer Außensicht. Über den inneren Aufbau gibt es wenige Informationen. Das folgende Bild zeigt zwei konstruktive Zeichnungen von Innenleben zweier unterschiedlicher Mühlen. Die Zeichnungen sind in räumlicher Manier ausgeführt. Die Blickrichtung der Perspektive, die Lage des „Augpunktes“, wechselt innerhalb einer Darstellung. Die Zeichnungen wirken ungewohnt, sind aber verständlich.

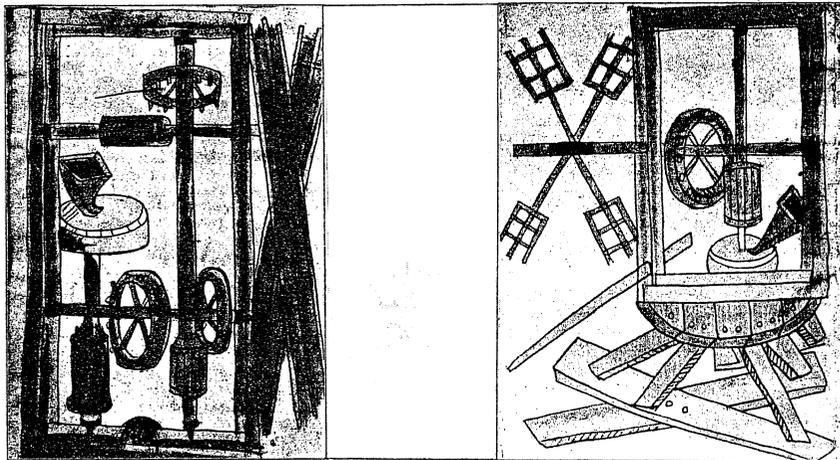
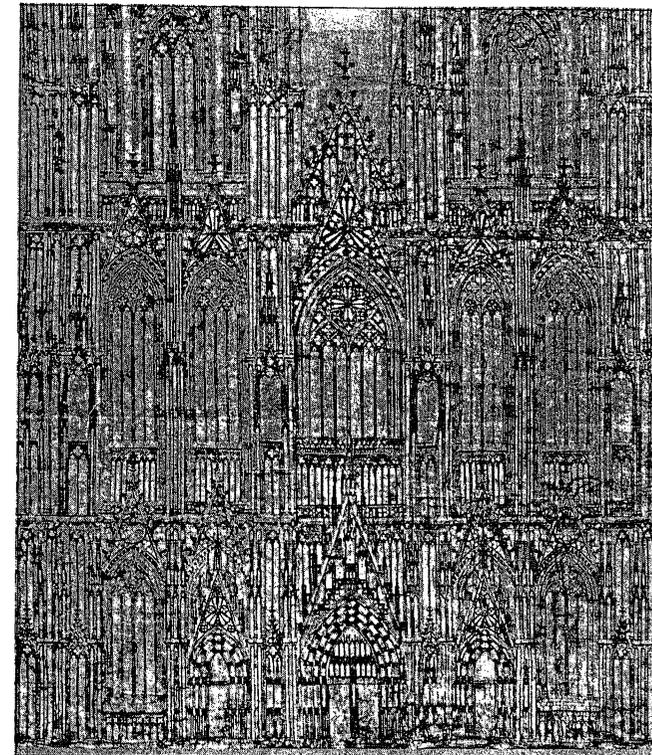


Bild 2.2/3: Konstruktive Zeichnung der Innenansichten zweier Mühlen (um 1250 (?))

Der nächste große Schritt in der Weiterentwicklung der konstruktiven Zeichenkunst ging von den Bauhütten des ausgehenden Mittelalters aus. Bei großen Bauvorhaben, wie Dombauten, Brücken oder Befestigungsanlagen fasste man die notwendigen Gewerke in einer „Bauhütte“ zusammen. Bei komplexen Bauvorhaben ergänzte man die Bauhütte durch ein System von zugordneten Werkstätten (z.B. für Steinmetzarbeiten, Zimmermannsarbeiten, Schmieden, Mechaniker u.a.m.). Die Handwerker kamen aus allen Ländern. Die Bauhütte wurde so lange betrieben, bis das Objekt fertig war. Bei Monumentalbauten konnten das mehrere Jahrhunderte sein. Die Planung des Objekts und die Ausführung lagen in den Händen von

Baumeistern, beispielsweise den Dombaumeistern. Das waren herausragende Persönlichkeiten mit universeller Bildung und immenser Erfahrung. Sie waren Architekten, Statiker und Zeichner in einer Person. Sie organisierten die Arbeiten und verwalteten die Mittel zum Bau der Objekte. Große Probleme bereitete das einheitliche Messen aller beim Bau auftretenden physikalischen Größen, insbesondere das Messen von Längen. Über einen sehr langen Zeitraum mussten Längen an unterschiedlichen Orten exakt einem „Normalmaß“ entsprechen. Das Problem wurde auf sehr einfache Weise gelöst. Jeder Baumeister hatte sein eigenes Normal, eine Art „Urmeter“. Es wurde vervielfältigt und unverändert über die gesamte Bauzeit genutzt. Die gotische Baukunst stand im 1300 Jahrhundert in voller Blüte. Der Bau der Dome in Magdeburg (1208), in Köln (1245 begonnen), in Straßburg (1350) und in anderen Städten wäre ohne umfangreiche konstruktive Zeichnungen nicht möglich gewesen. Viele dieser einmaligen Dokumente sind verloren gegangen. Gezeichnet wurde meist auf Pergament, in „Grundrissen“ und „Aufrißen“, in unzähligen Teilansichten und Schnitten, zum Teil unter Verwendung von geometrischen Rastern, mit vielen anschaulichen Skizzen und schriftlichen Anweisungen auf den Zeichnungen. Vollständig verloren gegangen sind tausende von Arbeitsskizzen, die mit Kreide auf Wänden oder Holz skizziert oder auch nur in den Sand gezeichnet worden sind. An den Wänden einiger Baudenkmale findet man mit viel Glück noch Spuren dieser alten Skizzen. Sie haben, in Stein geritzt, die Zeit überdauert. Nicht überdauert haben die Entwürfe und konstruktiven Zeichnungen der großtechnischen Anlagen, die zum Bau dieser Monumentalbauten notwendig waren. In erster Linie waren das Krananlagen und diverse Hebezeuge für sehr große Lasten.

Bild 2.2/4:
Ausschnitt eines
Portalaufnisses auf
Pergament des
Doms zu Köln
(um 1245)



Bemerkung:

Bei den mittelalterlichen Darstellungen technischer Objekte steht, im Gegensatz zu den prähistorischen Darstellungen und den Abbildungen aus der Zeit des 1. Jahrtausends n. Chr., der funktionale Aspekt im Vordergrund. Die Einsatzbedingungen und die verwendete Technik werden in wesentlichen Zügen dargestellt. Technische Details fehlen im Allgemeinen. Der Bezug zur Mythologie und zur Religion tritt zurück. Damit wird auch eine Veränderung im Darstellungszweck deutlich. Die Zeichnungen sollen den Wirkzusammenhang verdeutlichen, beispielsweise was mit einer Antriebsenergie wie und mit welchen Mitteln umgesetzt wurde, um einen gewünschten Nutzeffekt zu erzielen. Man wollte dieses technische Wissen verbreiten und für die Nachwelt erhalten. Es gibt eine Vielzahl an Beispielen dieser „konstruktiven Zeichnungen“. Gemeinsam ist allen eine „irgendwie herausgearbeitete“ Anschaulichkeit. Regeln in den Darstellungen sind nicht erkennbar. Gewöhnungsbedürftig sind damit auch die individuellen Unterschiede in den Darstellungen. Mit unseren im räumlichen Sehen geschulten Augen wirken die Abbildungen fehlerhaft, sie sind nie maßgerecht, die Proportionen sind fast beliebig und ein räumlicher Eindruck stellt sich nur bei Betrachtung einzelner Elemente ein. Die geometrischen Gesetze der Perspektive waren noch nicht bekannt. Das, was einen näherungsweise perspektivischen Eindruck machte, war intuitiv aus der persönlichen Erfahrung des Zeichners entstanden.



Bild 2.2/4.1: Drechselbank (um 1200)
Abb. aus einer religiösen Schrift.
Funktional vollständige Abbildung.
Antrieb mit Fußwippe.
Rückzug mit Fidelbogen über ein Seil.
Beide Hände frei zum Arbeiten.



Bild 2.2/4.2: Bauhütte (um 1300)
Arbeiten und Materialtransporte.
Lastenkrane mit Antrieb durch
Trettrad.

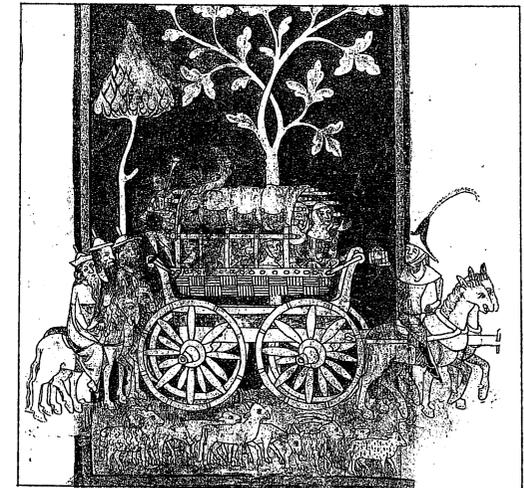


Bild 2.2/4.3: Kobelwagen (um 1340)
Der Korb für die Mitfahrer ist
Freischwiegend eingehängt.
Pferdevorspann mit begleitenden
Reitern.
Perspektivische Tiefenstaffelung
teilweise angedeutet.

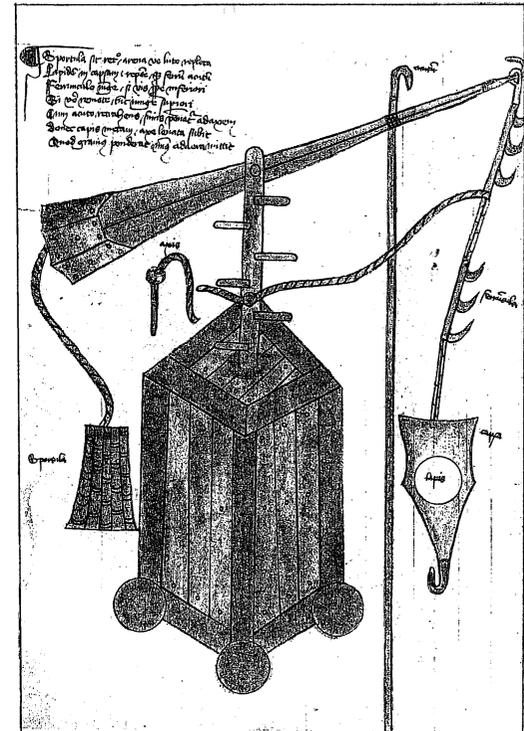


Bild 2.2/4.4: Blide (um 1400)
Wurfmaschine verfahrbar mit
Gegengewicht und Wurfeschlinge.
Schlingenweit an unterschiedliche
Größen der zu schleudernden
Objekte anpassbar.
Anschauliche Darstellung mit
wechselndem Standort des
Betrachters.

Bild 2.2/4.5: Becherwerk (um 1450)
 Vertikaler Windradantrieb.
 Mittig versetzte Triebstockverzahnung.
 Anschauliche Darstellung mit unterschiedlichen Einblickrichtungen.

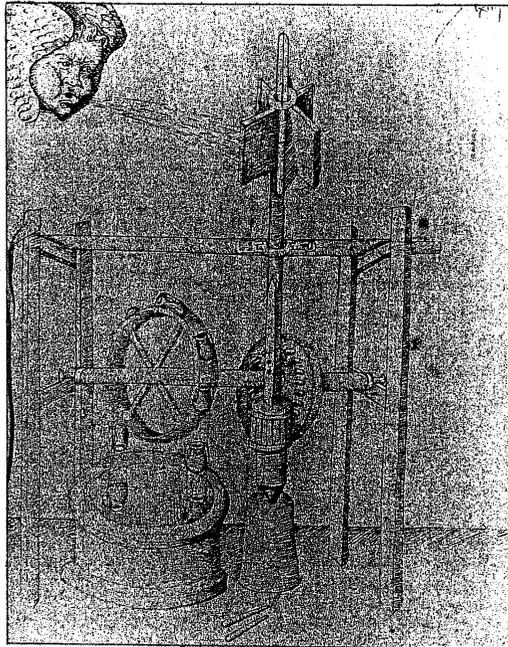


Bild 2.2/4.6: Hebezeug (um 1500)
 Gleichzeitige Bewegung von zwei Transportkörben.
 Bewegung gegenläufig (Kompensationsprinzip).
 Doppelte Triebstockverzahnung, axial versetzt.
 Verschiebbare Triebkäfige (zum Richtungswechsel der Transportkörbe).

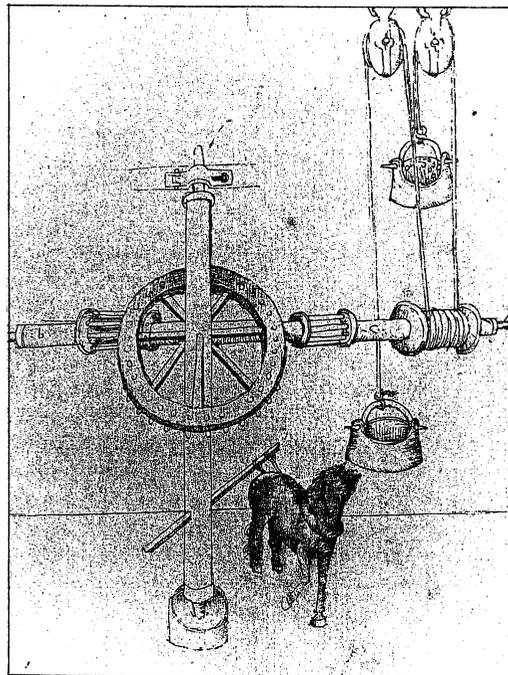


Bild 2.2/4.7: Hebebock (um 1550)
 Zweiarmig, ein Arm mit Stützgabel zur Erreichung der Standsicherheit.
 Heben sehr schwerer Lasten.
 Deutliche Darstellung der Funktion des Mehrfach-Flaschenzugs.
 Haspelantrieb von Hand.
 Anschauliche Darstellung, ohne Tiefenstaffelung.

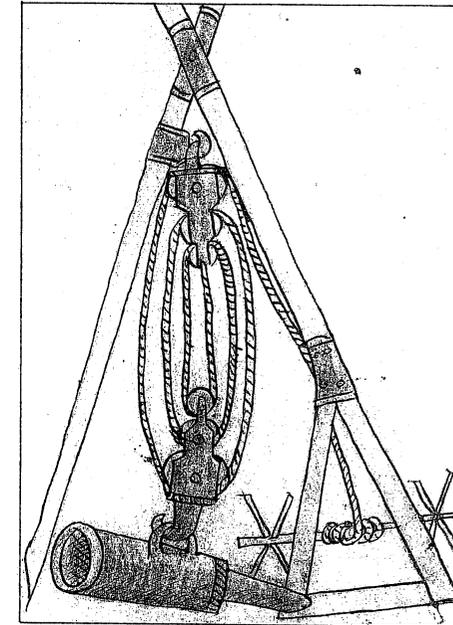
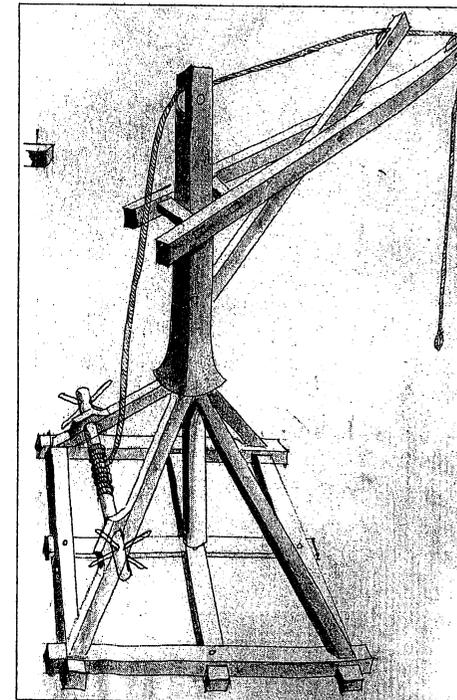


Bild 2.2/4.8: Kran (um 1600)
 Stationärer Baukran.
 Schwenkbar.
 Direkter, manueller Antrieb von Hand.
 Anschauliche Darstellung in frei gezeichneter, guter Perspektive.



Bemerkung:

Ein historisches Kunstwerk aus dem 11. Jahrhundert fällt aus der Gesamtheit an Darstellungen einzelner „technischer“ Objekte heraus. Es ist ein seltenes Zeitdokument, das ein komplexes und länger andauerndes Ereignis in chronologischer Abfolge darstellt. Bildlich ausgearbeitet werden die normannische Invasion Englands und die Ereignisse in England und in der Normandie. Die Hauptakteure waren Harold, König von England und Wilhelm, genannt „Der Eroberer“. Das Drama endete in der Schlacht von Hastings. Harold wurde in der Schlacht 1066 von einem normannischen Pfeil tödlich getroffen. Dargestellt werden die verschiedenen Phasen der Auseinandersetzung und eine Vielzahl an begleitenden Aktivitäten.

Aus dem üblichen Rahmen fällt auch die Art der Darstellung heraus. Bei dem Kunstwerk handelt es sich nicht um eine zeichnerische Darstellung, sondern um einen langgestreckten, mehrteiligen, gestickten Bildteppich. Er ist unter der Bezeichnung „Teppich von Bayeux“ bekannt. Der Teppich ist zwischen 48 und 54 cm hoch und über 68 m lang. Er wurde um 1082 als Stickarbeit auf Leinen angefertigt. Neben den dargestellten Hauptereignissen ist der Teppich eine Fundgrube für den Stand der Waffentechnik, für die Ausführungen von Rüstungen, von Gegenständen des Alltagslebens, von Handwerkswerkzeugen, Transportmitteln, landwirtschaftlichen Geräten u. a. m. Die Darstellungen geben die Objekte nicht sehr differenziert wieder. Das ist typisch für die Zeit und auch der Art der Wiedergabe geschuldet. Das Sticken gestattet nur die wesentlichen Merkmale wiederzugeben. Ferner wurde die Arbeit von Frauen erledigt, die zwar genau beobachtet haben, aber wahrscheinlich mit den Objekten nicht unmittelbar arbeiten mussten.

Der Teppich ist in drei, über die gesamte Länge laufende Streifen, gegliedert. Im oberen Rand werden übergeordnete, geistige, zukünftige Ereignisse und Fabeln wiedergegeben. Der breite Mittelstreifen ist dem Hauptereignis, den wichtigen Akteure vorbehalten. Die Ereignisse finden auf der Erde, im Hier und Jetzt statt. Im unteren Streifen sind reale Nebenergebnisse wiedergegeben, häufig mit Bezug zur Vergangenheit. Insgesamt ist nur ein Teil der Abbildungen heute verständlich.

Der Schwerpunkt der Darstellungen liegt selbstverständlich auf den Hauptakteuren. Die ausführenden Künstler haben mit Sicherheit nicht das Ziel verfolgt, „technische Objekte“ der Zeit in zu dokumentieren. Trotzdem findet man in den Darstellungen viele Details, die in der Deutlichkeit selten wiedergegeben worden sind. Das macht den Teppich von Bayeux im Zusammenhang mit der Entwicklung von Darstellungen technischer Objekte interessant. Generell werden Größen und Proportionen nur annähernd wiedergegeben. Die Abbildungen sind in anschaulicher Manier gehalten, „perspektivische“ Partien sind intuitiv gezeichnet worden. Einige Beispiele sind in den folgenden Abbildungen wiedergegeben.

Es muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass das hier ausgewählte Bildmaterial nicht Hauptgegenstand der Darstellungen des Teppichs war und zum Teil aus den Randdarstellungen und Nebendarstellungen stammt.

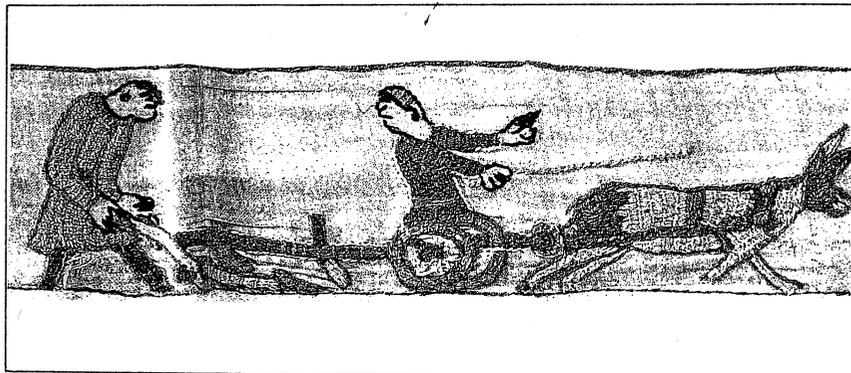


Bild 2.2/4.9: Bauern beim Pflügen mit Zugtiervorspann. Einscharigem Hakenpflug aus Holz. Der Boden wurde nur aufgebrochen, gekrümelt und etwas gelockert, nicht gewendet. Gepflügt wurde in mehreren Gängen längs, quer und diagonal. Angedeuteter Schar evtl. aus Metall. Messerförmiges Vorwerkzeug zum Trennen der oberen Erdschicht. Achtung: Pflug besitzt ein Karren-Vordergestell (frühe Darstellung einer derartigen Ausführung).

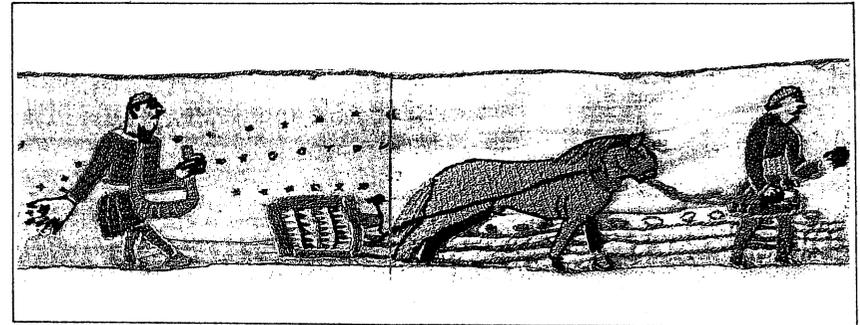


Bild 2.2/4.10: Bauern beim Säen und Eggen mit einem Pferd als Zugtier. Pferd geht im Kummet (Kumt). Dadurch größere Zugkraft. Üblich war bei Pferden auch Ziehen mit dem „Brustblatt“. Einfache, hölzerne Rahmenegge mit vermutlich hölzernen Zinken.



Bild 2.2/4.11: Holzfäller bei der Arbeit. Äxte mit kurzer Schneide und etwa armlangen „Stiel“.



Bemerkung:

In den mittelalterlichen Darstellungen technischer Objekte sind einige Zeichnungen von Transportwagen bemerkenswert. Es fehlt bei ihnen zwar jegliche Perspektive, aber sie sind in ihrer anschaulichen Art in den wesentlichen Funktionsaspekten unmittelbar verständlich. Unterstützt wird diese Anschaulichkeit noch durch den Einsatz einer entsprechenden farblichen Gestaltung. Deutlich wird bei den Darstellungen aber auch der im Vergleich zu den konstruktiven Zeichnungen andere Zweck der Darstellungen. Sie dienen nicht als Grundlage einer Konstruktion oder zum Bau der Objekte, sondern ausschließlich als Darstellung einer besonderen Situation. In der Tafel 2.2/1 ist beispielsweise ein kleiner, vierrädriger Wagen gezeichnet, der zum Transport eines großen zylindrischen Körpers verwendet wurde. Die Tafel zeigt nur den Ausschnitt eines größeren Wandteppichs, der um 1060 angefertigt worden ist. Der Wagen wurde von zwei Personen mit Hilfe von Brustriemen gezogen. Auffällig ist, dass auf die Darstellung technischer und handwerklicher Details vollständig verzichtet worden ist. Sie müssen im Zusammenhang mit der gezeigten Situation und dem Verwendungszweck des Teppichs völlig unwichtig gewesen sein. Die Räder waren als segmentierte Speichenräder ausgeführt. Das Wagengestell ist nicht erkennbar. Der Wagenkasten ist nur angedeutet. Vermutlich waren die Vorderräder in einem Drehschemel geführt. Die Einzelheiten sind nicht dargestellt.

Tafel 2.2/1:

**Darstellung eines vierrädrigen Wagens
(um 1060)**

In der Renaissance erlebte die Linearzeichnung eine weitere Blütezeit. Gleichzeitig beschäftigten sich die Künstler und Wissenschaftler eingehend mit der Geometrie und ihren Gesetzmäßigkeiten. Das Zeichnen von real dreidimensionalen Objekten auf eine zweidimensionale Fläche ist eng mit Wissenschaft der Geometrie verbunden. Sie behandelt u.a. die Lehre von den Ausdehnungen, Formen und Lagen von Objekten im Raum, deren Zuordnungen und Abhängigkeiten. Die in babylonischer Zeit und in Ägypten gemachten Anfänge der Geometrie wurden von den Griechen weiterentwickelt. Als Wissenschaft bietet die Geometrie dem menschlichen Verstand das weiteste Feld für die Auseinandersetzung zwischen den visuellen Eindrücken und dem Denken. Das anschauliche Sehen, welches insbesondere in der konstruktiven Zeichenkunst eine dominierende Rolle besitzt, muss allerdings gelernt und ständig geübt werden. In der Renaissance wurde das anschauliche „Sehen“ als „zentrale Projektion“ mit einem festen Zentrum (Augpunkt) und linearen Sehstrahlen zwischen dem Zentrum und beliebigen Punkten des Objekts erkannt. Das menschliche Sehen und das sich „im Kopf“ bildende räumliche Bild mit seiner Tiefenstaffelung wurden als Zentralprojektion mit zwei nahe beieinander liegenden Zentren im Abstand beider Augen interpretiert. Daraus entstand die vereinfachte Form der perspektivischen Darstellungen mit einem Augpunkt. Dieses Wissen und die daraus abgeleiteten geometrischen Gesetze zum Anfertigen exakter „perspektivischer Linearzeichnungen“ führten zu den noch heute als richtungweisend geltenden, anschaulichen Zeichnungen dieser Epoche. Weithin bekannt aus der Renaissance sind die perspektivischen Darstellungen aus der Malerei und Architektur von Leon Battista Alberti, Michelozzo di Bartolommeo, Donato Bramante, Filippo Brunelleschi u.a. Die Anfang des 15. Jahrhunderts von Filippo Brunelleschi angefertigten Landschaftsgemälde waren in ihrer räumlichen Wirkung richtungweisend. Allgemein bekannt sind auch die perspektivische Skizzen von Leonardo da Vinci. Er fertigte von unterschiedlichsten Objekten perfekte perspektivische Linearzeichnungen an, nach denen auch heute noch die Funktionen eindeutig zu verstehen sind. In Deutschland sind insbesondere die Zeichnungen von Albrecht Dürer (1471 – 1528) und Hans Holbein d.J. (1497 – 1543) zu nennen.

Bild 2.2/5: Grundbeziehungen der Perspektive (Zentralprojektion)

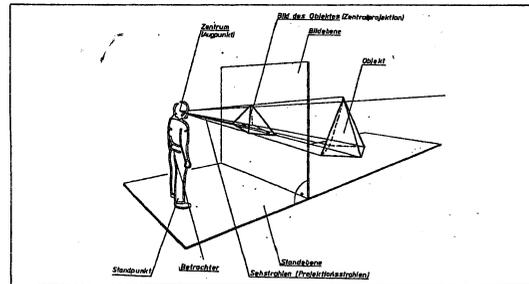


Bild 2.2/6: Verfahrbarer Hebewagen mit Göpel und Winde (Handschrift des Mariano, 1438)

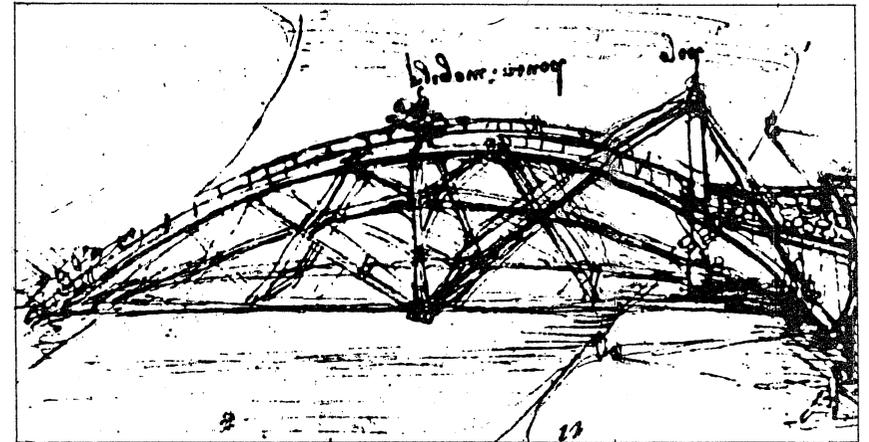
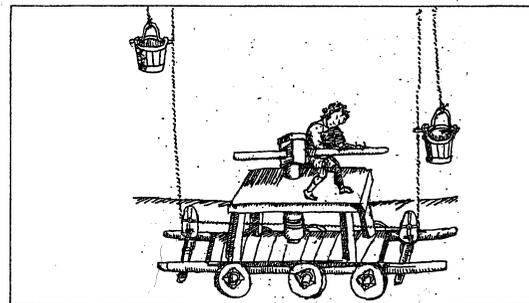
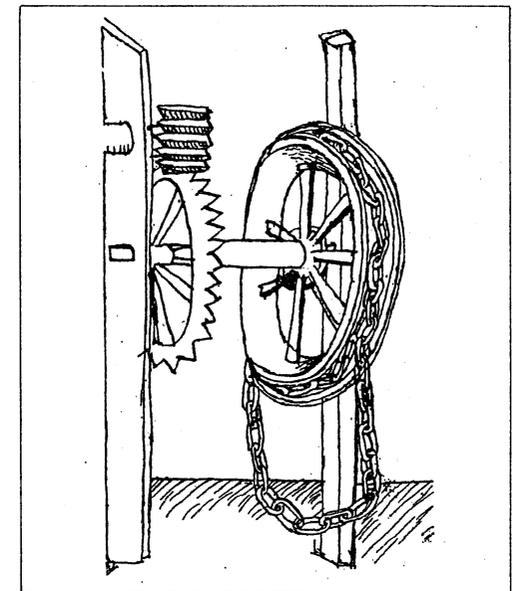


Bild 2.2/7: Ausschnitt aus der Prinzipskizze einer Brücke von Leonardo da Vinci (um 1490)

In der Zeichenkunst gab es bis zur Renaissance keinen größeren Unterschied bei der Darstellung von Objekten der Natur und denen der Technik. Bei technischen Darstellungen wurde zwar versucht, deren Funktion allgemein verständlich zu zeigen, aber die Gestaltungsmittel wurden sehr frei eingesetzt. Vieles war nicht eindeutig. Auch wenn der Künstler (Zeichner) die Funktionsweise verstanden hatte, waren die zeichnerischen Darstellungen der Objekte oft sehr unklar. Ihre Funktionen erscheinen widersprüchlich, die Proportionen sehr frei gewählt. Die Qualität der anschaulichen Darstellungen des Leonardo da Vinci waren die Ausnahme.

Bild 2.2/8: Technische Skizze eines Gerätes mit Antrieb durch eine „Zugkette“ (15. Jahrhundert)



Von herausragender Bedeutung für die Kunst des konstruktiven Zeichnens sind die Werke von Georg Agricola (1494 bis 1555). In seiner „De Re Metallica Libri XII“ stellt er das gesamte Wissen seiner Zeit in zwölf Büchern dar, vom Bergbau, über die mechanischen Künste bis zur Metallurgie. Bekannt aus diesem Werk sind die präzisen, anschaulich gearbeiteten Holzstiche. Einige Zeit später, um 1558, gab der Nürnberger Mechaniker und Kunstmeister Berthold Holzschuher ein großformatiges Werk über die unterschiedlichsten Mechanismen und Maschinen seiner Zeit heraus. Das Werk gilt als Meilenstein in der Darstellung der mechanischen Künste.



Bild 2.2/9:
Pochwerk mit Antrieb
durch ein Wasserrad
(Agricola: „De Re Metallica“, 1556)

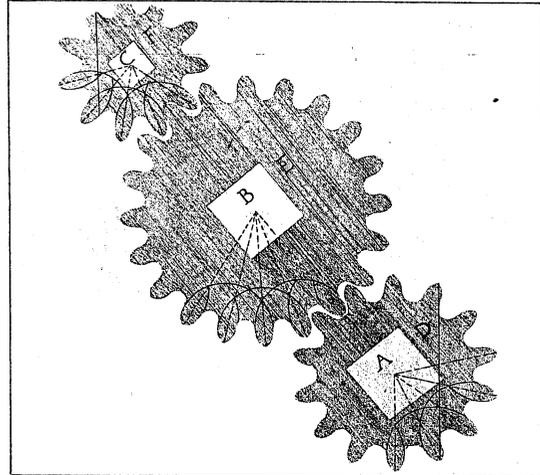


Bild 2.2/10:
Zahnradpaar
mit Konstruktion der Zähne
aus Kreissegmenten
(B. Holzschuher, um 1558)

Im 17. Jahrhundert machte sich eine grundlegende Veränderung auf dem Gebiet der Zeichenkunst bemerkbar. Dieser Veränderungsprozess dauerte über ein Jahrhundert. Die Zeichenkunst der Mechaniker, Kunstmeister und Baumeister trennte sich von der Zeichenkunst der „reinen Künstler“. Es gab eine Vielzahl von Einflüssen auf diese Entwicklung. In der traditionellen Zeichenkunst war eine Anpassung an die neue Zeit nur in geringem Umfang notwendig. Die darzustellenden Objekte waren im Prinzip unverändert. Die Nutzung neuer Hilfsmittel und Materialien führte u.U. zu einer veränderten Ausdrucksform,

einem anderen Stil, aber weniger zu einer neuen Kunst. Die Anforderungen an die Zeichenkunst der Mechaniker, Kunstmeister und Baumeister waren nicht mehr mit denen der Vorzeit zu vergleichen. Alles hatte sich geändert, die benutzten Verfahren, die Maschinenteknik, die verwendeten Materialien, die Möglichkeiten zur Berechnung u.s.w. Hinzu kam der Einsatz von Präzisionswerkzeugen beim Zeichnen selbst. Sie erleichterten die Zeichenarbeit wesentlich. Auf der einen Seite gab es die Zeichenkunst der Maler, Bildhauer, Kupferstecher u.a., auf der anderen der Mechaniker, Maschinenmeister und Architekten. Das Zeichnen mit mathematischen Instrumenten wurde als „Reißkunst“ bezeichnet, die Mittel als „Reißzeug“. Der Maschinenmeister G. A. Böckler veröffentlichte 1673 sein „Theatrum maschinarium novum“ mit einer Vielzahl technischer Abbildungen. Er zeichnete in Zentralprojektion in einer Mischform aus aufwendigen Kolorierungen und detailliert herausgearbeiteten Einzelheiten. Die Darstellungen waren eindeutig. Das Verstehen der Funktionen stand im Vordergrund.

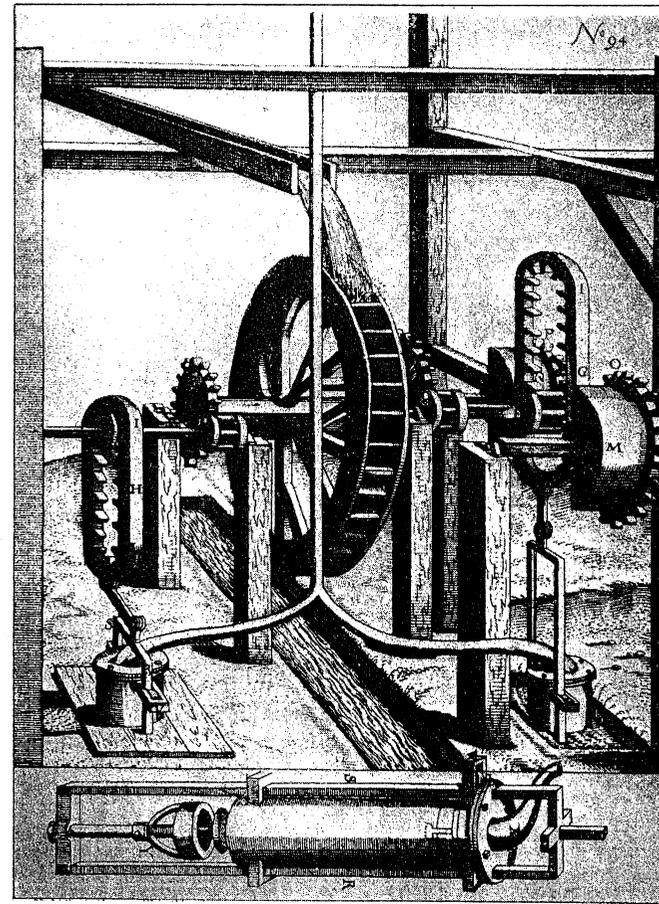


Bild 2.2/11: Pumpanlage mit Antrieb durch ein Wasserrad
(Böckler: „Theatrum maschinarium novum“, 1673)

Im 17. Jahrhundert wurden auch die in der Renaissance weiterentwickelten Darstellungsarten nochmal deutlich verfeinert. Hinzukam die breite Verwendung von Papieren für zeichnerische Darstellungen. Durch verbesserte Verfahren und den Einsatz der Wasserkraft war man in der Lage, größere Mengen in besserer Qualität und mit feinerer Oberfläche herzustellen. In der Reproduktion wurde der wenig differenzierende Holzschnitt durch den detailreicheren Kupferstich verdrängt (siehe Bild 2.2/12 und 13). In den mechanischen Künsten übernahmen die Instrumentenbauer, die „Mechanici“ und „Ingenieure“ die Vorreiterrolle. Sie waren nicht in den Restriktionen der traditionellen Zünfte gefangen und arbeiteten mit allen Verfahren und mit allen Materialien. Der Bedarf an feinmechanischen Instrumenten, an präzisen Gerätschaften und komplizierten Antrieben (beispielsweise für die Landvermessung, die Navigation, den Antrieb großer Turmuhren) war groß. Mit diesen Veränderungen ging eine Weiterentwicklung des konstruktiven Zeichnens einher. Der zunehmende Einsatz von Eisen in den Maschinen erlaubte völlig neue Konstruktionen mit grazilen Geometrien und feineren Bauteilen. Für die konstruktive Arbeit der Instrumentenbauer und Kunstmeister standen immer bessere und präzisere Instrumente zur Verfügung. Jacob Leupold veröffentlichte 1774 sein umfassendes Werk über die seinerzeit bekannte Technik mit dem Titel „Theatrum machinarum“. Leupold war ursprünglich Tischler, wandte sich dann aber der Theologie und der Mathematik zu. Er begann 1724 mit der Arbeit an seinem Werk. Herausgegeben wurde es 1774. Herausragend darin sind die sachlichen technischen Zeichnungen ohne Allegorien, Zierrat und Begleitfiguren. Die konstruktiven Zeichnungen von Leupold waren primär in schiefener Parallelprojektion angefertigt.

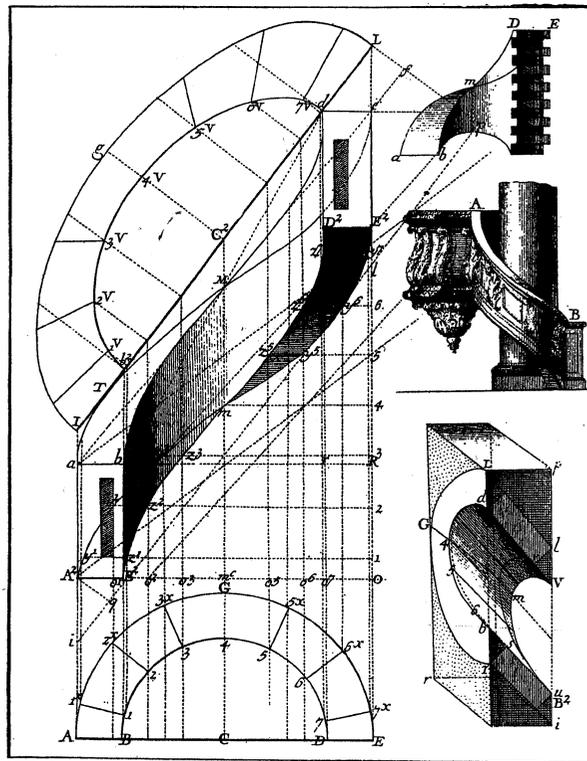


Bild 2.2/12:
Geometrische Konstruktion
eines Wendelkörpers in
Grund- und Aufriss
(Kupferstich von Fréziere,
Frankreich, um 1710)

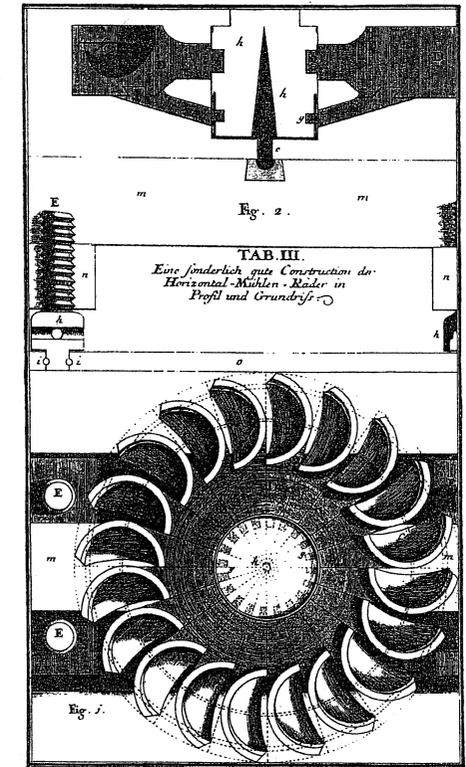


Bild 2.2/13:
Fein gearbeitete Darstellung
in Grundriss und Aufriss (Profil)
einer Wasserturbine
(Kupfertafel,
konstruiert von L.C. Sturm,
1718)

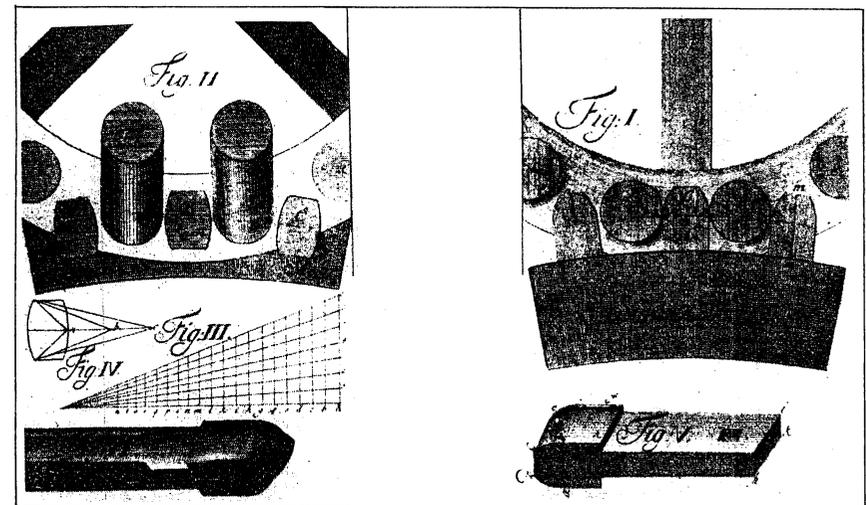


Bild 2.2/14: Stirnrad-Verzahnung mit großer Übersetzung (Triebstockverzahnung)
(J. Leupold, um 1774)

An Büchern des konstruktiven Zeichnens ragt ein Werk besonders hervor. Es ist die „Encyclopédie“ der französischen Autoren Diderot und d’Alembert. Auf über 3100 Kupfertafeln wurden in über 35000 einzelnen Zeichnungen versucht, das gesamte Wissen der Zeit von Handwerkern, Gewerbetreibenden und Ingenieuren darzustellen und allgemeinverständlich zu erläutern. Von 1762 bis 1782 wurde an den 35 Bänden des Monumentalwerks gearbeitet. Die konstruktiven Zeichnungen sind als Grund- und Aufrisse oder perspektivisch in klarer technischer Manier gezeichnet.

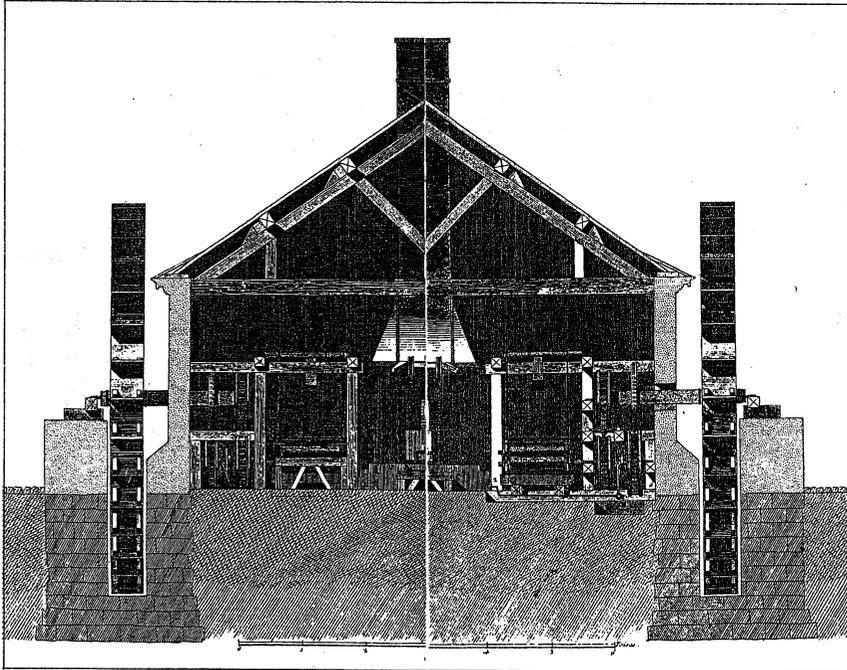


Bild 2.2/15: Walzwerk für Bleibleche mit Antrieb durch Wasserräder (Diderot und d’Alembert, um 1760)

Zum Ende des 18. Jahrhunderts nahm die Fülle an konstruktiven Zeichnungen stark zu. Mit dem Aufblühen der großen Manufakturen wurden deren Erzeugnisse ausgiebig zeichnerisch dokumentiert. Zum einen als Arbeitsgrundlage, aber auch als Information bei Angeboten. Weiterhin entstand ein großer Bedarf an mechanischen Hilfsmitteln, mechanischen Kleinmaschinen und speziellen Werkzeugen in den arbeitsteilig organisierten Werkstätten der Manufakturen. Sie mussten entworfen und gefertigt werden. In den großen textilen Betrieben der Zeit wurden auf quasi „industrielle“ Weise Garne und Tuche produziert. Die komplizierten Maschinen wurden vermehrt aus eisernen Teilen gebaut. Mit der Verfeinerung der Maschinenteknik wurde auch das konstruktive Zeichnen weiterentwickelt. Aus der „Zeichenkunst“ wurde durch Einführung bestimmter Darstellungsarten und erster Zeichenregeln mehr und mehr eine handwerkliche Tätigkeit. Die Entwicklung von technischen Hilfsmitteln für das Zeichnen beschleunigte diese Entwicklung noch. Mitte des 18. Jahrhunderts arbeitete man schon mit einer parallel geführten Zeichenschienen, meist auf horizontal liegenden Zeichenbrettern. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts kamen die

ersten Zeichenhilfen mit über der gesamten Zeichenfläche rechtwinklig geführten „Zeichenköpfen“ auf. M. T. Körner aus Piechen bei Dresden erhielt ein Patent auf diese Erfindung. Aus der konstruktiven Zeichenkunst mit einem hohen Anteil an kreativen Techniken, dem Einsatz von Farben und unterschiedlichen Ausdrucksformen wurde das „technische Zeichnen“. Komplizierte zeichnerische Arbeiten, wie die Anwendung der graphischen Verfahren der Statik und Kinematik, wurde Spezialisten übertragen. Am Anfang lagen die einzelnen Phasen der Zeichnungserstellung von der Prinzipskizze bis zur fertigen Zeichnung einzelner Teile noch in einer Hand. Anfang der 20. Jahrhunderts, mit zunehmendem Einfluss der Normung und der Vervielfältigungstechniken, kam es zu einer Aufteilung in das Entwerfen und Vorzeichnen mit anschließendem „Auszeichnen“ mit spezieller Technik und besonderen Hilfsmitteln.

Mit Bezug auf das Zeichnen muss noch nachgetragen werden, dass die im 17. Jahrhundert erkennbare Aufteilung der ausschließlich künstlerischen Seite der Zeichenkunst von der konstruktiven Zeichenkunst sich am Ende des 18. Jahrhunderts im öffentlichen Kulturbetrieb deutlich niederschlug. Interessanterweise gab es trotz dieser Differenzierung zwischen der Welt der Kunst und der des Handwerks und der Technik in öffentlichen Ausstellungen keine strikte Trennung. Die Objekte beider Disziplinen standen in vielen öffentlichen Präsentationen wie selbstverständlich gleichberechtigt nebeneinander. Auch deren Linearzeichnungen. Die heutige Differenzierung des „Kulturbetriebs“ in einen Sektor der „Hochkultur“ und einen für sonstiges, gab es nicht. Das ist einerseits verständlich, da sich diese Differenzierung erst mit fortschreitender Technisierung bilden konnte. Trotzdem ist das Fehlen von „Berührungspunkten“ zwischen Kunst, Handwerk und Technik überraschend. In Brandenburg gab es beispielsweise Ende des 18. Jahrhunderts die „Sozietät der Wissenschaften“, aus der später in Preußen die bekannte „Akademie zur Förderung und Präsentation der Künste“ hervorging. Der vollständige Name der Institution war, nach der Reform von Heinitz, „Akademie der Künste und der mechanischen Wissenschaften“. Eine bemerkenswert weite Fassung. In den regelmäßig stattfindenden Ausstellungen der Akademie und in ihren Veröffentlichungen (1788 erschien der erste Band der Monatsschriften der Akademie der Künste und mechanischen Wissenschaften) wurden neben den üblichen „Kunstwerken“ wie selbstverständlich auch Objekte des Handwerks und der „mechanischen Künste“, wie man damals zu technischen Objekten sagte, ausgestellt. Die Exponate der „mechanischen Künste“ waren natürlich ausgeführte Maschinen, zum Teil, wenn eine Realisierung für die Ausstellung zu aufwendig war, in Form verkleinerter Modelle oder auch technischer Skizzen und Zeichnungen. Mit zunehmender Zahl der Objekte und steigendem Interesse der Öffentlichkeit wurden diese Exponate später in einer gesonderten Abteilung „Fabrik- und Gewerarbeiten“ zusammengefasst.

Im heutigen Kulturbetrieb wären derartige Gemeinsamkeiten zwischen den „unnützen Künsten“ und den „nützlichen Künsten“ undenkbar.

Bemerkung:

Es ist heute kaum vorstellbar, dass die Wissenschaft der Geometrie im 18. und 19. Jahrhundert Grundlagenwissenschaft an allen Universitäten und ein Teil der Allgemeinbildung in den besseren Kreisen war. Sie wurde als Hauptteil der Mathematik gelehrt. Ihr Gebiet waren die Gesetze der Flächen- und Raumgrößen und deren Abbildung in zwei- bzw. dreidimensionalen Abbildungen. Das Wissenschaftsgebäude der Geometrie ist im Laufe von Jahrtausenden zu einem harmonischen, vollständigen, abgeschlossenen, widerspruchsfreiem „Universum“ gereift. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war die Geometrie als Wissenschaft in ihren grundlegenden Gesetzen „ausentwickelt“. Das ist bei einer aktuell genutzten Wissenschaft ein äußerst seltenes Phänomen. Die Geometrie hat alle harten Umbrüche der Zeit überdauert. Auch die der Digitalisierung und der bekannten „3D-Animationen“. Durch die immensen Rechnerleistungen sind heute Bildsequenzen in höchster perspektivischer Qualität möglich. Die grundlegenden Gesetze der Abbildungen sind historisch.

Bemerkung:

Zusätzlich zu den Einzeldarstellungen technischer Objekte des 15. bis 17. Jahrhunderts können als Quellen die Bücher über die Arbeiten der einzelnen Stände genutzt werden. Diese Publikationen gab es auch als Zusammenfassungen für die Berufsstände ganzer Regionen oder eines Landes. Sie wurden unter der Bezeichnung „Ständebücher“ verlegt und fanden, für damalige Verhältnisse, einen großen Abnehmerkreis. Ein Zweck dieser Bücher war eine Übersicht über die Vielzahl der Stände und ihrer Produkte zu zeigen. Ein anderer wurde auf die genaue Abgrenzung zu anderen Gewerken gelegt. Die Anfertigung der Ständebücher war oft mit großen Schwierigkeiten verbunden, da die Gewerke, insbesondere die in Zünften organisierten, eifersüchtig ihr „Zunftwissen“ hüteten. Der Schwerpunkt der Ständebücher lag auf der Beschreibung und Darstellung der handwerklichen Arbeiten eines Standes. Häufig geschah das in der Gesamtschau einer Werkstatt mit arbeitenden Handwerkern in typischen Arbeitssituationen. Auf die Wiedergabe technischer Details von den Objekten und Werkzeugen wurde meist verzichtet. Trotzdem sind einige Darstellungen für das Verständnis des „Standes der Technik“ und für die Entwicklung des konstruktiven Zeichnens von Bedeutung.

Die hergestellten Objekte sowie der verwendeten Werkzeugen und Hilfsmitteln wurden anschaulich, zumeist in guter Perspektive, gezeichnet. Der Detaillierungsgrad ist so, dass der Betrachter einen Einblick von der Funktion und Herstellung der Objekte bekommt.

Erste Vorläufer der Ständebücher gab es im 15. Jahrhundert. Ihr Umfang war zumeist beschränkt auf eine Stadt oder eine Gruppe von Gewerken. Im 16. Jahrhundert wurden die Publikationen umfangreicher. 1568 erschien in Frankfurt das umfangreiche Ständebuch „Eygentliche Beschreibung Aller Stände auff Erden“. Die Darstellungen waren, wie damals üblich, in Holz geschnitten. Eines der bekanntesten Ständebücher ist das des Kunsthändlers und Kupferstechers Christoph Weigel (1654 – 1725). Es wurde 1698 in Regensburg herausgegeben. Die Illustrationen des monumentalen Werks umfassen 212 Kupfertafeln. Die folgenden Beispiele wurden diesem Werk entnommen.

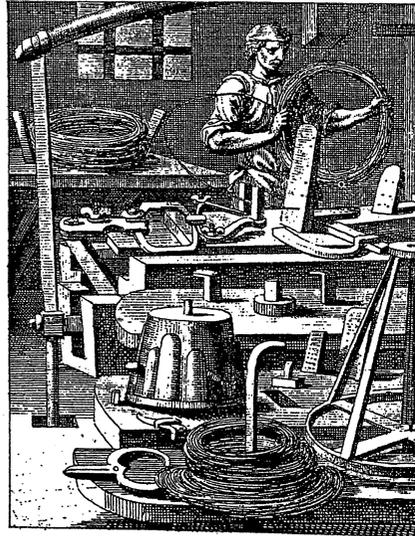


Bild 2.2/15a: Draht-Zieher (Draht-Müller)



Bild 2.2/15b: Zirkelschmied



Bild 2.2/15c: Schlosser



Bild 2.2/15d: Bogenmacher



Bild 2.2/15e: Wagner

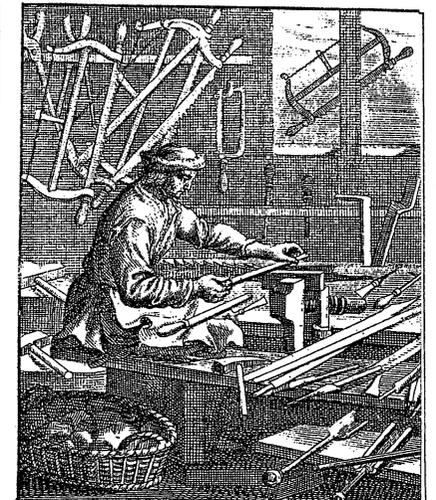


Bild 2.2/15f: Sägenmacher

MONATS - SCHRIFT

DER
AKADEMIE DER KÜNSTE
UND
MECHANISCHEN WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN.



Erfter Band. 1788.

BERLIN

im Verlag der Königl. Preufs. Akademischen Kunst- und Buchhandlung

Bild 2.2/16: Monats-Schrift der Akademie der Künste und mechanischen Wissenschaften (1788)

Bemerkung:

Es war lange Zeit nicht bekannt, wie im klassischen Altertum komplizierte Formen von Mechanismen und bei Bauwerken in zig Wiederholungen hergestellt werden konnten, ohne erkennbare Pläne, Berechnungen etc. Diese Elemente wurden in einer Präzision geschaffen, die selbst beim Einsatz modernster Verfahren heute schwer zu erreichen wären. Eines dieser Rätsel ist die Ausführung von monumental Säulen bei griechischen Tempeln. Deren Säulen sind nicht einfach linear nach oben verjüngt ausgeführt, sondern sie weisen über die gesamte Höhe eine bogenförmige Verjüngung mit leichter Zunahme in der Mitte auf. Man bezeichnet diese Form als „Entasis“. Die bogenförmige Verjüngung ist so schwach, dass man sie, mit bloßem Auge betrachtet, nicht wahrnimmt. Diese Form wurde gewählt, um den Säulen eine harmonische Gestalt zu geben, sie wirken dynamischer, die Entasis unterstützt den perspektivischen Eindruck und wirkt insbesondere bei Säulenreihen natürlicher. Unklar war, wie diese Form in höchster Qualität und Wiederholgenauigkeit hergestellt werden konnte. Der dazugehörige Radius maß einige Kilometer und war mit den Mitteln der Zeit nicht zu messen. Man fand die Lösung durch Zufall in einer großformatigen Steinzeichnung. Die Säule wurde stark verkürzt in Stein geritzt und die verkürzte Höhe in mehrere gleiche Abschnitte geteilt. Die Entasis konnte dann mit Hilfe eines Fadenzirkels und Kreide gezeichnet und eingeritzt werden. Die Skizze zeigt das Verfahren, dargestellt ist nur die halbe Säule. Die Durchmesser wurden mit einer Art Zirkel (verbleichbar mit heutigen Tastzirkeln) in der entsprechenden Höhe der realen Säule übertragen.

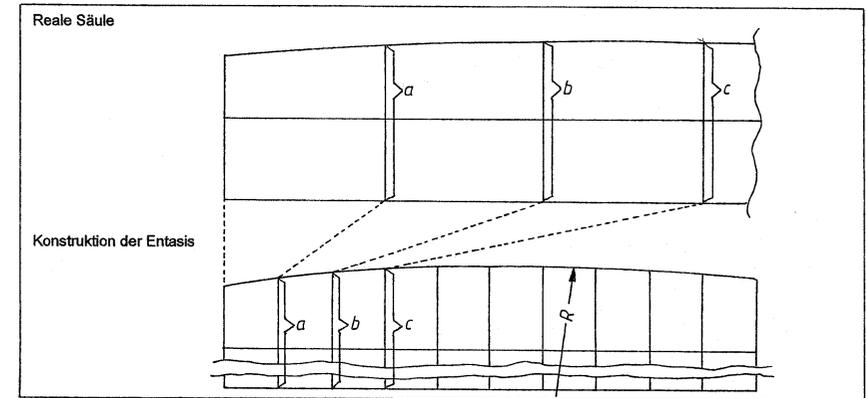


Bild 2.2/17: Skizze der Konstruktion der Entasis an der verkürzten Säule

Bemerkung:

Auf die Schwierigkeiten bei der Verwendung des Begriffes „Kunst“ im Zusammenhang mit konstruktiven, erfinderischen und technischen Tätigkeiten ist schon am Anfang des Abschnitts eingegangen worden. Die etymologische Interpretation des Wortes „Kunst“ weist auf eine Verbalabstarktion zu dem Wort „können“, vergleichbar mit dem Begriffspaar „Günst“ – „gönnen“ oder „Brunst“ – „brennen“ hin. Der Begriff „Kunst“ beinhaltet danach das Wissen um das „Können“ und das „Tun“ („Schaffen“), und zwar im kreativen Sinne. In dem hier behandelten Bereich hat der Begriff „Kunst“ eine erweiterte Bedeutung. Zum einen den üblichen Aspekt des „Könnens“ im Entwerfen und Zeichnen bestimmter Objekte und im anderen die „Kunst“ des Ausführens im Sinne der Schaffung eines real existierenden Objekts, welches mehr erfüllt als eine ästhetische Funktion (z.B. die mechanischen „Künste“). Zu dem „Ausführen“ gehörte oft auch das Schaffen der notwendigen Mittel (Werkzeuge, Mechanismen, Maschinen etc.), um das Objekt ausführen zu können.

Bemerkung:

Der Übergang von der Zeichenkunst zur Malerei ist fließend. In der Malerei ist der handgezeichnete Linearumriss des Themas im Allgemeinen Ausgangspunkt des Bildes. In den Handzeichnungen großer Meister spiegelt sich die Ausgangsidee häufig prägnanter wieder als in dem ausgeführten Gemälde. Sehr vereinfacht und kurz formuliert besteht der wesentliche Unterschied zwischen einer Zeichnung und einem Gemälde in der vollständigen Bedeckung der durch den Linienumriss festgelegten Flächen und des Hintergrunds mit Farben und der farblichen Herausarbeitung der Charakteristika des Objekts in den Flächen.

Bemerkung:

In der Zeichenkunst werden üblicherweise zwei Arten unterschieden: das freie Zeichnen und das gebundene. Der überwiegende Teil der Zeichnungen wurden in freier Manier angefertigt, insbesondere alle Arten von Skizzen. Beim freien Zeichnen werden, außer dem Zeichenstift, kaum weiteren Hilfsmittel verwendet. Der Übergang vom freien zum gebundenen Zeichnen war fließend und durch den zunehmenden Einsatz unterschiedlichster Zeichenutensilien und Hilfsmittel gekennzeichnet, vom einfachen Lineal zum Zeichnen gerader Linien bis zu komplizierten Instrumenten zum Zeichnen spezieller Geometrien. Gebundenes Zeichnen ist häufig an die Beachtung bestimmter Zeichenregeln gekoppelt. Technische Darstellungen waren in der Vergangenheit nur zu einem geringen Teil gebundene Zeichnungen. Ein großer Teil wurde in freier Manier als technische Skizzen von Hand angefertigt. Später wurden freie Skizzen nur noch zur Anfertigung erster Entwürfe eingesetzt. Im Verlauf weiterer Konkretisierungsschritte, beispielsweise bei der Entwicklung von Maschinen, wurden daraus zunehmend gebundene Zeichnungen.

Bemerkung:

Zeichnerische Darstellungen und Gemälde hatten in den vergangenen Jahrhunderten einen völlig anderen Stellenwert als heute. Vor dem Aufkommen von Vervielfältigungsverfahren waren für breite Kreise der Bevölkerung Zeichnungen unerschwinglich. Sie wurden von Hand kopiert und entsprechend wertvoll. Die private Welt war fast gänzlich frei von Abbildungen. Bilder waren nur an bestimmten Orten zu sehen, in Kirchen, Schlössern, zentralen öffentlichen Gebäuden u.a.m. Die Menschen gingen zu den Bildern. Für die Menschen waren Darstellungen ungewohnt. Die Wirkung eines perspektivisch exakt gezeichneten Bildes der Renaissance auf das breite Publikum ist heute kaum vorstellbar, sie muss überwältigend gewesen sein.

Bemerkung:

Das konstruktive Zeichnen war noch in einem Wissenschaftsgebiet von Bedeutung, das im Allgemeinen nicht mit „Technik“ in Verbindung gebracht wird. Es ist das Gebiet der Astronomie. Zwei Bereiche in der Astronomie haben einen direkten Bezug zum konstruktiven Zeichnen: das Zeichnen der Sternkarten und die Anfertigung astronomischer Geräte. Bei den Karten mit den Positionen der Himmelskörper, deren Zuordnungen und Bewegungen liegt der Bezug auf der Hand. Für die Herstellung der astronomischen Instrumente war ein Spezialwissen notwendig, das in den zunforientierten Gewerken des Mittelalters und auch noch bis ins 18. Jahrhundert nicht vorhanden sein konnte.

Es etablierte sich eine besondere Berufsgruppe mit umfassenden Kenntnissen und Erfahrungen in der Bearbeitung unterschiedlichster Materialien mit den verschiedensten Fertigungsverfahren. Man nannte sie „Instrumentenbauer“. Es waren die ersten Ingenieure ihrer Zeit. Sie erstellten die notwendigen Berechnungen, machten die entsprechenden „Konstruktionspläne“ und stellten die hochgenauen Geräte her. Für den Bau von Geräten zur Himmelsbeobachtung war natürlich ein entsprechendes Spezialwissen der Astronomie erforderlich.

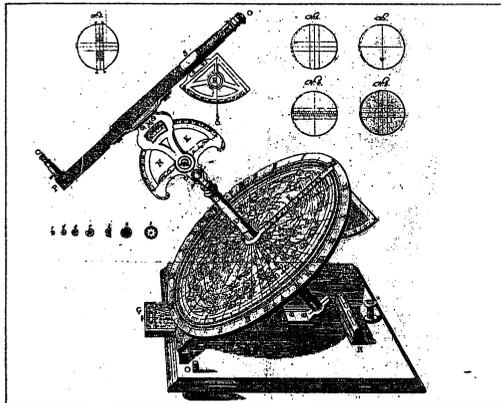


Bild 2.2/17a: Astronomisches Instrument (Sternenfinder von G. F. Brandner, München, um 1775)

Die Instrumente wurden von vermögenden Astronomen oder, noch häufiger, von sternkundigen Adligen in Auftrag gegeben und verwendet. Bekannte Namen sind beispielsweise Kopernikus, Tycho Brahe oder Kepler. Leider ist in Vergessenheit geraten, dass schon im 16. Jahrhundert der hessische Landgraf Wilhelm IV die Himmelsbeobachtung revolutionierte. Er hatte es sich zur Aufgabe gemacht, den ersten aktuellen Sternenkatalog sein Ptolemäus zu erstellen. Er verwendete in einem eigenen Observatorium im Kasseler Schloss eine Reihe neuartiger Instrumente, die in einer damals als unübertrefflich geltenden Präzision gefertigt waren. Die für die hochpräzisen Zeitmessungen benötigten Zeitmesser stellte der geniale Schweizer Uhrmacher J. Bürgi her. Wilhelm IV erstellte im Laufe der Jahre mehrere Sternenkataloge. Der wichtigste umfasste 71 Seiten und bestimmte die Position von über 1000 Sternen. Als Wilhelm IV 1592 starb, war noch keine seiner Arbeiten veröffentlicht worden. Vermutlich hatte in der Zeit niemand die Bedeutung der Arbeiten erkannt. Erste 1666 wurde der erste Sternenkatalog veröffentlicht. Es stellte sich heraus, dass er doppelt so genau war als der anderer Astronomen.

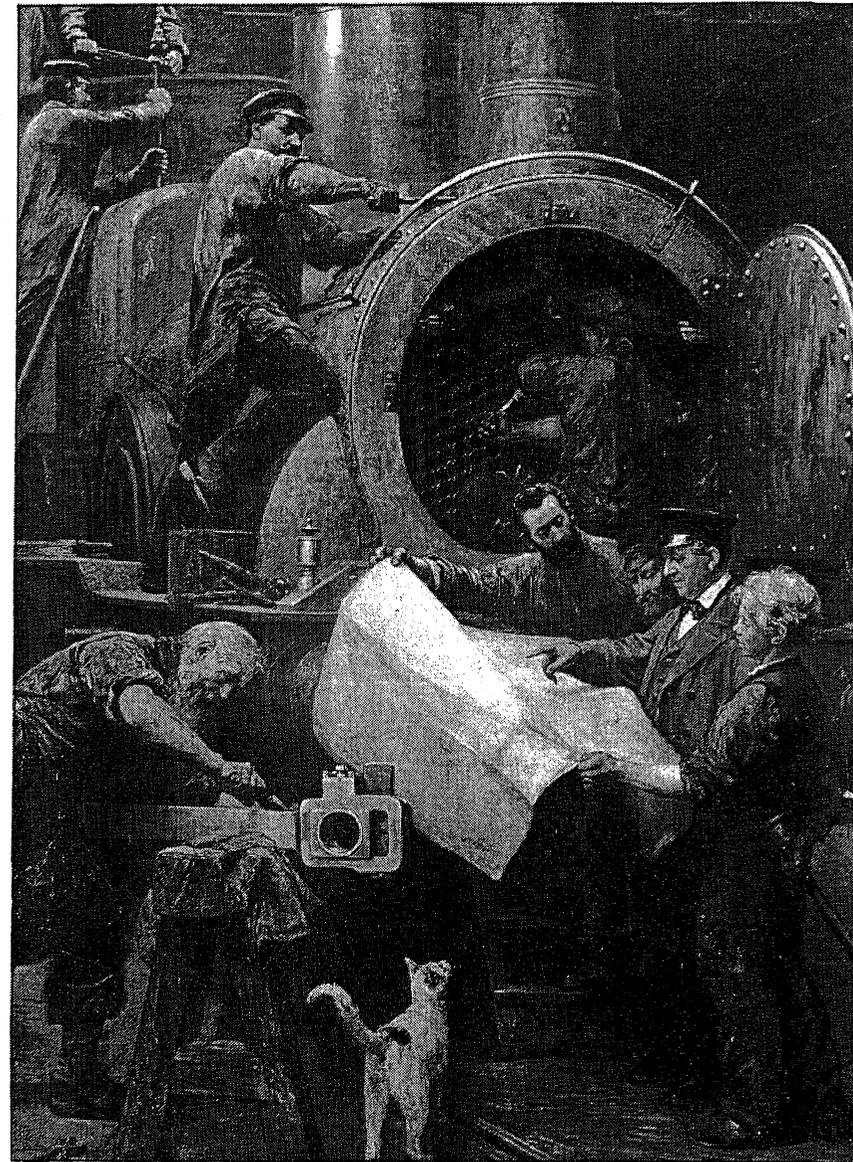


Bild 2.2/18: Technische Zeichnung in der Werkstatt (um 1880)
(Detail aus einem Ölgemälde von P. Meyerheim.
Lokomotiv-Montagehalle der Firma A. Borsig, Berlin.
Original im Deutschen Technikmuseum, Berlin)

Bemerkung:

In den folgenden Abschnitten 3.2 bis 3.32 werden Beispiele technischer Skizzen und Zeichnungen aufgeführt, die einen Zeitraum von fast 600 Jahren, von 1300 bis 1900, umfassen. Die Entwicklung des Zeichnens kann anhand der Beispiele unmittelbar nachvollzogen werden. Von den anfangs anschaulichen Darstellungen technischer Objekte, die mit hohem künstlerischem Aufwand abgebildet worden sind, zu den standardisierten Darstellungen technischer Zeichnungen des 20. Jahrhunderts reicht das Spektrum. Zu Beginn des Betrachtungszeitraums zeichnete jeder nach eigener Manier, individuell unterschiedlich und mit dem allgemein vorhandenen technischem „Vorwissen“ seiner Zeit. Parallel zu dieser Entwicklung wurden nach einigen Jahrhunderten versucht, Regeln für eine „allgemein verständliche“ Darstellung aufzustellen. In den anschaulichen Darstellungen fand die Zentralprojektion Eingang. In mehreren Schritten ging die Entwicklung über abstrakte Parallelprojektionen zur heute bekannten, genormten orthogonalen Mehrtafelprojektion. Die Anschaulichkeit war nicht mehr zentrales Anliegen. Die maßgerechte Darstellung veränderte das „Lesen und Verstehen“ der Zeichnungen grundlegend.

Mit Beginn der Industrialisierung trat die Notwendigkeit eines übergreifenden Verständnisses bei technischen Zeichnungen in den Vordergrund. Übergreifend bedeutete: über den Rahmen eines Unternehmens hinausgehend, über einzelne Branchen, über Landesgrenzen hinaus. Als erstes entwickelte man einfache Zeichenregeln zur Ausführung der Zeichnungen, später dann genaue Vorgaben von den Linienarten bis zur Beschriftung. Ein Beispiel für einfache Zeichenregeln aus den 1880er Jahren ist als authentisches Zeitdokument im Folgenden wiedergegeben (Rebber, W.: Allgemeine Gesichtspunkte für das Entwerfen von Maschinen und Maschinenelementen. Ludwigslust 1886).

Das Maschinen-Zeichnen.

Wenngleich bei Allem was „Zeichnen“ heisst die Phantasie und Geschicklichkeit des Zeichnenden in mancher Hinsicht leitend sind, so lassen sich doch über die Behandlung und Durchführung der Zeichnungen für spezielle Fälle mehr oder weniger allgemein gültige Gesichtspunkte anstellen — dies gilt im Besondern von den „technischen Zeichnungen“.

Wenngleich die im Folgenden angeführten Gesichtspunkte ganz allgemein für das technische Zeichnen Gültigkeit haben könnten, so sind sie hier, dem Zweck der vorliegenden Schrift entsprechend, doch speciell für das „Maschinen-Zeichnen“ zugeschnitten.

Die Zeichnungen, auf deren mehr oder weniger schematische Durchführung es hier hauptsächlich ankommt, sind die „Werkstattzeichnungen“ d. s. die Zeichnungen, nach denen der Arbeiter das dargestellte Stück in der Werkstatt anfertigen soll.

Die Werkstattzeichnungen seien, den Verhältnissen entsprechend, einfach, klar, übersichtlich und absolut frei von allen Künsteleien.

Man hat zu berücksichtigen, dass die Zeichnungen in der Werkstatt und auf dem Werkplatz benutzt werden sollen, also an Orten, wo eine Propperität und Reinlichkeit nicht erreicht werden kann, wie sie zur Conservirung von penibel ausgeführten Zeichnungen erforderlich. Ferner gehen die Zeichnungen durch die Hände von Arbeitern, die, entsprechend den verarbeiteten Materialien und den dazu verwendeten Mitteln, von Fett und Schmutz nicht frei gehalten werden können.

In Folge dessen ist es der Natur der Sache entsprechend, wenn sauber in die Fabrik gegebene Zeichnungen nach Verlauf von einigen Tagen, auch bei der grösst möglichen Vorsicht von Seiten der Arbeiter bei Benutzung der Zeichnungen, den Ton des Papiers nicht mehr erkennen lassen und auch von dem Lebensbedürfniss der Maschinen, Fett und Oel, mitunter ihren Theil wegbekommen haben.

Trotz alledem soll die Zeichnung aber an ihrer Deutlichkeit nicht um so viel verlieren, dass sie nicht eine jahrelange Benutzung und die Anfertigung einer ganzen Reihe des betreffenden dargestellten Stückes nach derselben gestatte.

Hierdurch ist die Art und Weise der Ausführung von Werkstattzeichnungen bestimmt welche sich allgemein kurz wie folgt zusammenfassen lässt:

Der Strich der Zeichnungen sei ein kräftiger und dem Massstab, in dem die Zeichnungen durchgeführt, entsprechend; die Farben sind nicht zu schwach aufzutragen und die Masse mit deutlichen, grossen Zahlen einzutragen.

Zeichnungen, nur in Blei ausgeführt, sind für die Werkstatt absolut verwerflich und ihre Verwendung lässt sich nur dann in etwa entschuldigen, wenn das dargestellte Stück nur einfach, von weniger Wichtigkeit, voraussichtlich nur dies eine mal fabrizirt wird und die zur Herstellung des Stückes erforderliche Arbeitszeit nur eine ganz geringe ist, wie dies etwa bei Reparaturen vorkommen kann.

Zeichnungen von Maschinenteilen, welche unverändert in grosser Anzahl fabrizirt werden, überzieht man zum Schutz gut mit einem hellen Firniss. Anderenfalls hat ein solcher Ueberzug den Nachtheil, dass vorkommende Aenderungen nicht oder doch nur ungenügend in die Zeichnung eingetragen werden können. Solche Aenderungen sind aber mitunter nicht selten.

Speciell lässt sich über die Ausführung von Werkstattzeichnungen noch Folgendes sagen:

Die Farben verwende man möglichst ungemischt oder doch nur in einfachen Mischungen und zwar sind gebräuchlich:

Für Gusseisen — Neutraltinte,

Schmiedeeisen — Preussisch Blau,

Stahl — Preussisch Blau mit Carmin;

Rothguss — Indisch Gelb oder Gummigutt mit Carmin (im Schnitt etwas mehr Carmin), Holz, in Ansicht — ungebrannte Terre de Sienne mit etwas gebrannter abgetönt; im

Schnitt die gebrannte Terre de Sienne wesentlich vorherrschend,

Ziegelsteinmauerwerk — Carmin mit etwas ungebrannter Terre de Sienne abgetönt,

Bruchsteinmauerwerk, Gummi, Blei etc. — ein ganz leichter Ton aus Neutraltinte und ungebrannter Terre de Sienne.

Die Schnittflächen sind ziemlich kräftig anzulegen, doch auch wieder nicht zu kräftig, da sie sonst das deutliche Einschreiben von Massen nicht gestatten. Lichtränder an den Schnittflächen tragen sehr zur Deutlichkeit der Zeichnung bei und sollen eigentlich nie vernachlässigt werden.

Die Schnittflächen mit Materialfarben zu scharfren ist nicht rathsam, da dies die Zeichnung unruhig und dadurch undeutlicher macht.

Die Ansichten rändere man mit einem leichteren Ton der Materialfarbe; auch erhöht es die Deutlichkeit der Zeichnung, runde Flächen mit der Materialfarbe in einfachen Strichen abzuschattiren.

Jedoch verfähre man hierbei vorsichtig und schattire nur mit einigen wenigen, kräftigen Strichen, da sonst der beabsichtigte Zweck nicht nur nicht, sondern gerade das Gegentheil erreicht werden kann. — Wer somit keine Uebung in dieser Methode besitzt, unterlasse das Schattiren lieber.

Weiter beachte man, dass der Arbeiter auf der Zeichnung nicht messen soll, da hierdurch Ungenauigkeiten entstehen können, einmal durch ungenaues Abmessen, dann auch durch Ungenauigkeiten in der Zeichnung selbst, die ja auch nicht ausgeschlossen sind. Sind die Zeichnungen in kleinerem Massstabe ausgeführt, so mehren sich die durch Abgreifen entstehenden Fehler.

Hierdurch wird bedingt, dass alle Masse, welche der Arbeiter nöthig hat, in der Zeichnung enthalten sind, dass also der Constructeur sich nicht nur beim Entwerfen der Construction, sondern ebenso beim Einschreiben der Masse in die Zeichnung über die Bearbeitung des Stückes vollkommen im Klaren sein muss.

Ebenso wie kein nöthiges Mass in der Zeichnung fehlen darf, sind unnöthige Masse streng zu vermeiden, da sie den Arbeiter nur verwirren und die Zeichnung undeutlich machen. So sind z. B. in einer Befestigungsschraube unter normalen Verhältnissen nur die Schraubenstärke (jetzt noch fast allgemein in englischen Zollen — System Whitworth), die Länge der Schraube bis zum Kopf und die Länge des Gewindes anzugeben. Auch mit Wiederholungen erforderlicher Masse in den verschiedenen Ansichten und Schnitten sei man vorsichtig und trage sie hauptsächlich in der Ansicht, resp. in dem Schnitt ein, wo der Arbeiter dasselbe am naturgemässen zuerst sucht, z. B. die Bohrung einer Lagerschale in der Ansicht etc. Besonders vorsichtig hat man zu sein, wenn bei längeren Stücken ausser den einzelnen Detailmassen auch noch die Gesamtlänge eingetragen werden muss, damit zwischen diesen Massen keine Differenzen entstehen.

Ausser den Massen, die zur Herstellung des Stückes nöthig, sind auch die zur Montage erforderlichen einzutragen, also besonders diejenigen, durch welche die Mittellinien fest gelegt werden.

Ferner ist beim Masseinschreiben darauf zu achten, dass die nöthigen Masse, so wie der Arbeiter sie braucht, direct in der Zeichnung enthalten sind und man dem Arbeiter nicht zumuthet, aus anderen eingeschriebenen Massen ein erforderliches auszurechnen. So ist z. B. bei einer abzudrehenden und auszubohrenden Nuss der innere und äussere Durchmesser einzuschreiben, nicht aber nur einen derselben und die Wandstärke, wohingegen in Räder für gewöhnlich mehr die Radien als die Durchmesser eingetragen werden.

Dann sei noch bemerkt, dass die Masse alle in derselben Einheit eingeschrieben werden sollen, wozu hier allgemein Millimeter beliebt sind. Schreibt man bei grossen Dimensionen die Masse in Meter ein, so vergesse man nie dies speciell zu bemerken.

Den Massstab der Zeichnungen anlangend, so sollen die Detailzeichnungen, wenn die Grösse derselben die Uebersicht nicht stört, im Massstab 1 : 1 ausgeführt werden, da nur dieser die Formen so wiedergibt, wie sie in Wirklichkeit sein sollen; jeder andere, kleinere Massstab verzerrt die Formen stets mehr oder weniger und zwar ist dies am meisten der Fall beim Massstab 1 : 2, weniger bei grösserer Verkleinerung und am wenigsten bei den Massstäben 1 : 5 und 1 : 10, welche die Formen ziemlich in den wirklichen Verhältnissen wiedergeben. Der Massstab 1 : 2 leistet jedoch manchmal sehr gute Dienste und ist es daher Jedem anzurathen, sich auch in der Herstellung von Zeichnungen nach diesem Massstab Übung zu verschaffen, wobei auf die Eigenthümlichkeit hauptsächlich zu achten, dass der Massstab 1 : 2 die Verhältnisse wesentlich verkleinert, so dass man im Allgemeinen richtig verfährt, wenn man so construirt, dass in diesem Massstab dem Auge die Verhältnisse etwas zu schwach erscheinen. Ohne Noth benutze man jedoch diesen Massstab nicht.

Die Mittel- und Masslinien werden der Deutlichkeit wegen am besten in verschiedener Farbe ausgezogen und ist es vielfach gebräuchlich, die Mittellinien blau, die Masslinien roth zu machen.

Die Masslinien unterbricht man an der Stelle, wo die Masse eingeschrieben werden, am besten nicht, da die Zeichnung dadurch, besonders wenn es etwas eilig und in Folge dessen etwas nachlässiger hergeht, zerrissen aussieht und ausserdem das Unterbrechen unnötig Zeit beansprucht.

Da, streng genommen, nach der Zeichnung das dargestellte Stück soll angefertigt werden können, ohne dass der Arbeiter nöthig habe viel zu fragen, so ist es, da manches Stück nicht voll und ganz bearbeitet wird, erforderlich, die zu bearbeitenden Stellen des Maschinentheiles auf der Zeichnung in irgend einer Art zu markiren und kann man dies einfach dadurch thun, dass man die Zeichnung an den betreffenden Stellen nicht zu schwach, aber auch wieder nicht übermässig mit einer Farbe, welche nicht direct Materialfarbe ist, rändert, wozu sich Carmin recht gut eignet, und zwar besorgt man dieses Rändern weniger gut mit dem Pinsel als mit der Reissfeder, da letzteres einmal weniger Zeit beansprucht und dann auch den Gesamteindruck der Zeichnung weniger stört. Bei den Schmiedestücken, also speciell auf den Schmiedzeichnungen, bedient man sich für gewöhnlich dieses Mittels nicht, sondern schreibt die die Bearbeitung betreffende Bemerkung, als „bleibt roh“ — „wird bearbeitet“ — „die eingeschriebenen Masse gelten für das fertige Stück“ etc. auf die Zeichnung.

Weiter verdient hier noch bemerkt zu werden, dass es nicht rathsam, die verschiedenen Zeichnungen einer zusammenhängenden, in sich als solche abgeschlossenen Maschinenanlage, einer Dampfmaschine, einer Pumpen-Anlage etc., einzeln hinter einander fix und fertig zu machen, und es absolut verwerflich ist, eine solche Zeichnung in die Fabrik zu geben, ehe die übrigen zugehörigen Zeichnungen fertig sind — denn es ist eben bei einer solchen Anlage nicht möglich, die Verhältnisse der ganzen Anlage, sowie der einzelnen Theile mit einem Schlage zu überblicken und selbige von vorne herein unveränderlich festzustellen. Im Gegentheil giebt es bei einer solchen Anlage der Abhängigkeiten so viele, dass man fast kaum irgend ein Element fertig stellen kann, ohne nicht auf eine mehr oder weniger grosse Anzahl anderer Elemente Rücksicht nehmen zu müssen, welche dann ebenfalls ihrerseits wieder mit Rücksicht auf ersteres Element in ihren vielleicht schon bestimmten Verhältnissen verändert werden müssen.

Es ist daher nicht nur rathsam, sondern, um Unannehmlichkeiten, Zeitverluste und unnötige Geldausgaben zu umgehen, sogar erforderlich, beim Entwerfen einer solchen Anlage sämtliche Zeichnungen, Zusammenstellungen sowie Details gleichzeitig zu bearbeiten und mit der Fertigstellung, dem Ausziehen, Anlegen etc. erst zu beginnen, wenn alle Zeichnungen in Blei unabänderlich feststehen und fertig sind.

Die bei Befolgung dieser Methode, von der Ausnahmen natürlich nicht ausgeschlossen sind, etwa für den Beginn der Arbeit in der Fabrik etwas hinausgeschobene Zeit wird meist mehrfach eingeholt durch die Zeit, welche im anderen Falle durch Umänderung schon in Arbeit begriffener Stücke vergeudet wird.

Aus denselben und ähnlichen Gründen sollen die Berechnungen einer Maschine stets Hand in Hand mit dem Entwurf gleichen Schrittes voranschreiten, denn es sind nur wenige Dimensionen, die sich durch fest gegebene Verhältnisse von vorne herein unabänderlich bestimmen lassen, wie z. B. bei einer Dampfmaschine der Cylinderdurchmesser und Kolbenhub etc. — die übrigen Dimensionen können erst genau festgestellt werden während des Construiren.

Als zum mindesten rathsam dürfte noch empfohlen werden, auf sämtlichen Zeichnungen die Gewichte der einzelnen Stücke zu bemerken, sowie die Anzahl der einzelnen Theile, die zur einmaligen Anfertigung der betreffenden Maschine erforderlich — dann auch die Commissionsnummer, für welche jene Maschine, jenes Maschinenelement geliefert wird.

Die auf einer Zeichnung benutzte Schrift besitzt die Eigenthümlichkeit, den Gesamteindruck einer Zeichnung ebenso zu ihrem Vor- als zu ihrem Nachtheile verändern zu können. Eine gute Schrift kann eine minder gut ausgeführte Zeichnung wesentlich heben und wird umgekehrt eine sonst gut ausgeführte Zeichnung durch schlechte Schrift sehr herabgemindert.

Da nun aber die Schrift auf einer Zeichnung weniger Hauptsache als die Zeichnung selbst ist, so darf man auch, um eine Zeichnung hübsch zu beschreiben, keine unnötig lange Zeit vergeuden. Es empfiehlt sich daher eine Schrift, welche nicht nur deutlich und gefällig für das Auge, sondern auch leicht und rasch zu schreiben ist, und dürfte in dieser Hinsicht die auch in neuerer Zeit zu diesem Zweck fast allgemein beliebte Rundschrift empfehlenswerth sein.

Bei der Durchführung von Zusammenstellungen von Maschinen und Maschinenanlagen, welche bloss für das Bureau, resp. zum Vorlegen bei Anfragen (in Copie oder Original) abgegeben oder gezeigt werden, ist natürlich dem Zeichnenden mehr Freiheit gestattet, als dies bei den Werkstattzeichnungen der Fall sein kann und darf.

Ueber die Durchführung solcher Zeichnungen lässt sich natürlich nichts allgemein Gütiges sagen und kann dies unbeschadet dem Geschmack und der Fertigkeit des Zeichnenden anheimgestellt werden, der sich natürlich nach der ihm zu Gebote stehenden Zeit zu richten hat und in gewissem Sinne auch nach dem Verständniss desjenigen, für den, zwecks Erlangung einer Bestellung, die Zeichnung ausgeführt wird, da, besonders wenn man mit kleineren Kunden zu arbeiten, solche mitunter mehr auf eine bunt ausgeführte, als eine rein technische Zeichnung Werth legen.

2.3 Exkurs: Zur Geschichte anschaulicher Darstellungen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden schon einige Aspekte zur Entwicklung anschaulicher Darstellungen behandelt. Im Kapitel 5 werden im Detail deren geometrische Grundlagen dargestellt. Die spezielle Entwicklung anschaulicher Bilder hatte für die technischen Darstellungen eine so überragende Bedeutung, dass sich eine separate Behandlung ihrer Geschichte anbietet. Das gilt insbesondere für die Anfangsphase der Entwicklung. Bei der Beurteilung der Anschaulichkeit sind folgende Darstellungsmerkmale wesentlich:

- Übereinstimmung.
Sie beinhaltet den Grad der Ähnlichkeit des Gezeichneten mit dem Scheindruck des menschlichen Auges.
- Wiedererkennbarkeit.
Steht für die Identifizierbarkeit des Gezeichneten durch den Betrachter als Bild eines bestimmten Objekts.
- Maßgerechtheit.
Sie beschreibt die Güte der Wiedergabe der Proportionen und Maße.
- Haltbarkeit.
Meint die Wiedererkennbarkeit über längere Zeiträume.
- Zweck.
Er steht für das „Warum“ der Darstellung. Das Spektrum reicht dabei von „unbestimmbar“, über kultische Zwecke, Festhalten besonderer Ereignisse bis zur Handlungsanleitung für das Neuschaffen.

Diese Aspekte werden hier vereinfacht unter dem Begriff „Anschaulichkeit“ zusammengefasst.

In der historischen Entwicklung anschaulicher Darstellungen liegt die Anfangsphase im Dunklen. Sicherlich spielten bei den ersten von Menschen gemachten Petroglyphen und Darstellungen Aspekte der Anschaulichkeit keine Rolle. Als Zweck kann ggf. der dauerhafte angebrachte Hinweis gesehen werden, dass jemand schon an diesem Ort gewesen war. Die Bemühungen zur Verbesserung der Anschaulichkeit waren aber schon in den frühen Darstellungen zu erkennen. Reale Objekte wurden in primitiver Manier festgehalten, aber mit erkennbarem Bemühen um eine gewisse Ähnlichkeit. Das Wiedererkennen sollte dabei nicht nur auf den beschränkt sein, der die Zeichnung angefertigt hatte, auch Fremde sollten das Objekt erkennen. Am Anfang, vor etwa 30000 Jahren, stellten die ersten Petroglyphen und Ideogramme technische Objekte in ihrer groben Umrissform dar, teilweise auch ohne heute erkennbare Funktion oder deren Zweck. Ein großer Teil ist vermutlich zufällig entstanden. Ein weiterer Teil ist, wenn man die schwer erreichbaren Fundstätten berücksichtigt, dem „kultischen Bereich“ zuzuordnen. Eine entscheidende Veränderung in der nächsten Entwicklungsstufe war, dass nicht nur „konkrete“ Objekte dargestellt wurden, sondern auch „gedachte“. Häufig wurden sie ohne Abgrenzung gemischt eingesetzt. Realität und „Welt der Geister“ waren nicht getrennt. Die unbelebte Natur war belebt.

Die Entwicklung der Sprachen und die symbolhaften (am Anfang noch gezeichneten Formen) der Schrift waren ein weiterer Entwicklungsschritt. Insbesondere die kombinierte Verwendung von gezeichneten Bildern mit sprachlichen Symbolen, z.B. von Bildern mit Keilschrift oder von Reliefs mit Hieroglyphen, zeigen die Tendenz, Anschaulichkeit und Informationen zu verbinden. Es bildeten sich in einzelnen Sprachen komplexe Zeichensysteme heraus, die auf abstrakt vereinfachten Bildzeichen beruhten.

Im Laufe der weiteren Entwicklung flossen in größerem Umfang Bilder konkreter Handlungen und Ereignisse in die Darstellungen ein (siehe Abschnitt 2.1). Beispiele dafür

sind Tierskizzen und Jagdszenen. Zeitlich lässt sich diese Phase nicht abgrenzen, da die historischen Forschungen immer frühere Zeugnisse dieser Art zutage fördern, die weit vor dem Auftauchen des modernen Menschen liegen. Die Darstellungen von „technischen“ Objekten beschränkten sich zumeist auf grobe Abbildungen von Waffen und Werkzeugen, ohne das deren genauere Aufbau erkennbar wird.

Neu und ein weiterer entscheidender Entwicklungssprung in der frühen Phase war, dass im kognitiven Systemen der Menschen ein Veränderung eingetreten war. Bei den Darstellungen wurden auf breiter Front die gezeichneten Objekte den gesehenen immer ähnlicher. Sogar die Dynamik von Bewegungen verstand man auszudrücken. Die Objekte in den Abbildungen waren für alle Personen wiedererkennbar (siehe z.B. Bild 2.1/23). Dieser Grad der Anschaulichkeit war eine Voraussetzung, um Wissen durch Bilder über große Zeiträume weiterzugeben, unabhängig von einer Sprache. Mit diesen Entwicklungen verbesserten sich auch die Techniken und die Fertigkeit der „Künstler“.

Der Übergang zur landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens und der Anlage fester Siedlungen führte zu einer Blütezeit anschaulicher Darstellungen, allerdings ohne eine Verbesserung der Maßgerechtheit. Zur Organisation und Verwaltung der größeren Gemeinschaften waren symbolische als auch darstellerische Dokumentationen notwendig. Aus Babylon und Ägypten liegen ganze „Bibliotheken“ mit Aufzeichnungen über Ernteerträge, Steuerzahlungen etc. vor. Diese Zeit war auch reich an künstlerischen Arbeiten mit hoher Anschaulichkeit. Ein sicheres Zeichen dafür, dass neben der lebensnotwendigen Arbeit noch Zeit und Muße für diese Dinge übrig war, die keinen unmittelbaren praktischen Nutzen besaßen.

Einen entscheidenden Schritt für das konstruktive Zeichnen taten die ersten frühen „Techniker und Baumeister“ mit der Nutzung von Darstellungen ausschließlich zur Planung von technischen Objekten, Gebäuden und ganzen Siedlungen. Der große Unterschied zu den in der Vergangenheit angefertigten Darstellungen war, dass sie nichts „Gesehenes“ abbildeten, sondern zweckbezogen etwas „Gedachtes“ zeigten, was später realisiert werden sollte, mit allen Risiken für die Folgen von Fehlern. Als Beispiele können der Plan zur Herstellung einer Sphinx (siehe Bild 2.1/8) oder der Grundrissplan der Stadt Nippur (Bild 2.1/25) dienen.

Zur Verbesserung der Anschaulichkeit setzte man häufig eine räumliche Staffelung ein. Objekte im Vordergrund wurden groß, Objekte im Hintergrund kleiner gezeichnet. In Bildern lavierte man Flächen, schattierte je nach Lichteinfall, zeichnete mit unterschiedlichen Linienstärken, setzte Schwärzungen, punktierte und schraffierte Flächen ein. Diese Hilfen betonten in begrenztem Umfang die räumliche Wirkung eines Bildes. Es lassen sich für verschiedene Kulturbereiche auch schon feste Darstellungsregeln erkennen, die nicht immer mit denen der Anschaulichkeit verträglich waren. Beispielsweise findet man in vielen Abbildungen aus dem alten Ägypten Götter und hochgestellte Personen unabhängig von ihrer Position im Raum vergrößert gezeichnet. Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Anschaulichkeit stellte die Kombination von Ritzungen in Stein (Petroglyphen) und flachen Reliefs dar. Dabei entstand bei Lichteinfall ein räumlicher Eindruck durch Schattenwurf. Bei Flachritzungen konnte nur durch Punktieren oder Schraffieren der Flächen eine ähnliche Wirkung erzielt werden.

Mit der Darstellung eines geplanten Objekts trat, neben der Anschaulichkeit der Darstellung, das Problem der Maßgerechtheit auf. Durch Erfahrung war bekannt, dass eine anschauliche Darstellung und eine, die die geometrischen Merkmale in wahrer Größe darstellte, nicht möglich war. Dieses Dilemma führt zu dem Kernproblem der perspektivischen Bilder. Die Perspektive ist die beste Art der anschaulichen Wiedergabe. Sie bildet den menschlichen Sehvorgang exakt nach, d.h. das Sehen von einem zentralen Punkt (dem Auge) in eine räumliche Umgebung, mit gestaffelten Objekten unterschiedlicher Art. Später wurden in der

Geometrie daraus die verschiedenen Arten der Zentralprojektionen mit ihren Gesetzen abgeleitet (siehe Kapitel 5.3).

Viele historische Objekte, die in Museen und antiken Skulpturensammlungen zu bestaunen sind, besitzen eine hervorragende anschauliche Qualität. Nach derzeitigem Stand der Forschung kann davon ausgegangen werden, dass die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten perspektivischer Darstellungen im Altertum nicht bekannt waren. Das trifft mit Sicherheit auf Abbildungen aus dem alten Ägypten zu. Den ägyptischen Baumeistern war allerdings die Darstellung in Projektionen, genauer „senkrechten Projektionen“, bekannt. Erstaunlich ist, dass selbst im griechischen Kulturraum mit seinen hervorragenden Leistungen in der Malerei und Bildhauerei vermutlich keine exakten perspektivischen Verfahren eingesetzt worden sind. Auch wenn einige Gesetze der Perspektive bekannt gewesen wären, in den erhaltenen Arbeiten und historischen Quellen sind keine Spuren einer entsprechenden Vorkonstruktion gefunden worden. Eine mögliche Erklärung könnte die Art und Weise liefern, wie und von welcher gesellschaftlichen Gruppen im griechischen Kulturraum Probleme gelöst worden sind. Es waren die Freien und die Lösungen beschränkten sich oft auf die widerspruchsfrei, gedankliche Durchdringung eines Problems auf der Basis philosophischer Leitideen und logischer Ableitungen. Die praktische Umsetzung der Lösung, beispielsweise die Anfertigung einer genauen perspektivischen Darstellung, war „Handwerk“ und Arbeit für Unfreie.

Einige Beispiele für diese Vorgehensweise liefern die Erkenntnisse des Euklid von Alexandria aus dem 3. Jahrhundert v. Chr. Neben den Gesetzen zur Geometrie von Pythagoras sind die Axiome von Euklid (z.B. das Parallelenaxiom) und seine Überlegungen über geometrische Körper heute noch aktuell. Es waren Ergebnisse des Denkens, nicht des experimentellen Nachweises. „Welche Form hat die Erde“? Diese Frage wurde von griechischen Philosophen auf ähnliche Art gelöst. Die Kugelform wurde aufgrund logischer Überlegungen und spitzfindiger Spekulationen „gefunden“. Ein Beweis konnte noch nicht erbracht werden (er war für diese Art des „Wissen“ auch nicht erforderlich).

Einen weiteren Hinweis auf das Vorgehen bei der Anfertigung anschaulicher Darstellungen kann man aus der Ausbildung der „Künstler“, beispielsweise der Maler und Bildhauer, ableiten. In einigen griechischen „Schulen“ dauerte sie bis zu 10 Jahre. Die lange Ausbildungszeit ist ein Hinweis auf die intensiven und langwierigen Übungen zur Erlangung einer hinreichenden Ausführungsqualität. Die anschauliche und räumliche Perfektion der bildhauerischen Arbeiten bekannter griechischer Bildhauer sind auch durch den Einsatz exakter Gesetze der Perspektive kaum zu verbessern. Ihre Basis war die Erfahrungsperspektive, die auf reiner Anschauung beruhte. Die Lösung des Grundproblems der Perspektive, die fehlende Maßgerechtigkeit bei Abbildungen, wurde durch die „Erfahrung“ umgangen.

Ein Teil der anschaulichen Bilder des Mittelalters umgingen das Problem der mangelnden Maßgerechtigkeit durch eine besondere Darstellung. Sie zeigen die Objekte zwar anschaulich, aber gleichzeitig von „mehrerer Standpunkten“ (siehe z.B. Bild 2.2/3 u.a.). Das widerspricht völlig dem natürlichen Sehen. Die Abbildungen wirken heute fremd, sie waren sehr uneinheitlich angelegt und ohne erkennbare Regeln. Jede Region und jedes Gewerk, jede „Schule“ hatte eigene Darstellungsformen. Die Anschaulichkeit wurde verschlechtert, die Maßgerechtigkeit nicht verbessert. Das Dilemma der Perspektive war auf diese Art nicht zu lösen. Auch durch direkte Angabe von Maßen in den Darstellungen konnte keine Maßgerechtigkeit erreicht werden. Bei dem Stand der handwerklichen Produktionstechnik reichte das, wenn die Abbildung als Plan für eine Herstellung eingesetzt wurde, meist aus. Die Ausführung fehlender Details oblag versierten Handwerkern. Es war üblich, weitergehende Angaben schriftlich in begleitenden Dokumenten oder direkt als Text auf den Darstellungen zu vermerken. Die Verwendung von unterschiedlichen Standpunkten in einer Darstellung führte auch zu einer verminderten Wiedererkennbarkeit und zu unklaren

Funktionsinterpretationen. Da vor der Erfindung des Buchdrucks Bücher von Hand kopiert werden mussten, waren viele Kopisten nicht in der Lage, auf der Basis der unklar gezeichneten Vorlagen die Funktion zu verstehen. Die Kopierfehler setzten sich in der Folge mit zunehmender Tendenz fort (siehe Bild 3.1/3).

Die großen Schritte bei der Verbesserung anschaulicher Bilder durch exakte perspektivische Darstellungen wurden im 15. Jahrhundert durch die Wiederentdeckung des Wissens der Antike bzw. deren Weiterentwicklung in der Renaissance gemacht. Die exakte geometrische Perspektive wurde als perfekte Art der vollkommen Anschaulichkeit in der Kunst und Wissenschaft eingeführt. Die Anfänge in Italien datiert man mit dem Beginn der Frührenaissance ab etwa 1400. Die Entwicklung begann in der Malerei, nicht bei den im weitesten Sinne „konstruktiven Zeichnungen“. Um 1413 schuf der italienische Maler Filippo Brunelleschi (1377 – 1446) die erste exakt nach den Gesetzen der Perspektive konstruierte zweidimensionale Abbildung eines dreidimensionalen Objekts. Es handelte sich um das Bild des Baptisteriums in Florenz. Die Ausführung zeigt einen durchgehenden Horizont, richtige Lage der Fluchtpunkte und Fluchtlinien und die Betrachtung von einem einzigen Standpunkt. Brunelleschi fertigte auch eine Reihe perspektivisch exakter Landschaftsgemälde an. Der Eindruck dieser Bilder auf die zeitgenössischen Betrachter soll überwältigend gewesen sein. 1436 veröffentlichte der italienische Maler Leon Battista Alberti sein Traktat „*De pictura*“. In dieser Arbeit fasste er die Gedanken Brunelleschis und weitere Abhandlungen zur Perspektive zusammen. Er führte die abstrakte Vorstellung von der perspektivischen Darstellung als Querschnitt durch eine gedachte Sehpyramide ein. Giorgio Vasari (1511 – 1574), ebenfalls ein italienischer Maler, beschrieb erstmals ein Phänomen, das die Bilder der Renaissance grundlegend von denen des Mittelalters abhob, und zwar die eindeutige Lage des Standpunktes des Betrachters und die Auswirkungen von Standpunktveränderungen auf die Anschaulichkeit und Bildwirkung.

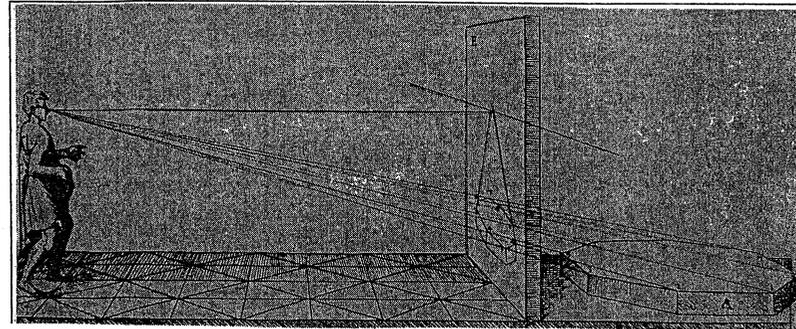


Bild 2.3/1: Abbildungssituation bei Erstellung eines perspektivischen Bildes (Zentralprojektion mit senkrechter Bildebene) von Jacomo Barozzi da Vignola (um 1580)

Über die Bedeutung von Leonardo da Vinci (1452 - 1519) für die Entwicklung und Verbreitung anschaulicher Bilder in der Kunst, der Wissenschaft und der Technik braucht an dieser Stelle nicht mehr berichtet werden. Eine Vielzahl an Beispielen mit technischen Objekten ist im Kapitel 3 und in den folgenden Abschnitten wiedergegeben. Die Lösung des Problems der Maßgerechtigkeit perspektivischer Bilder war für Leonardo da Vinci als Künstler unerheblich. Lösungsansätze von ihm liegen nicht dazu vor.

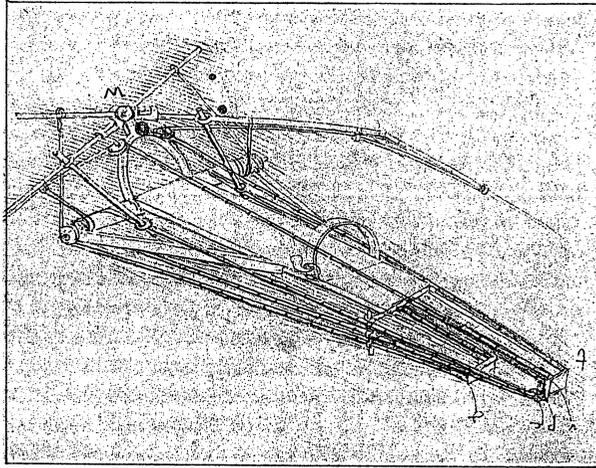


Bild 2.3/2:
Anschauliche Darstellung
einer Flugmaschine mit
vertikalem Antrieb
von Leonardo da Vinci
(um 1500)

Ein weiterer Pionier bei der Weiterentwicklung genauer perspektivischer Bilde war Albrecht Dürer (1471 – 1528). Seine Arbeiten sind allgemein bekannt und seine Bilder zeichnen sich durch eine geometrisch genaue gearbeitete, perspektivische Darstellung aus. Im Jahr 1525 veröffentlichte er seine „Unterweysung der messung mit dem zirckel un richtscheydtt“. Das Traktat enthielt auch schon Ableitungen orthogonaler Grund- und Aufrisskonstruktionen. Dürer entwickelte die Konstruktion in getrennten Ansichten aber nicht weiter. Das ist verständlich, da seine Werke primär künstlerischen Charakter besaßen. Sie dienten nicht als maßgerechte Basis für die Ausführung eines konkreten Objekts.



Bild 2.3/3:
Konstruierte
Perspektive am
Beispiel einer
höfischen Szene
von
Albrecht Dürer
(um 1525)

Die Verhältnisse bei den anschaulichen Darstellungen der Perspektive in zusammengefasster Form und in aktueller Terminologie zeigt das folgende Bild. Der Betrachter hat einen festen Standpunkt. Die Lage der Bildebene und des Objekts sind gegeben. Von seinem Augpunkt Z geht der Hauptsehstrahl nach dem senkrecht auf der Bildebene stehenden Hauptpunkt H. Der Abstand zwischen dem Augpunkt Z und dem Hauptpunkt H ist die Distanz d . Das ist der Abstand zur Bildebene. Den Begriff der Sehpyramide hat man heute durch den allgemeineren Begriff Sehkegel ersetzt. Der Kegel schneidet die Bildebene im Sehkreis. Der Sehkreis ist der Bereich, in dem das menschliche Auge ohne Augenbewegung in normaler Sehschärfe sieht. Das perspektivische Bild des Objekts liegt innerhalb des Sehkreises in der Bildebene. Das Bild des Objekts ist zwar dem originalen Objekt geometrisch ähnlich, aber nicht maßgerecht.

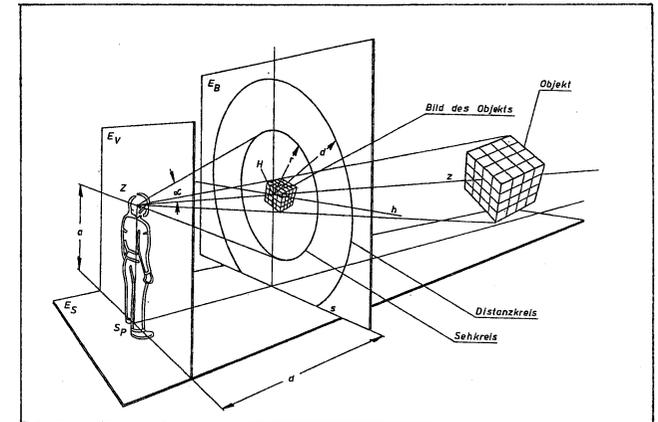


Bild 2.3/4:
Grundbegriffe der
Perspektive

Mit Beginn der industriellen Revolution konnte das Dilemma mangelnder Maßgerechtigkeit bei anschaulichen konstruktiven Zeichnungen nicht mehr ignoriert werden. Die arbeitsteilige Organisation in den Fabriken verlangte nach eindeutigen, maßgerechten und für alle verständlichen technischen Dokumenten. Eine weitere Folge der industriellen Produktionsweise und der mit ihr einhergehenden Arbeitsteilung war der sukzessive Abbau von Qualifikation in den Fabrikwerkstätten. Angelernte Arbeitskräfte verrichteten begrenzte Arbeitsoperationen. Das Wissen der früheren Werkmeister und Gesellen war zwar immer noch erforderlich, aber die entsprechenden Personen fehlten. Dieses Wissen musste von den Konstrukteuren durch ergänzende Angaben in den Zeichnungen (oder in begleitenden Dokumenten) aufgenommen werden. Das war nur durch die Einführung der konstruktiven Zeichnungen für kleinste Arbeitsoperationen möglich. Die „Einzelteilzeichnung“ entstand. Ausgang des 18. Jahrhunderts machte man den entscheidenden Schritt zur Lösung des Dilemmas Anschaulichkeit versus Maßgerechtigkeit. Man löste sich bei konstruktiven Zeichnungen von der Perspektive und wechselte vollständig zur Projektionsdarstellung. Der Impuls kam aus Frankreich. Girard Desargues fasste Anfang des 17. Jahrhunderts die bis dato vorhandenen Darstellungsweisen in einem System zusammenzufassen. Gaspard Monge stellte Ende des 18. Jahrhunderts die Projektionslehre mit ihren unterschiedlichen Projektionsarten und das Grund- und Aufrissverfahren auf eine wissenschaftliche Basis. Die beste und für technische Zwecke einfachste Projektionsart war die senkrechte Orthogonalprojektion. Bei komplizierten Objekten verwendete man mehrere Tafeln, also mehrere Ansichten oder Schnitte. Diese Darstellungsart erfüllte alle Anforderungen an die Maßgerechtigkeit. Der Übergang dauerte allerdings Jahrzehnte und erforderte bei den Betroffenen einen schwierigen Lernprozess. Die Darstellungen waren abstrakt und im Vergleich zur Anschaulichkeit der

Perspektive absolut unnatürlich. Nur wenn es durch entsprechende Übung gelang, die getrennten „Ansichten“ gedanklich zu einem dreidimensionalen Bild zu verknüpfen, waren die Darstellungen verständlich (siehe Kapitel 3). Welche Schwierigkeiten die Betroffenen hatten zeigen technische Darstellungen jener Zeit, in denen beide Formen, die anschauliche Perspektive und die maßgerechten Projektionen, nebeneinander gezeichnet wurden.

Während für die Hersteller und technischen Fachleute die Vorteile der neuen Darstellungsart überwiegen, waren sie für Laien völlig unverständlich. Den Aufwand, das „Lesen“ von Zeichnungen in Projektionsdarstellungen zu lernen, nahm kaum ein Laie in Kauf. Das hatte große negative Auswirkungen auf das allgemeine Verständnis von technischen Vorgängen und die Bedeutung von Technik in der Gesellschaft. Vor der Industrialisierung hatten künstlerische Darstellungen und konstruktive noch eine gemeinsame „Sprache“: die Anschaulichkeit, die Perspektive. Diese Gemeinsamkeiten wurden noch durch den aufwendigen Einsatz von Farben, Lavierungen und Schattierungen unterstützt. Der Übergang zur Projektionsdarstellung bedeutete die endgültige Trennung aller technischen Darstellungen vom allgemeinen Kulturbetrieb. Die Welt der Technik entwickelte sich bei den Innovationen weitgehend parallel zu den gesellschaftlichen Strömungen. Die Allgemeinheit lernte die Innovationen erst kennen, wenn sie produziert worden war. Häufig als Massenartikel mit entsprechender Auswirkung auf die Gesellschaft. Ohne gemeinsame Sprache war eine vorhergehende Verständigung nicht mehr möglich. Bis heute herrscht zwischen der Welt der Technik und der Gesellschaft weitgehendes Nichtverstehen. Die Bemühungen Anfang des 20. Jahrhunderts einiger bekannter Technikwissenschaftler, diese Barriere zu durchbrechen, hatte wenig Erfolg. Es mangelte am Interesse anderer Wissenschaftsdisziplinen und der Allgemeinheit. Für viele Industrieunternehmen und Techniker hatte diese Situation durchaus Vorteile.

Bemerkung:

Es gab in der jüngeren Vergangenheit Bemühungen, das konstruktive Zeichnen mit sprachwissenschaftlichen Methoden zu analysieren. Eine konstruktive Zeichnung kann, wie eine künstliche Sprache oder Fachsprache, als ein Mittel der Kommunikation aufgefasst werden. Die Idee zur analogen Behandlung von Sprache und bildlichen Darstellungen war nicht neu. In Ansätzen kann man sogar die Ursprünge der menschlichen Kommunikation so betrachten. Auf dem Teilgebiet der konstruktiven Zeichnung sollten die Erkenntnisse als künstliche Idealsprache etabliert werden: einfach, präzise, mit begrenztem Zeichenumfang und leicht lernbar. Unmittelbar verständlichen Regeln sollten zu eindeutigen Ergebnissen führen.

Die Anwendung sprachwissenschaftlicher Methoden auf das konstruktive Zeichnen führte zu abstrakten, in der Praxis wenig brauchbaren Erkenntnissen. Die Semiotik als Theorie der Zeichen war als Basis für die Entwicklung neuer und die Ordnung bekannter Elemente technischer Darstellungen nur sehr bedingt geeignet. Damit wurde die Syntax als Beschreibung der technischen Beziehungen der Zeichen der konstruktiven Kunstsprache schwierig und uneindeutig. Bei der Entwicklung einer Semantik, also der Verbindung zwischen den aus einzelnen Zeichen zusammengesetzten „Sprachelementen“, und den dargestellten Objekten kam man an die Grenzen der sprachwissenschaftlichen Methoden.

Letztendlich waren diese Ansätze akademisch reizvoll, aber nicht hilfreich und nicht umsetzbar.