HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN



STUDIENARBEIT

FORMATE ZUR SPEICHERUNG VON SCHRIFTEN

in der digitalen

TYPOGRAFIE



ALEXANDER BORISOV

Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Coy

Informatik in Bildung & Gesellschaft
Institut für Informatik
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II
Humboldt-Universität zu Berlin

Berlin Mai 2012 Alexander Borisov Sewanstr. 173 10319 Berlin

Geboren am 28. September 1984

E-Mail: mail@aborisov.de

Betreuer: Dipl.-Inf. Jens-Martin Loebel Datum der Abgabe: 19. Mai 2012

Überblick über die Veränderungen seit der Veröffentlichung:

30.05.2012 Kleinere Korrekturen im Text 19.05.2012 Abgabe der Arbeit

Diese Arbeit wurde in Lag gesetzt.

Als $\ensuremath{\operatorname{\textsc{FT}\!\!\!\!/}} EX$ Template wurde die Vorlage von E. Uggedal [30] verwendet.

Hauptschrift: Linux Libertine von Libertine Open Fonts Projekt Mathematische Schrift: AMS Euler von Hermann Zapf Kegelgröße im Satzspiegel: 12 pt bei 0.3515 mm.

Kompilierungsmethode: pdfTeX – 1.40.12 Datum der letzten Kompilierung: 12. Juni 2012

VORWORT

Diese Studienarbeit wurde am Lehrstuhl für Informatik in Bildung & Gesellschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin verfasst.

Ich möchte vor allem meiner Frau Elena Borisova für die sorgfältige Prüfung der Arbeit sowie für viele wertvolle Hinweise danken. Zudem gilt mein Dank meinem Gutachter Prof. Dr. Wolfgang Coy sowie Jens-Martin Loebel und Agata Królikowski, die mich hervorragend während der Erstellung der Arbeit unterstützt haben. Auch möchte ich mich bei Ulrika Müller für das Korrekturlesen der Arbeit ganz herzlich bedanken.

Alexander Borisov Berlin Mai 2012

INHALTSVERZEICHNIS

Vo	rwor	rt .		i
In	halts	verzeicl	nnis	iii
1	Einl	eitung		1
	1.1	Zielse	tzung der Arbeit	1
	1.2	Aufba	u der Arbeit	1
2	Ent	wicklur	ng der Schriften	3
	2.1	Vom I	Piktogramm zum Buchstaben	4
	2.2	Die G	utenberg-Ära	8
	2.3	Klassi	fizierung von Schriften	10
	2.4	Entwi	cklung der Druck- und Setztechnik	14
3	Schi	riften iı	ı der digitalen Welt	19
	3.1	Mathe	ematische Konstruktion der Schriften	19
	3.2	Forma	ate zur Speicherung von Schriften	22
		3.2.1	Bit- & Bytemaps	24
		3.2.2	Lauflängenkodierung	27
		3.2.3	Vektorlinien	28
		3.2.4	Bézierkurven	29
		3.2.5	Überblick über die vorgestellten Formate $. . .$	32
	3.3	Digita	lisierung von Schriften	34
		3.3.1	Das URW-Konzept	35
		3.3.2	METAFONT	37
	3.4	Stand	ards für die Verarbeitung von Schriften	40
		3.4.1	PostScript	41
		3.4.2	TrueType & OpenType	42
		3.4.3	Vergleich der vorgestellten Standards	44
	3.5	Verma	arktung von Schriften und rechtliche Aspekte .	45

INHALTSVERZEICHNIS

4	Schi	ussbemerkungen	49
	4.1	Aktuelle Tendenzen und Ausblick	49
	4.2	Zusammenfassung	50
Lit	eratu	rverzeichnis	53
Ab	bildu	ngsverzeichnis	57
Qu	ellco	deverzeichnis	60
Tal	belle	nverzeichnis	61
An	hang		63
Erl	kläru	ngen	69

EINLEITUNG

»Typografie ist die Kunst des Unsichtbaren.«

Jan Tschichold

1.1 ZIELSETZUNG DER ARBEIT

DIE KLASSISCHE TYPOGRAFIE, ihre Regeln und Standards entwickelten sich vor rund 500 Jahren und blieben bis ins 20. Jahrhundert weitgehend unverändert. Mit zunehmender Industrialisierung und Einführung von Foto- und später digitalen Setztechniken haben sich jedoch die Herangehensweise, der Umgang mit Schriften sowie die Standards der Typografie grundlegend verändert.

Diese Veränderungen lösten eine Reihe von neuen Problemen und Fragestellungen auf. Daher ist eine präzise Auseinandersetzung mit der neu entstandenen Thematik vom großen wissenschaftlichen Interesse. Die vorliegende Studienarbeit beschäftigt sich zentral mit der Untersuchung der Formate zur Speicherung von Schriften in der Typografie für digitale Texte. Ziel der Arbeit ist, die Formate zu präsentieren, diese miteinander zu vergleichen sowie die Vor- und Nachteile zu ermitteln. Abschließend wird gezeigt, welche Formate sich primär in den aktuellen Standards der Typografie durchgesetzt haben. Im Folgenden wird der Aufbau der Arbeit detailliert vorgestellt.

1.2 AUFBAU DER ARBEIT

Diese Arbeit besteht aus drei Kapiteln. Als erstes wird im Kapitel »Entwicklung der Schriften« kurz die geschichtliche Entwicklung der Schriften ausgehend von den ersten Fundstücken bis hin zum 20. Jahrhundert dargestellt. Ferner werden die verschiedenen Drucktechniken näher beleuchtet sowie eine Klassifizierung von Schriften

gezeigt. Dieser geschichtliche Rückblick ist notwendig, um die modernen Entwicklungen und Tendenzen in der digitalen Typografie besser verstehen und interpretieren zu können.

Im nächsten Kapitel »Schriften in der digitalen Welt« wird auf die zentrale Forschungsfrage der Arbeit eingegangen. Das Kapitel beginnt mit dem Abschnitt »Mathematische Konstruktion der Schriften«, in dem die notwendigen mathematischen Bedingungen für eine Konstruktion und Speicherung von digitalen Schriften vorgestellt werden. Es folgt eine detaillierte Beschreibung der Formate zur digitalen Speicherung von Schriften mit einem anschließenden Vergleich der Formate miteinander. Daraufhin werden verschiedene Methoden der Digitalisierung von Schriften beleuchtet sowie die modernen Standards der digitalen Typografie vorgestellt. Das Kapitel endet mit der kurzen Betrachtung der rechtlichen Aspekte und Fragen der Vermarktung von Schriften.

Im letzten Kapitel »Schlussbemerkungen« werden eine Betrachtung der aktuellen Tendenzen in der digitalen Typografie, ein Ausblick sowie eine Zusammenfassung der Arbeit gegeben.

ENTWICKLUNG DER SCHRIFTEN

DIE SCHRIFT gehört zu den ältesten und wichtigsten Kulturtechniken der Menschheitsgeschichte. Erst durch die Entwicklung der Schrift ist es möglich geworden, Informationen und Wissen dauerhaft speichern und effizient übermitteln zu können. Orale Kulturen, die ohne eine Schrift ausgekommen sind, hatten den bedeutsamen Nachteil, alle Informationen und das gesamte Wissen mündlich übermitteln und speichern zu müssen. Dies stellte große Herausforderungen an das menschliche Gedächtnis dar und erschwerte die Durchführung von komplexen Verwaltungsaufgaben.

Grundsätzlich wird daher die Entwicklung der Schrift von einer Notwendigkeit vorangetrieben, größere Informationsmengen effizient und vor allem exakt zu speichern. Fritz Funke¹ beschreibt in seinem Werk *Buchkunde* die Notwendigkeit der Entwicklung einer Schrift, wie folgt:

Im Verlauf der Entwicklung menschlicher Gemeinschaften wird der Gebrauch von Schrift erforderlich, wenn mündliche Überlieferungen, Verlaut- und Vereinbarungen nicht mehr den wirtschaftlichen Interessen und kulturellen Bedürfnissen entsprechen. Die gesellschaftlichen Verhältnisse müssen so weit fortgeschritten sein, daß eine führende Schicht von Amtsträgern, z. B. Priestern, entstanden ist, welche die Aufgaben der Verwaltung und Organisation des Gemeinwesens, die Pflege des Kultes und des Wissens übernimmt und dafür eine Schrift entwickelt und gebraucht. Infolgedessen bildet sich das Schreibwesen und ein Stand von Schriftkundigen aus.²

Dieser Zustand wurde nach dem heutigen Wissen vor etwa 7.000 Jahren erreicht, als sich die ersten Bildschriften entwickelt haben.

2

Dr. phil. Fritz Funke – bis 1985 Direktor des Deutschen Buch- und Schriftmuseums in Leipzig.

2. Funke [12, S. 13].

Bevor allerdings Schriften sich in die breite Bevölkerungsschichten verbreiten konnten, mussten zahlreiche Techniken zur Speicherung der Schrift auf einem Medium sowie zur Replikation der vorhandenen Schriften entwickelt werden.

Ziel dieses Kapitels ist die Entwicklung und die Vielfalt der Schriften ausgehend von den antiken Kulturen bis hin zu der modernen Zeit knapp darzustellen. Im zweiten Teil werden die unterschiedlichen Schriftklassen anhand von Beispielen erläutert und vorgestellt. Dabei wird der Fokus auf die Schriften im europäischen Raum gelegt.

2.1 VOM PIKTOGRAMM ZUM

BUCHSTABEN

Um die moderne Vielfalt von Schriften untersuchen zu können, ist ein Blick auf die Geschichte und die Entstehung von Schriften notwendig. Bis heute gibt es unter den Wissenschaftlern unterschiedliche Ansichten im Hinblick auf die Bestimmung des Alters der ältesten gefundenen Schriftstücke. Die erste publizierte und bekannte Aufzeichnung über die Geschichte der Schrift ist das von Carl Faulmann³ im Jahre 1880 publiziertes Werk *Illustrierte Geschichte der Schrift* [10]. Faulmann war der Ansicht, dass die germanischen Runen die ersten Schriften der Welt waren und somit die Urschrift der Menschheit bildeten. Durch die erst später entdeckten Verfahren zur Datierung von Fundstücken ist aber bestätigt worden, dass die gefundenen germanischen Runen um viele Jahrtausende jünger als z. B. die Schriften aus Ägypten oder Südosteuropa sind.⁴

Heute wird die Radiokohlenstoffdatierung⁵ als die Standardmethode für die Ermittlung des Alters eines Gegenstands verwendet. Die Methode wird jedoch zunehmend ungenauer je älter der zu untersuchende Gegenstand ist. Aus diesem Grund wurde bei zahlreichen früher untersuchten Schriftstücken eine falsche Datierung unternommen. Lange Zeit war unter den Wissenschaftlern die Meinung verbreitet,

dass die Geschichte der Entwicklung von Schriften bei den frühen Schriftsystemen rund um den so genannten »fruchtbaren Halbmond«, einem Gebiet nördlich der arabischen Halbinsel, beginnt. Erst in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde durch eine Weiterentwicklung der Radiokohlenstoffdatierung festgestellt, dass die jüngsten Funde der

3. Carl Faulmann (1835 – 1894) – Typograph und Experte für Steganographie.

4. Vgl. Haarmann [15, S. 7 ff.]. 5. Auch C-14 Methode genannt, vgl. z. B. Currie [7]. Schrift nicht wie ursprünglich gedacht auf dem Gebiet von Mesopotamien, sondern vor allem in der Vinča-Kultur⁶ zu finden sind. Diese bisher jüngsten gefundenen Schriftstücke werden auf etwa 5.500 Jahre v. u. Z. datiert.⁷

Das Hauptziel bei der Entwicklung von Schriften in den früheren Kulturen war nicht, die gesprochene Sprache festzuhalten, sondern vielmehr Begriffe, Fakten und später auch Zahlen zu fixieren.⁸ Die Notwendigkeit und der Wunsch die gesprochene Sprache schriftlich exakt festhalten zu können, kam erst später dazu. Aus diesem Grund waren die ersten Schriftsysteme der Welt keine Buchstabenschriften, die auf einem Alphabet aufgebaut waren, sondern Wort- bzw. später Silbenschriften. Die ältesten gefundenen Schriftenstücke stellen eine Ansammlung von Ritzen, einfachen Symbolen, Piktogrammen und Bildern dar und waren primär auf Tonstatuetten bzw. Tontäfeln zu finden.9 Eine Schrift bestand somit aus vielen unterschiedlichen Zeichen, die jeweils einen Begriff bzw. ein Wort repräsentierten. Zusätzlich wurden eine Reihe von Zeichen benutzt, um in Verbindung mit einem zweiten Zeichen neue Begriffe definieren und darstellen zu können. So wurde z.B. bei den ägyptischen Hieroglyphen das Zeichen für einen Mann (s. das rechte Zeichen in der Abbildung 2.1) für Tätigkeiten in Verbindung mit dem Kopf, wie z. B. denken, küssen, trinken benutzt. Diese Zeichen werden heute Determinative genannt. Die Abbildung 2.1 zeigt die aus zwei Zeichen bestehende ägyptische Hieroglyphe für das Wort »trinken«.10

Ein wesentlicher Nachteil der Bild- und Silbenschriften ist die Notwendigkeit, die Anzahl der verwendeten Zeichen ständig mit dem wachsenden Wortschatz zu vergrößern. Daher existieren bei diesen Sprachen oft mehrere Tausend verschiedene Zeichen. Die Tabelle 2.1 zeigt beispielhaft die Entwicklung der Anzahl der chinesischen Zeichen in den letzten 3000 Jahren. Die Anzahl der Zeichen hat sich in dem genannten Zeitraum um mehr als das 20-fache vergrößert. Solch große Mengen an Zeichen zu speichern, zu erlernen bzw. effizient verwenden zu können ist mühsam und führt in der Regel dazu, dass die vielen Zeichen in der Schriftsprache nicht aktiv verwendet werden. In der modernen chinesischen Schriftsprache reichen z. B. etwa 2.000 Zeichen aus, um etwa 98 % der Texte lesen zu können. Ein weiterer Nachteil der Bild- und Silbenschriften ist die Mehrdeutigkeit der möglichen Interpretationen von einem und demselben Zeichen.

- 6. Eine Zivilisation zwischen 5.400 und 4.500 v. u. Z. in Südosteuropa.
- 7. Vgl. Haarmann [15, S. 16 ff.].
- 8. »Das Hauptaugenmerk lag anfänglich auf der Fixierung von Einzelbegriffen bzw. Ideen« Haarmann [15, S. 35].

9. Vgl. Haarmann [15, S. 19 ff.].



Abbildung 2.1: Die ägyptische Hieroglyphe für »trinken«.

10. Vgl. Haarmann [15, S. 36 f.].

Zeichen	Jahr
2.500	ca. 1200 v. u. Z.
10.000	ca. 200
23.000	ca. 1200
> 50.000	ca. 1950

Tabelle 2.1: Entwicklung der Anzahl der chinesischen Zeichen.

11. Vgl. Da [8].

Ein Bild kann abhängig vom Betrachter und seiner kulturellen Vorbildung anders interpretiert und verstanden werden. Zudem ist eine phonetisch exakte Wiedergabe des geschriebenen Textes in der Regel nicht möglich. Durch die Aufforderung, größere Handelsbewegungen effizient verwalten und archivieren zu können, aber auch um die Eindeutigkeit der Interpretation von geschriebenen Schriftstücken zu erhöhen, mussten neue Konzepte zur Speicherung der Informationen entwickelt werden.

12. *Phönizien* – Gebiet auf dem Territorium vom heutigen Libanon und Syrien.

13. Vgl. Frutiger [11, S. 77 ff.].

14. Vgl. Funke [12, S. 19 ff.] sowie die Abbildung 4.1 im Anhang.

15. Vgl. Frutiger [11, S. 67] und Haarmann [15, S. 43 f.].

16. Vgl. Funke [12, S. 24 f.].17. Siehe auch Seite 19.

Um ca 1.000 Jahre v. u. Z. entwickelten die Phönizier¹² eine einheitliche alphabetische Schrift, die heute als die erste alphabetische Schrift der Welt gesehen wird. Das phönizische Alphabet bestand aus 22 Buchstaben und bewirkte somit eine deutliche Reduktion der gesamten Menge an Zeichen, die zur Beherrschung der Sprache erlernt werden mussten. Im Laufe der Geschichte breitete sich die phönizische Schrift über die Landesgrenzen von Phönizien aus und ist heute die Grundlage für alle modernen alphabetischen Schriften.¹³ Zu den wichtigsten Schriftgruppen, die sich aus der phönizischen Schrift entwickelt haben gehören die griechische und die aramäische Schrift. Aus der griechischen Schrift entwickelten sich später die lateinische und die glagolitische Schrift, aus der aramäischen Schrift entwickelten sich die hebräische und die arabische Schrift.¹⁴ Heute gilt es zudem als erwiesen, dass sich alle modernen alphabetischen Schriften aus früheren Bild- und Silbenschriften entwickelt haben.¹⁵

Das lateinische Alphabet entstand um etwa 600 Jahre v. u. Z. und enthielt ursprünglich 21 Buchstaben. ¹⁶ In Rom entwickelte sich etwa 100 Jahre v. u. Z. die Versalienschrift *capitalis monumentalis*, ¹⁷ die heute als die klassische Ausprägung der lateinischen Buchstaben gilt. Erst später und durch die Benutzung von Papyrus beeinflusst, wurden

DIXITQUOGOS. PROD

Terra anima uiuento ingener

cerepalia etbertas terrae recur

lual. factuq: e. 172. et fected b

Abbildung 2.2: Die karolingische Minuskel.

Kleinbuchstaben sowie eine kursive Variante der lateinischen Schrift eingeführt. Im 8. Jahrhundert fand unter Karl den Großen eine umfassende Schriftreform statt, die die bis dahin unterschiedliche Varianten der lateinischen Schrift vereinheitlichen sollte. Aus der Reform ist eine für die damalige Zeit sehr klar lesbare und einfach zu erlernbare Schrift, die *karolingische Minuskel*, entstanden (s. Abbildung 2.2). Die Buchstaben erhielten zum ersten Mal Ober- und Unterlängen sowie eine klare Trennung untereinander durch die weitgehende Vermeidung von Ligaturen.¹⁸

Heute wird zwischen zwei Arten von Schriftsystemen unterschieden: Schriften, die Bild- bzw. Silbenschriften geblieben sind und alphabetischen Schriften. Ein typisches Beispiel für die erste Gruppe ist die chinesische Schrift. Bis heute stellt die chinesische Schrift, auch wenn mittlerweile vereinfacht und schematisch, Objekte der Welt bildhaft dar. Das lateinische Alphabet dagegen besteht aus reinen phonetischen Zeichen und hat keine Beziehung zu den ursprünglichen Formen und Bedeutungen der Buchstaben, obwohl diese ursprünglich ebenfalls existiert haben. Am Beispiel des Buchstabens »A« in der Abbildung 2.3 wird die Entwicklung vom Piktogramm bis hin zum Buchstaben sichtbar. Das Bild ganz links zeigt das Piktogramm für

18. *Ligatur* – eine Zusammenfügung von zwei oder mehr Buchstaben zur einer Glyphe, z. B. »fi« oder »æ«.

19. Vgl. Frutiger [11, S. 67 f.].



Abbildung 2.3: Entwicklung des Buchstabens »A«.

einen Stierkopf.²⁰ Das folgende rechte Bild zeigt den Buchstaben »A«, wie er im phönizischen Alphabet etwa 1000 Jahre v. u. Z. vorkam. Im mittleren Bild wird eine Darstellung von »A« gezeigt, die schon unserer modernen Darstellung entspricht und in Alphabeten um etwa 300 Jahre v. u. Z. und auch später verwendet wurde. Die beiden rechten Bilder zeigen eine moderne Schreibweise des Buchstabens »A« in den grotesken Schriften des 20. Jahrhunderts.²¹

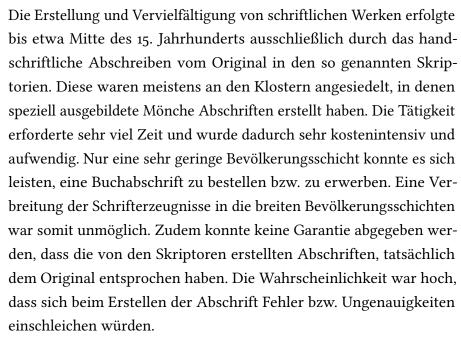
Da der Bedarf an Schriftenstücken mit der Zeit kontinuierlich anstieg, haben sich neue Anforderungen an die Schriften entwickelt. Es ist zunehmend immer wichtiger geworden, Fakten und Ideen möglichst effizient, fehlerfrei, schnell und kostengünstig schriftlich zu speichern. Durch die Reformen im 8. Jahrhundert hat bereits eine

20. »Aleph« – auf hebräisch Rind.

21. Eine ausführliche Beschreibung der Entwicklung des Zeichens »A«, ist z. B. bei Frutiger [11] auf Seite 78 zu finden.

weitgehende Standardisierung der Handschrift stattgefunden. Nun musste eine kostengünstige Methode zur Vervielfältigung und Verbreitung von Schriftstücken entwickelt werden. Eine neue Wissenschaft entstand – die Typografie.

2.2 DIE GUTENBERG-ÄRA



Eine grundsätzlich neue Möglichkeit der Vervielfältigung von Schriftstücken ist durch die Erfindungen von Johannes Gutenberg entstanden.²² Die Schriftstücke konnten nun vergleichsweise günstig, schnell und in einer einheitlichen Schrift erstellt werden. Der Druckprozess, wie es Gutenberg erfunden hat, bestand aus drei Arbeitsschritten:²³

- 1. Erstellen von den metallischen Buchstaben, den Typen.
- 2. Setzen einer gesamten Seite aus den Typen.
- 3. Drucken von gleich mehreren Exemplaren derselben Seite.

Die jeweiligen Schritte bestanden aus einer Reihe von Zwischenschritten. So wurde für die Herstellung von den metallischen Typen zuerst eine so genannte Punze aus einem harten Metall geschnitten. Im nächsten Zwischenschritt wurde mit dieser Punze ein Abdruck, genannt Matrize, in einem etwas weicheren Metall, z. B. Kupfer geschlagen.



Abbildung 2.4: Das Bildnis von Johannes Gutenberg nach einem Holzschnitt von Josef Weisz.

22. Johannes Gensfleisch zum Gutenberg (1400 – 1468), Erfinder des Buchdrucks und der ersten Druckerei.

23. Vgl. Funke [12, S. 107 ff.].

Schließlich wurde aus der Matrize ein Gußabdruck mit einer Legierung aus Blei, Antimon und Zinn erstellt.²⁴ Die Herstellung von neuen Typen war nicht bei jedem neuen Druck erforderlich, sofern die Typen in einer ausreichenden Zahl bereits vorhanden und nicht abgenutzt waren. Diese Art der Herstellung von Typen blieb bis weit ins 19. Jahrhundert erhalten.

Der zweite Arbeitsschritt im Druckprozess, das Setzen einer Seite mit beweglichen Typen, erfolgte durch speziell geschulte Setzer und erforderte eine hohe Aufmerksamkeit und Präzision. Die einzelnen metallischen Typen wurden von den Setzern Zeile für Zeile aneinander gereiht und so zu einer ganzen Seite geformt. Dieser Prozess erforderte zuerst mehr Zeit als es für das reine handschriftliche Abschreiben nötig war. Der Zeitverlust konnte jedoch im dritten Schritt, dem eigentlich Druck, mehr als kompensiert werden. Von der einmal gesetzten Seite konnten nun gleich hunderte von Abdrucken in kürzester Zeit erstellt werden.

Gutenbergs bekanntestes Druckerzeugnis ist die so genannte 42zeilige Bibel (s. Abbildung 2.5). Gutenberg hatte die Absicht, seinem
gedruckten Werk soweit wie möglich das Aussehen eines handgeschriebenen Buches zu geben. Aus diesem Grund ließ er 290 verschiedene Typen gießen, eigentlich weit mehr als für das lateinische
Alphabet grundsätzlich benötigt war. Dadurch konnten die Unterschiede in der Darstellung bei einem und demselben Buchstaben deutlich
gemacht werden, die bei einer Handschrift so typisch sind. So gab es
beispielsweise viele verschiedene Varianten vom Buchstaben »e«, die
jeweils passend zu den umgebenden Buchstaben eingesetzt wurden.
Als Schrift wählte Gutenberg die *Textura*, wobei zahlreiche Ligaturen
und Abkürzungen zusätzlich verwendet wurden.²⁵

Oft wird die Gutenberg-Bibel als Gutenbergs erstes Werk und somit als das erste gedruckte Schriftwerk überhaupt angesehen. Diese Vermutung stimmt allerdings nicht, denn bevor Gutenberg ein Buch von einer solchen Qualität, wie die Gutenberg-Bibel hätte entwickeln können, musste er bereits viel praktische Erfahrung im Gießen von Typen, dem Setzen der Seite, in der Herstellung der Druckerfarbe und dem eigentlichen Druckprozess gesammelt haben. Die ersten Druckerzeugnisse von Gutenberg waren vermutlich Ablassbriefe, Kalender sowie andere kleinere Druckerzeugnisse, die um das Jahr 1450 datiert sind. ²⁶ Die Bibel war wahrscheinlich das erste von Gutenberg gesetzte

24. Gutenberg war Goldschmied von Beruf und besaß die nötige Expertise.



Abbildung 2.5: Ausschnitt aus der Gutenberg-Bibel.

25. Vgl. Funke [12, S. 105].

26. Vgl. Funke [12, S. 103 ff.].

2 Entwicklung der Schriften

und gedruckte Buch. Für die gesamte Herstellung der 42-zeiligen Bibel brauchte Gutenberg etwa 4 Jahre.

In diesem Zeitraum sind mindestens 35 Exemplare der Gutenberg-Bibel auf Pergament und 165 auf Papier hergestellt worden.²⁷ Dank der Erfindung Gutenbergs ist es möglich geworden, die Typen und somit insbesondere auch die Schriftstücke in Massenzahl zu produzieren. Gutenbergs Druckerei war ein Beispiel für eine der ersten Manufakturen der Welt. So gab es festgelegte Aufgabenverteilung und Produktionsabläufe sowie eine größere Anzahl von Geräten, die unter anderem durch Fremdkapital angeschafft wurden.

Erst seit der Erfindung Gutenbergs kann von der »Typografie« im heutigen Sinne gesprochen werden. Das Wort *Typografie* heißt aus dem Griechischen übersetzt in etwa »das Schreiben durch den Abdruck«. Für die Zeit vor Gutenberg wird daher oft von *Chirografie* ²⁸ gesprochen, dem Schreiben mit der Hand.

28. Chirografie von *chiro* – Hand und *-grafie* – Schreiben.

27. Vgl. Funke [12, S. 104 f.].

2.3 KLASSIFIZIERUNG VON SCHRIFTEN

Bevor auf die weitere Entwicklung der Technik eingegangen wird, soll die Entwicklung der Schriften seit dem 15. Jahrhundert genauer untersucht werden. Die geschichtliche Entwicklung der Schriften zeigt, dass sich die Form und das Aussehen der Buchstaben mit der Zeit zum Teil radikal verändert haben. Adrian Frutiger ²⁹ schreibt in seinem Buch *Der Mensch und seine Zeichen* [11] Folgendes über die Vielfalt der Schriftformen: »Die Verwendung der Materialien hat jeweils die Herstellung von zweckmäßigen Werkzeugen bedingt, mit welchen Informationen gezeichnet, festgehalten werden konnten [...]. ³⁰ Die Verschiedenheit der im Gebrauch befindlichen Schreibinstrumente im Zusammenhang mit den benutzten Unterlagematerialien wie Papyrus, Pergament usw. war bestimmend für die jeweilige ›Ästhetik‹ einer Schrift«. ³¹ Laut Frutiger sind folgende Faktoren für die Entwicklung der Form einer Schrift entscheidend:

30. Vgl. Frutiger [11, S. 50].

Grafiker und Designer.

29. Adrian Frutiger (geboren 1928) – bekannter Schweizer Schriftgestalter,

- 31. Vgl. Frutiger [11, S. 85].
- 1. Die Art des Mediums, auf dem geschrieben wird, z.B. Stein, Ton, Papyrus, Pergament, Papier.
- 2. Die Art des Gegenstands, mit dem geschrieben wird, z. B. Meißel, Feder, bewegliche Typen, Kugelschreiber, Computer.

 Die kulturellen und gesellschaftlichen Entwicklungen in der jeweiligen Epoche, z. B. der Einfluss der Gotik, des Barocks, des Klassizismus, des Jugendstils.³²

32. Heute vor allem der Einsatz von Computern.

Über die Jahrtausende hinweg haben sich daher die Formen der Buchstaben den Materialien und den äußeren kulturellen Einflüssen angepasst. So ist beispielsweise die typische Form von gebrochenen Buchstaben auf das Schreiben mit einer steil gehaltenen Breitfeder auf dem Papier oder Pergament zurückzuführen sowie auf die Bestrebungen, die gotische Architektur in der Schrift nachzuahmen. Die Entstehung der modernen, nichtproportionalen Schriften dagegen deutet auf die Notwendigkeit solcher Schriften bei der Benutzung einer Schreibmaschine.³³ Zusätzlich existiert seit Mitte des 20. Jahrhunderts der Wunsch, die Schriftstücke leichter maschinell erkennbar machen zu können.

33. Bei einer Schreibmaschine wird der Typenhebel immer um die gleiche Weite bewegt.

Die Vielfalt der Schriften entwickelte sich über die letzten Jahrhunderte stetig, so dass heute unzählige verschiedene Schriften existieren. Dabei werden die Schriften in Kategorien unterteilt und bilden dadurch die so genannten Schriftklassen. Eine Schriftklasse ist eine Gruppe von mehreren Schriften mit ähnlichen Merkmalen. In Deutschland wurde im Jahr 1964 eine DIN-Norm für die Klassifizierung von Schriften veröffentlicht. Bei dieser DIN-Norm wird zwischen elf verschiedenen Schriftklassen unterschieden.34 Mittlerweile gilt diese Unterteilung jedoch als umstritten und wird von zahlreichen Experten in Frage gestellt.35 Hauptkritikpunkt ist, dass die aktuelle Entwicklung in der Typografie, insbesondere bei den Computerschriften, nicht mehr vollständig abgebildet wird. Seit einigen Jahren wird in den Fachkreisen über eine Überarbeitung der Norm nachgedacht. Im Folgenden werden einige wichtige Schriftklassen erläutert und mit den für die jeweilige Klasse typischen Beispielen von Schriften vorgestellt.36

34. Die Schriftklassen nach der DIN-Norm [9]:

- 1. Venezianische Renaissance-Antiqua
- 2. Französische Renaissance-Antiqua
- 3. Barock-Antiqua
- 4. Klassizistische Antiqua
- 5. Serifenbetonte Linear-Antiqua
- 6. Serifenlose Linear-Antiqua
- 7. Antiqua-Varianten
- 8. Schreibschriften
- 9. Handschriftliche Antiqua
- 10. Gebrochene Schriften
- 11. Fremde Schriften.
- 35. Vgl. Unger [31].

Gebrochene Schriften: Diese Schriften basieren auf den frühen gotischen Schriften und haben sich etwa im 12. Jahrhundert herausgebildet. Die Schriften dieser Klasse waren bis ins 18. Jahrhundert in Europa verbreitet und wurden nach und nach durch die Antiqua abgelöst. In Deutschland waren gebrochenen Schriften bis ins 20. Jahrhundert im Gebrauch bis diese schließlich

36. Für genaue Unterscheidungsmerkmale vgl. Gulbins u. Kahrmann [14, S. 20 ff.], Müller u. Willberg [23] und Genzmer [13, S. 191 ff.].



Abbildung 2.6: Buchstabe »M« in *Old English Text MT* (gebrochene Schrift).

37. Antiqua aus dem lateinischen antiquus – alt.



Abbildung 2.7: Buchstabe »M« in *Berkeley OS* (Venezianische Renaissance-Antiqua).



Abbildung 2.8: Buchstabe »M« in Adobe Garamond Pro (Französische Renaissance-Antiqua).



Abbildung 2.9: Buchstabe »M« in der Schrift *Bodoni MT* (Klassizistische Antiqua).

durch die Nationalsozialisten verboten wurden. Die Schriftklasse zeichnet sich durch sehr starke Kontraste und Unterschiede in der Linienstärke. Nahezu alle Rundungen bei den Buchstabenformen sind gebrochen, daher auch die Bezeichnung *gebrochene* Schriften. Beispiele für diese Schriftklasse sind *Textura*, *Fraktur*, *Old English Text* (s. Abbildung 2.3).

Die folgenden Schriftklassen stellen die Klassen der Antiqua dar.³⁷ Antiqua-Schriften entwickelten sich im 15. Jahrhundert aus den römischen Schriften des 1. Jahrhunderts v. u. Z. und sind heute die am meisten verbreitete Schriftklasse für europäische Schriftstücke.

Venezianische Renaissance-Antiqua: Diese Schriftklasse ist ab Mitte des 15. Jahrhunderts vor allem in Venedig entstanden und ist insbesondere durch die geringe Minuskelhöhe und abgerundeten Serifen gekennzeichnet. Viele Merkmale der Schrift deuten auf die Tradition hin, mit der Feder zu schreiben. Die Serifen sind häufig konkav und sind meistens sehr fein. Als weitere Besonderheit der Schriftklasse gilt der schräge Querstrich beim kleinen »e«. Beispiele für diese Schriftklasse sind Berkeley OS (s. Abbildung 2.7), Stempel Schneider oder Jenson.

Französische Renaissance-Antiqua: Diese Schriftklasse umfasst die Schriften, die Mitte des 16. Jahrhundert, also ca. 100 Jahre später, als die Venezianische Renaissance-Antiqua entstanden sind. Die Schriften dieser Schriftklasse wirken insgesamt harmonischer und zeichnen sich durch eine besonders gute Lesbarkeit aus. Die Serifen sind weniger stark konkav, nicht mehr so fein geschnitten, wirken aber dennoch nicht derart kontrastreich, wie dies bei den späteren Antiqua-Varianten der Fall ist. Bekannte Beispiele für diese Schriftklasse sind *Garamond* (s. Abbildung 2.8), *Bembo*, *Palatino*.

Klassizistische Antiqua: Klassizismus, eine dominierende Richtung in der Architektur und Kunst im späten 18. Jahrhundert, brachte die klassizistischen Merkmale in die Schriften ein. Diese Schriftklasse zeichnet sich insbesondere durch sehr klare geometrische Formen und einen starken Kontrast aller Elemente aus. Die Serifen sind meistens absolut gerade und im Vergleich zu

den anderen Schriftklassen eher schmal. Die Ovalen z. B. beim Buchstaben »o« sind waagerecht und symmetrisch. Typische Schriften dieser Klasse sind *Bodoni* (s. Abbildung 2.9), *Didot*, *Walbaum*, *Computer Modern*.

Im 19. Jahrhundert, bedingt durch den steigenden Bedarf an Auszeichnungsschriften, beispielsweise für die Plakatwerbung, wurde mit ganz neuen Formen und Konzepten bei der Entwicklung von neuen Schriften experimentiert. Aus den Schriften der Klassizistischen Antiqua haben sich mit der Zeit neue Schriftklassen entwickelt, die sich insbesondere durch die Darstellung der Serifen unterschieden haben: die Egyptienne Schriften und die Grotesken Schriften (s. Abbildung 2.10). Die Klasse der Egyptienne Schriften zeichnet sich durch die extra betonten Serifen aus, die meistens die gleiche Strichstärke, wie die Buchstaben selbst haben. Der komplette Verzicht auf die Serifen war für das damalige Verständnis von Schriftformen sehr außergewöhnlich, daher ist die serifenlose Schriftklasse unter der Bezeichnung Groteske Schriften bekannt geworden.

Groteskschriften: Die Schriften dieser Schriftklasse besitzen keine Serifen und haben eine sehr einheitliche Strichdicke. Die Buchstaben wirken dadurch betont einfach und schlicht. Die Groteskschriften sind oft als Auszeichnungsschrift in größeren Kegeln, beispielsweise bei der Navigation in Gebäuden oder auf Autobahnen, zu finden. Diese Schriften eignen sich aber auch besonders für den Satz in kleinen Punktgrößen und bei einer geringen Auflösung. Aus diesem Grund benutzen viele moderne Computerprogramme Groteskschriften als Standardschrift für ihre Benutzerschnittstellen. Bekannte Schriften der Klasse sind Helvetica, Frutiger, Gill, Arial (s. Abbildung 2.11).

Avantgarde Schriften: Wie bereits in der Renaissance im 16. Jahrhundert sind viele Schriften dieser Schriftklasse ebenfalls nach bestimmten Kriterien künstlich konstruiert. Dabei spielten insbesondere die Ideale vom Bauhaus eine entscheidende Rolle. Dadurch sind neue Schriften mit einfachen Strukturen, strenger geometrischer Optik und zum Teil auffallenden Formen entstanden. Nach dem Zweiten Weltkrieg sind diese Ideen zum Teil unter der Bezeichnung »Schweizer Typografie« vereinigt

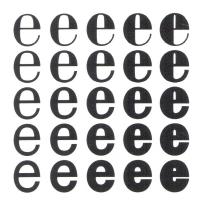


Abbildung 2.10: Entwicklung von Groteskschriften aus der Klassizistischen Antiqua.



Abbildung 2.11: Buchstabe »M« in der Schrift *Arial* (Groteskschriften).



Abbildung 2.12: Buchstabe »M« in der Schrift *Bauhaus 93* (Avantgarde Schriften).

2 Entwicklung der Schriften

worden. Bekannte Beispiele für diese Schriftklasse sind *Futura*, *Kabel*, *Bauhaus* (s. Abbildung 2.12).

Historisch gesehen ist vor allem die Unterteilung in Antiqua- und gebrochene Schriften von Bedeutung. In Deutschland wurden bis Mitte des 20. Jahrhunderts gebrochene Schriften primär für deutschsprachige Texte verwendet, obwohl in den anderen europäischen Ländern vorwiegend bereits Antiqua-Schriften im Gebrauch waren.³⁸ Die Verwendung von gebrochenen Schriften wurde in Deutschland schließlich im Jahr 1941 durch den so genannten »Normalschrifterlass« verboten.

38. Diese Auseinandersetzung wird der »Antiqua-Fraktur-Streit« genannt.

Die Benutzung von gebrochenen Schriften ging mit der Zeit immer stärker zurück, so dass heute diese Schriftklasse kaum noch verwendet wird. Die westliche Typografie wird von den Antiqua-Schriften dominiert und daher gilt heute das Vorhandensein von Serifen als das wichtigste Unterscheidungsmerkmal bei der Klassifizierung von Schriften.

2.4 ENTWICKLUNG DER DRUCK- UND SETZTECHNIK

Die Drucktechnik verbreitete sich bereits Ende des 15. Jahrhunderts aus Deutschland zunächst nach Italien und später auf das restliche Europa. Mit der Zeit wurden verschiedene Drucktechniken entwickelt und perfektioniert. Im Folgenden werden die vier wichtigsten vorgestellt:³⁹

39. Für weitere Informationen s. z. B.
Frutiger [11, S. 91 ff.] und
Funke [12, S. 199 ff.].

Hochdruck – die Buchstaben werden meistens aus Metall gegossen und sind höher als die nicht zu bedruckenden Stellen. Die Farbe wird anschließend auf die erhabenen Buchstaben aufgetragen. Werden nun die Buchstaben auf den Bedruckstoff gedruckt, bilden sich an den entsprechenden Stellen Farbabdrücke. Diese Drucktechnik war lange Zeit, vor allem im Buchdruck, die am meisten verbreitete Technik.

Tiefdruck – die Buchstaben werden in eine Metallplatte eingraviert bzw. eingeätzt und sind somit niedriger als die nicht zu bedruckenden Stellen. Die Farbe wird in die Vertiefungen eingetragen und durch den anschließend ausgeübten Druck aus den tieferen Stellen heraus vom Bedruckstoff gesaugt. Diese Technik wird auch Kupferstich genannt und ist vor allem im Illustrationsdruck verbreitet.

Flachdruck – die zu bedruckenden Stellen liegen bei dem Verfahren in einer Ebene mit den nichtdruckenden Stellen. Die Buchstabenform wird mit einer fetthaltiger Farbe auf die Druckform aufgetragen. Anschließend wird der in der Regel angefeuchtete Bedruckstoff auf die Druckform gepresst. Durch die Abweisung von Fett und Wasser bleibt die Farbe nur an den gewünschten Stellen haften. Handelt es sich bei der Druckform um Stein, wird das Verfahren Lithografie genannt. Dieses Prinzip wird bei vielen modernen Druckmaschinen als Offsetdruck verwendet.

Siebdruck – auch als Durchdruck bezeichnet. In einer Schablone aus einem für die Druckfarbe undurchlässigem Material werden Einschnitte gemacht, die beispielsweise die Buchstabenform wiedergeben. Durch diese Einschnitte gelangt die Druckfarbe auf das Bedruckstoff und gibt so die Form der Schablone wieder.

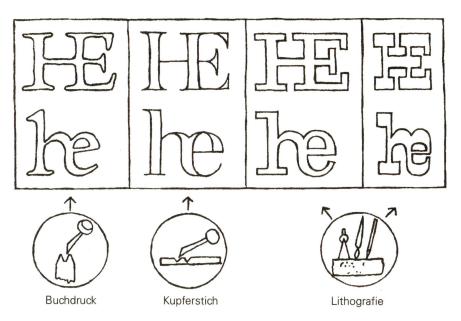


Abbildung 2.13: Einfluss der Druckverfahren auf die Schriften.

Die verschiedenen Drucktechniken hatten jeweils einen ganz speziellen Einfluss auf die Form der Buchstaben gehabt. Die Möglichkeit, beim Tiefdruck die Formen der Buchstaben sehr fein zu gestalten, erlaubte die Entwicklung neuer Buchstabenformen, die sich durch 40. Vgl. den Abschnitt über die Klassizistische Antiqua auf Seite 12.

eine besondere Feinheit der Linien auszeichnen.⁴⁰ Die Abbildung 2.13 zeigt den Einfluss der verschiedenen Druckverfahren auf die Form der Schriften. Einige Drucktechniken, wie beispielsweise der Flachdruck, erforderten nicht mehr den Einsatz von physischen Typen und erlaubten somit eine kostengünstige Methode, neue Schriften zu entwerfen und einzusetzen.

Im Laufe der Geschichte entwickelte sich die Druck- und später auch die Setztechnik rasant weiter. Adrian Frutiger sagte dazu: »Am Anfang unserer Geschichte ritzte eine Hand bildhafte Zeichen in Stein, vielleicht drei oder vier in einer Stunde. Heute werden von elektronischen Maschinen Millionen von Buchstaben pro Stunde gesetzt.«⁴¹ Diese Entwicklung ist nicht künstlich, sondern beruht vor allem auf den gestiegenen Bedarf an Informationsspeicherung, Wissensweitergabe und Kommunikationsanforderungen von der Gesellschaft. Die Gedanken der Aufklärung im 18. Jahrhundert und die industrielle Revolution im 19. Jahrhundert waren für den stetig steigenden Informationsbedürfnis der Bevölkerung verantwortlich. Eine weitere Modifizierung der Drucktechnik und der Druckmaschinen war daher erforderlich. Es wurden Schnellpressen, Rotationsmaschinen und Maschinen für die Herstellung von Papier erfunden und bei Verlagen und Druckereien eingesetzt.

Mit der Zeit konkretisierte sich eine Schwierigkeit, mit der bereits Gutenberg zu kämpfen hatte: Das Setzen einer ganzen Seite aus Typen verbrauchte im Vergleich zu der Zeit des Drucks verhältnismäßig immer mehr Zeit. Geübte Setzer brauchten für das Handsetzen einer Seite von 30 Zeilen und einer Spaltenbreite von 9 cm etwa eine ganze Stunde. Das entsprach etwa 1.600 gesetzten Typen pro Stunde. Zusätzlich musste noch die Zeit für das Zurücklegen der Buchstaben in die Setzkasten hinzugerechnet werden. Hierfür wurde ca. ein Drittel der Setzzeit verbraucht.⁴² Es mussten Lösungen entwickelt werden, um das Setzen zu beschleunigen und der Geschwindigkeit der Druckmaschinen gerecht zu werden.

Ende des 19. Jahrhunderts wurde von dem deutschen Uhrmacher Ottmar Mergenthaler eine mechanische Maschine — »Linotype«⁴³ genannt — entwickelt, die eine ganze Zeile weitgehend automatisch setzte und zum Blocksatz formatierte. Dabei wurden vorgefertigte Buchstabenmatrizen durch das Drücken einer Tastenkombinationen zu einer Zeile aneinander gereiht. Anschließend wurde ein Abdruck

41. Frutiger [11, S. 106].

42. Vgl. Genzmer [13, S. 71 ff.].

43. Vom Englischen »line of type«.

von der so zusammen geformten Zeile gegossen. Die Matrizen wurden im letzten Schritt automatisch zurück an die ursprünglichen Positionen im Magazin befördert. Dank des Einsatzes von Linotype konnte die Geschwindigkeit des Setzens im Vergleich zum Handsetzen etwa vervierfacht werden. Urch den Einsatz von weiteren speziellen Gießmaschinen für die Herstellung von einzelnen Typen, genannt »Monotype«, könnte die Geschwindigkeit nochmals auf ca. 10.000 Zeichen pro Stunde erhöht werden. Zudem erfolgte die Eingabe bei diesen Maschinen über Lochkarten. Durch die Archivierung von Lochkarten ist es damit zum ersten Mal möglich geworden, den erstellten Satz für ein Schriftstück dauerhaft speichern zu können und bei Bedarf erneut gießen zu lassen.

Eine weitere bedeutende Veränderung der Setztechnik kam Mitte des 20. Jahrhunderts mit der Entwicklung des Fotosatzes. Das Zusammensetzen einer Zeile erfolgte weiterhin durch das Drücken bestimmter Tastenkombinationen bzw. über die Eingabe über Lochstreifen. Die Matrizen der Buchstaben bestanden dagegen aus lichtdurchlässigen Materialien. Diese wurden belichtet und ergaben auf einer photoempfindlichen Druckplatte die Abbildung des zu druckenden Werkes. Kombiniert mit dem Einsatz von Lochkarten, konnte die Geschwindigkeit auf bis zu 40.000 Zeichen pro Stunde gesteigert werden. Die Tabelle 2.2 zeigt die durchschnittliche Setzgeschwindigkeit bei den verschiedenen Techniken.

In einem weiteren Entwicklungsschritt kamen die Druckvorlagen nicht mehr aus einer Sammlung von physisch vorhandenen Matrizen, sondern aus den digitalen Datensätzen. Es mussten Algorithmen und Modelle entwickelt werden, um die komplexe Form eines Buchstabens im Computer speichern und darstellen zu können. Knuth⁴⁶ sagt dazu »[...] the problem of printing beautiful books had changed from a problem of metallurgy to a probelm of optics and then to a problem of computer science.«⁴⁷ Im folgenden Kapitel werden Schwierigkeiten der Speicherung und Darstellung der Schrift in digitalen Formaten beleuchtet und analysiert.

44. Vgl. Genzmer [13, S. 86].

45. Vgl. Funke [12, S. 192 f.].

	Zeichen
Handsetzen	1.600
Linotype	6.000
Monotype	10.000
Fotosatz	40.000

Tabelle 2.2: Durchschnittliche Geschwindigkeit des Setzens pro Stunde.

7 - : - 1- - -

46. Prof. Donald Ervin Knuth (geboren 1938) – Entwickler des Textsatzsystems TeX und METAFONT.

47. Vgl. Knuth [19, S. 7].

SCHRIFTEN IN DER DIGITALEN WELT

»Die Schrift war überhaupt kein Problem.«

Entwickler für Sichtgeräte (aus Karow [17, S. 3])

3

DIESES KAPITEL zeigt im ersten Teil die langen Bestrebungen der Menschheit, Schriften nach strengen mathematischen Gesetzen konstruieren zu können und stellt danach ausführlich die verschiedenen Formate zur digitalen Speicherung der Schriften dar. Ferner wird auf die verschiedenen Möglichkeiten der Digitalisierung von den bereits vorhandenen analogen Schriften eingegangen. Zum Schluss werden kurz die Standards für die Verarbeitung von Schriften sowie die rechtlichen Aspekte beleuchtet.

3.1 MATHEMATISCHE KONSTRUKTION DER SCHRIFTEN

Wie bereits im ersten Kapitel angesprochen, veränderte sich die Form der Buchstaben abhängig von Epoche und kulturellen Einflüssen der Zeit stark. Dabei existierte schon seit Jahrtausenden der Wunsch, die Schriften mathematischen konstruieren und beschreiben zu können.

Eines der ersten Beispiele für eine solche Konstruktion ist die Schrift *capitalis monumentalis*. Diese Schrift aus dem 2. Jahrhundert wurde vorwiegend in Italien für die Erstellung der Inschriften auf Stein verwendet und zeigt eine für die damalige Zeit einmalige Geradlinigkeit und Klarheit der Formen. Die Abbildung 3.1 zeigt beispielhaft die Konstruktion der Buchstaben »M« und »O« sowie die Abhängigkeiten der Buchstabenformen, die dabei entstanden sind. Es wird deutlich, dass die Konstruktion nicht alleine den ästhetischen Ansprü-

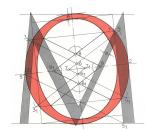


Abbildung 3.1: Die Konstruktion der Schrift capitalis monumentalis am Beispiel der Buchstaben »M« und »O«.

48. Eine sehr detaillierte Analyse der Schrift im Hinblick auf die Proportionen ist bei Ohlsen [24] zu finden. chen genügen musste, sondern auch nach klar festgelegten Regeln zu erfolgen hatte. Die Abbildung 3.2 zeigt ein Ausschnitt der Trajanssäule in Rom mit der gut erhaltenen *capitalis monumentalis*.⁴⁸ Bis heute gilt



Abbildung 3.2: Schriftzug von der Trajansäule in Rom in capitalis monumentalis.

die *capitalis monumentalis* als Meisterwerk der Schriftkunst und war insbesondere zur Renaissancezeit die Grundlage und Inspiration für die Entwicklung von zahlreichen weiteren Schriften.

In der Renaissancezeit, also etwa im 15. und 16. Jahrhundert, griffen zahlreiche Künstler und Architekten die Ideen und Ideale der Antike erneut auf. Einfache geometrische Grundformen, wie Kreis oder Quadrat dienten wieder als Grundlage für die Entwicklung von Schriften. Die Arbeiten von Künstlern der Renaissancezeit in der Abbildung 3.3 zeigen deutlich den Wunsch, die Buchstaben ausgehend von geometrischen Konstruktionen beschreiben zu wollen. Neudörffer, Dürer und Pacioli versuchten beispielsweise die Serifen bei den Buchstaben durch Kreise zu beschreiben und dadurch eine Gesetzmäßigkeit bei der Konstruktion dieser zu erreichen. Die Arbeiten in dieser Richtung führten letztendlich im späten 17. Jahrhundert zur Erstellung einer vollständigen Schriftfamilie, inklusive Minuskel, Ziffern und sonstigen Symbolen, die ausschließlich aus konstruierten Schriften bestand. Diese für den französischen König Ludwig den XIV. erstellte Schriftfamilie ist unter dem Namen »Royal Alphabet« bekannt geworden.⁴⁹

49. Vgl. Knuth [19, S. 37 ff.].

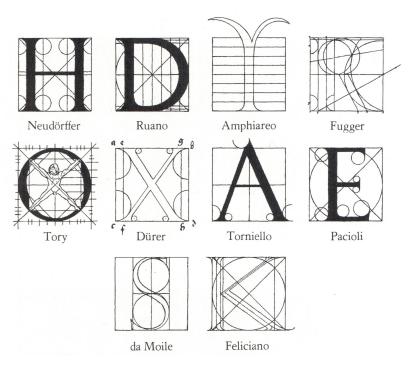


Abbildung 3.3: Konstruktion von Buchstaben zur Renaissancezeit.

Durch die weitere Entwicklung der Technik, insbesondere durch die Einführung von Fotosatz und später von Computern, ist der Bedarf an Typen, die nicht mehr physisch vorhanden, sondern digital gespeichert waren, stark gestiegen. Lange Zeit waren jedoch keine mathematischen Modelle bekannt, die die komplexen Formen der Buchstaben exakt genug durch z. B. Funktionen hätten abbilden und diese digital zur Verfügung stellen können. Es mussten folglich neue Algorithmen und Verfahren hierzu entwickelt werden.

Wird von den bereits vorhandenen Schriften ausgegangen, so besteht die Grundproblematik bei der Digitalisierung und Speicherung von Schriften darin, eine Kurve zu konstruieren, die durch mehrere Punkte geht und dabei bestimmte Kriterien erfüllt. Knuth definiert dabei sechs Kriterien bzw. Merkmale, die von solchen mathematischen Funktionen erfüllt sein müssen, um ein geeigneter Kandidat zur Beschreibung der Buchstabenform sein zu können. ⁵⁰ Diese Kriterien sind:

- **1. Invarianz**: Bei einer Verschiebung oder Rotation der Punkte, wird die Kurve selbst (MPC) in der gleichen Art geändert. Es gilt: $MPC(\alpha z_1 + b, ..., \alpha z_n + b) = \alpha MPC(z_1, ... z_n) + b.$
- 2. Symmetrie: Eine zyklische Permutation der Punkte ist möglich.

50. Knuth beschreibt eine solche Funktion als »the most pleasing curve« (MPC), vgl. Knuth [19, S. 39 ff.]. 3 Schriften in der digitalen Welt

Folglich gilt: $MPC(P_1, P_2, P_3, P_4) = MPC(P_2, P_3, P_4, P_1)$. Das gilt im Allgemeinen nur dann, wenn die Kurve im gleichen Punkt beginnt und wieder endet.

- 3. Erweiterbarkeit: Hinzufügen von einem neuen Punkt (z), der ebenfalls auf der Kurve liegt, verändert nicht die Position der Kurve. Es gilt: $MPC(z_1,...z_k,z,z_{k+1},...,z_n) = MPC(z_1,...,z_n)$
- 4. Lokalität: Die Position der Kurvenabschnitte hängt nur von der Position der unmittelbar in der Nähe liegenden Punkte ab.
- 5. Glattheit: Die Kurve ist in allen Punkten differenzierbar. Es ist also möglich eine eindeutige Tangente in allen Punkten der Kurve zu bilden.
- 6. Rundheit: Punkte, die auf einem Kreis liegen, sind durch eine solche Kurve beschreibbar. Es ist also möglich einen Kreis mit Hilfe einer solchen Funktion darzustellen.

Erst im 20. Jahrhundert wurden geeignete mathematische Modelle entwickelt, die diese Kriterien weitgehend erfüllt haben. Es ist möglich mit Hilfe von beispielsweise kubischen Bézierkurven die Kriterien 1 bis 5 zu erfüllen. Leider ist eine exakte mathematische Konstruktion von einem Kreis mit Hilfe von Bézierkurven weiterhin nicht möglich.

3.2 FORMATE ZUR SPEICHERUNG VON SCHRIFTEN

Im Gegensatz zu der möglichen ersten Überlegung besteht eine Schrift in der Regel nicht nur aus Buchstaben, sondern aus einer ganzen Reihe von zusätzlichen Zeichen und Zusatzinformationen. Karow⁵¹ beschreibt in seinem Buch über die digitalen Schriften [17, S. 47 ff.] die Bestandteile einer typischen Schrift wie folgt:

- Buchstaben des jeweiligen Alphabets: Versalien und Minuskeln
- Satzzeichen, beispielsweise . ,!?;:%
- Akzente bei den Buchstaben, z. B. à, á, â
- Versal- sowie Mediävalziffern⁵²
- Ligaturen, z. B. fi, ffi, ttf usw.

51. Dr. Peter Karow (geboren 1940)
 – Partner und Entwickler bei URW;
 Autor von zahlreichen Büchern unter anderem Karow [17] und Karow [18].

52. *Mediävalziffern* – Ziffern mit Ober- und Unterlängen: 123456...

- Mathematische Symbole: bei der Schrift AMS Euler beispielsweise gibt es über 900 verschiedene Symbole und Zeichen, wie \sum , \int , α , ∞ usw.
- Spezielle Zierbuchstaben, z. B. N, B, A
- Dicktentabellen⁵³ zur Erfassung der Breite einzelner Buchstaben
- Unterschneidungstabellen, eventuell sogar für alle Buchstabenpaare, wie z.B. beim Unternehmen URW

53. *Dickte* – Breite eines Buchstabens inklusive Vor- und Nachbreite.

Diese Zusammensetzung gilt jeweils nur für einen Schriftschnitt, wobei eine typische Schrift meistens aus mehreren Schriftschnitten besteht. Dazu gehören typischerweise folgende Varianten: *kursiv*, fett, Kapitälchen und eventuell eine groteske Variation. Die benötigte Anzahl von Glyphen⁵⁴ einer kompletten Schriftfamilie ist somit meisten sehr hoch und erreicht bei gut ausgebauten Schriften oft mehrere Tausend Glyphen. Die in der aktuellen Arbeit verwendete freie Schriftfamilie Linux Linotype⁵⁵ enthält mehr als 2.000 Glyphen und zahlreiche zusätzliche Informationen, wie z. B. umfangreiche Unterschneidungstabellen.

54. *Glyphe* – die grafische Repräsentation eines typografischen Zeichens, z. B. eines Buchstabens.

55. Vgl. die offizielle Internetpräsenz von Linux Libertine [26].

Zur Zeit des Bleisatzes musste diese Fülle an Glyphen physikalisch in Form von metallischen Typen und zudem noch für jede gewünschte Kegelgröße eigens erstellt werden. Abhängig von der Häufigkeit ihrer Verwendung mussten die Buchstaben zusätzlich mehrfach im Setzkasten vorhanden sein. Die Anzahl der gegossenen Buchstaben für eine komplette Schriftfamilie lag demnach bei ca. 60.000 Typen.⁵⁶

Bei der digitalen Verarbeitung und Speicherung von Schriften ist dagegen die Anzahl der Glyphen, die gespeichert werden müssen, um einiges geringer. So muss jeweils nur eine Repräsentation eines jeden Buchstabens im Speicher digital abgelegt werden. Durch geeignete Methoden lassen sich außerdem verschiedene Kegelgrößen aus nur einer Repräsentation des Glyphen skalieren. Die digitale Speicherung von Buchstaben erlaubt zudem die bereits erstellten Schriften bei Bedarf nachträglich anzupassen.

56. Etwa 100 Buchstaben, Ziffern und Satzzeichen ergeben bei 10 verschiedenen Kegelgrößen, 4 Schriftschnitten und im Durchschnitt 15 gegossenen Typen pro Buchstabe insgesamt etwa 60.000 Typen.

Mit der Zeit sind zahlreiche Formate zur Speicherung von Schriften entstanden, die grob in folgende zwei Gruppen unterteilt werden können:

 Rasterbasierte Formate: dazu gehören vor allem Bitmaps, Bytemaps und die Lauflängenkodierung 2. Vektrobasierte Formate: dazu gehören beispielsweise Vektorlinien und Bézierkurven

Im Folgenden werden die gängigen Formate zur Speicherung von Schriften näher erläutert und miteinander verglichen.⁵⁷

57. Für nähere Informationen siehe z. B. Karow [17, S. 59 ff.].

3.2.1 Bit-& Bytemaps

Die Verwendung von *Bitmaps* ist die einfachste Methode, Schriften auf einem Computer digital zu speichern. Die Methode wurde vor allem bei den ersten digitalen Sichtgeräten eingesetzt. Dabei wird für alle Zeichen jeweils ein rechteckiges Raster angelegt. Die Breite des Rasters ist gleich der Dickte des (breitesten) Buchstabens und die Höhe des Rasters entspricht der jeweiligen Kegelhöhe. Pro Rasterpunkt wird anschließend entweder eine »o« oder eine »1« kodiert und abgespeichert (s. linkes Bild in der Abbildung 3.4). Je nach Definition bedeutet entweder die »o« oder die »1« anschließend das Setzen von einem sichtbaren Punkt auf einem Bildschirm, Drucker oder auf einem anderen Ausgabegerät. Es muss somit keine spezielle Umrechnung für die eigentliche Ausgabe des Zeichens zusätzlich erfolgen. Eine

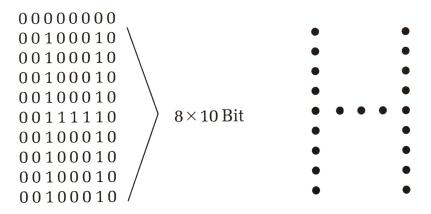


Abbildung 3.4: Verwendung von Bitmaps.

Weiterentwicklung der Methode ist die Verwendung von so genannten *Bytemaps*. Dabei wird pro Rasterpunkt mehr als nur ein Bit an Information gespeichert. Ein Byte kann bis zu $2^8 = 256$ verschiedene Werte annehmen. So ist es möglich bei einer Schrift unterschiedliche Farben und vor allem Graustufen wiederzugeben. Ein häufig benutztes Verfahren ist die Umrechnung von größeren *Bitmap*-Rastern auf

kleinere *Bytemap*-Raster. Der Ablauf des Verfahrens sieht dabei wie folgt aus:

- 1. Gegeben ist ein für einen Buchstaben beispielsweise 400×480 Punkt großer Raster, bestehend aus Bitmap-Werten.
- 2. Der Raster wird in kleinere Flächen von der Größe 16×16 Punkte unterteilt.
- 3. Bei allen diesen Flächen werden die vorhandenen Bitmap-Werte jeweils aufsummiert. Für jedes dieser 16×16 Flächen ist das Ergebnis demnach eine Zahl zwischen o und 256.
- 4. Die resultierenden Werte bilden die Grundlage für ein neues kleineres Raster von der Fläche 25 \times 30-Punkte. 58

Die Werte im kleineren neuen Raster werden nun als Grauwertinformationen interpretiert (s. Abbildung 3.5). Dadurch ist es beispielsweise möglich, sanftere Übergänge an den Rändern von Buchstaben zu zeichnen und die Kanten insgesamt weniger kontrastreich erscheinen zu lassen. Diese Technik, die auch Antialiasing genannt wird, bietet insbesondere große Vorteile bei der Darstellung von Texten bei einer geringen Bildauflösung, beispielsweise auf Computermonitoren.

Die Qualität der Darstellung von Bit- und Bytemaps hängt im Wesentlichen davon ab, wie fein die Rasterung pro Buchstabe ist. Die mit dem Editor FontForge erstellten Abbildungen 3.6 und 3.7 zeigen anschaulich, wie stark sich die Qualität der Ausgabe der Bitund Bytemaps in Anhängigkeit von der Anzahl der Rasterpunkte unterscheidet. Das Bild ganz links in der Abbildung 3.6 zeigt den Buchstaben »S« in der Schrift Linux Libertine in einem Raster von lediglich 5 imes 10 Punkten. Die Form des Buchstabens ist dabei nur sehr schwer zu erkennen. Bei den derart kleinen Rasterungen sind nahezu alle Schriften nicht mehr von einander zu unterscheiden und sehen in etwa wie das vorgestellte Bild aus (s. auch die Tabelle 3.1). Im nächsten Bild rechts steigt die Rasterung auf 10 × 20 Punkten. Der Buchstabe ist nunmehr wesentlich besser zu erkennen und einige Besonderheiten der Schrift werden sichtbar. Insbesondere ist zu erkennen, dass es sich bei der Schrift um eine Schrift mit Serifen handelt.⁵⁹ Bei einer Steigerung auf 25 \times 50 und insbesondere auf 50 \times 100 Punkte werden die Besonderheiten der Schrift noch wesentlich besser dargestellt. 58. Vgl. Karow [17, S. 63].

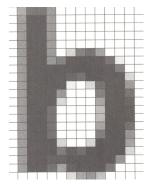


Abbildung 3.5: Bytemap des Kleinbuchstaben »b« bei einem Raster von 25×30 Punkte.

Anzahl	Auflösung
1	6 × 6
ca. 40	16 × 16
> 1.000	54×54

Tabelle 3.1: Anzahl von unterscheidbaren Schriften bei verschiedenen Auflösungen des Rasters.

59. Linux Libertine ist einer Antiqua aus dem 19. Jahrhundert nachgeahmt worden.



Abbildung 3.6: Buchstabe »S« der Schrift Linux Libertine in unterschiedlichen Bitmap-Auflösungen; von links nach rechts in einem Raster von jeweils 5 \times 10, 10 \times 20, 25 \times 50, 50 \times 100 Punkten pro Buchstaben und 1 Bit pro Rasterpunkt; die Abbildung ganz rechts zeigt zum Vergleich die Darstellung im Vektorformat.



Abbildung 3.7: Im Vergleich dazu ebenfalls der Buchstabe »S« der Schrift Linux Libertine in den unterschiedlichen Bytemap-Auflösungen mit jeweils 8 Bit Information pro Rasterpunkt; die Abbildung ganz rechts zeigt zum Vergleich die Darstellung im Vektorformat.

Der Verlauf der Kurven ist zudem nicht mehr so stark gepixelt. Im Vergleich zu den Bitmap-Darstellungen zeigt das Bild ganz rechts denselben Buchstaben in einem Vektorformat.⁶⁰

Die Abbildung 3.7 zeigt die gleichen Rasterungen angewendet auf ein Bytemap-Format. Bei kleinen Auflösungen um etwa 5×10 Punkten und hohen Kegelgrößen ist das Ergebnis von Bytemaps sogar schlechter, als dies bei einem Bitmap der Fall ist. Der Buchstabe »S« im Bild ganz links wirkt vielmehr wie eine Folge von grauen Quadraten. Erst bei einer größeren Rasterung werden die Vorteile des Bytemap-Formats deutlich. Noch besser wirkt das Format bei einer kleineren Kegelgröße. 61

Zusammenfassend ist der wesentlicher Nachteil der Bit- und Bytemaps als Format für die Speicherung von digitalen Schriften ist vor allem die fehlende Möglichkeit der Skalierung. Ist die Rasterung auf beispielsweise 100 × 120 Punkten vorgegeben, so bleibt diese fest, unabhängig von der möglichen Qualität des Ausgabegeräts. Soll nun die Schrift auf einem hochauflösenden Drucker mit z. B. 2400 dpi⁶² ausgegeben werden, wird der Bitmap-Raster gegebenenfalls linear vergrößert. Diese Skalierung bringt keine Verbesserung der Qualität mit sich und obwohl das Ausgabegerät eine deutlich feinere Druck-

60. In der gedruckten Version der Arbeit wird die Darstellung im Vektorformat auf die Auflösung des Druckers herunter skaliert.

 Bytemaps werden daher oft für das Rendering von Texten bei geringer bis mittlerer Auflösung verwendet.

62. *dots per inch* – Punkte pro Zoll; 1 Zoll = 2,54 cm. qualität ermöglichen würde, wird die vordefinierte Rasterung des Buchstabens verwendet. Eine Skalierung kann unter Umständen sogar deutliche Qualitätsverluste verursachen, wenn der neue vergrößerte Raster nicht deckungsgleich mit dem ursprünglichen Raster ist. Ein zweiter entscheidender Nachteil des Formats ist der hohe Speicherverbrauch. Schon bei einer kleinen Auflösung von 100 × 120 Punkte belegt ein Buchstabe etwa 12 Kbit Speicherplatz. Um Qualitätsverluste zu vermeiden, sollen zudem für alle einzusetzenden Kegelgrößen jeweils eigene Bitmaps vorhanden sein. Der benötigte Speicherbedarf steigt somit quadratisch bei einer Verdoppelung der Kegelgröße.

Mbit Speicher benötigt.

n
e

63. Für eine Schrift aus nur 128 Buchstaben und Zeichen werden ca. 1,5

Die Bitmaps werden als Speicherformat für Schriften vor allem bei Geräten mit einer geringen Rechenkapazität, wie beispielsweise digitalen Anzeigen der Taschenrechner, eingesetzt. Als Ausgabeformat sind die Bit- und Bytemaps dagegen sehr verbreitet. Computermonitore, Fernsehgeräte oder Drucker haben eine fest definierte Auflösung und folglich ein Raster. Auch wenn die meisten Schriften intern in einem anderen Format gespeichert werden, findet bei der Ausgabe eine Umrechnung in Rasterformate wie Bit- und Bytemaps statt.

3.2.2 Lauflängenkodierung

Ähnlich zu den Verfahren der Speicherung von Bild- und Musikdaten wird bei den Formaten für digitale Schriften ebenfalls die Lauflängenkodierung angewendet. Dieses Verfahren bietet eine verlustfreie Kompression der Bit- und Bytemaps, ermöglicht dadurch eine Reduzierung des Speicherbedarfs und ist zudem einfach und schnell umzusetzen.

Die Bit- bzw. Bytemap-Werte der jeweiligen Buchstaben werden dabei nicht mehr Punkt für Punkt im Raster gespeichert, sondern es wird lediglich die Veränderung von »o« zu »1« und umgekehrt definiert. Alle redundanten Informationen über die Zusammensetzung des Buchstabens werden dadurch weggelassen, wobei keine relevanten Informationen verloren gehen. Die Speicherbelegung kann durch diese Methode um ein Vielfaches reduziert werden. Im Mittel nimmt ein Buchstabe im lateinischen Alphabet etwa 47% der Breite der Dickte ein. In diesen 47% gibt es bei einem Bitmap pro Rasterspalte etwa 3,5 Mal ein Wechsel von »o« zu »1« und umgekehrt.⁶⁴ Wird pro Wechsel ein Byte für die Speicherung der Koordinaten benötigt, belegt

64. Karow [17, Vgl. S 65 f.].

65. Berechnung Speicherverbrauch: 100 \cdot 0, 47 \cdot 3, 5 \cdot 8 = 1.316 Bit + Verwaltungsdaten von ca. 400 Bit \simeq 1.800 Bit.

mit Lauflängen im Schnitt etwa 1.800 Bit. Es findet demnach eine Verkleinerung des benötigten Speicherplatzes im Vergleich zu den Bitmaps um mehr als den Faktor 6 statt (s. auch die Tabelle 3.2).

Trotz der wesentlichen Verkleinerung des Speicherbedarfs bleibt auch bei der Lauflängenkodierung die Problematik der fehlenden Ska-

ein Buchstabe bei einem Raster von 100 × 120 und der Kodierung

Trotz der wesentlichen Verkleinerung des Speicherbedarfs bleibt auch bei der Lauflängenkodierung die Problematik der fehlenden Skalierbarkeit. Ähnlich wie bei den Bitmaps muss entweder für alle Kegelgrößen eine entsprechende Lauflängen-Kodierung existieren oder es muss mit Verlusten bei einer Vergrößerung des Kegels gerechnet werden. Durch den Einsatz von vektorbasierten Verfahren können diese Probleme gelöst werden. Diese Verfahren werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

3.2.3 Vektorlinien

Mit Hilfe von Vektoren lassen sich geometrische Formen skalierbar beschreiben. Um einen Vektor definieren zu können, werden ein Startpunkt P_o und ein Endpunkt P₁ benötigt. Folglich wird ein Vektor definiert durch:

$$P_{o} = (x_{1}, y_{1}), P_{1} = (x_{2}, y_{2}) \text{ bzw. } \vec{v} = \begin{pmatrix} x_{2} - x_{1} \\ y_{2} - y_{1} \end{pmatrix}$$

Es wird zwischen offenen und geschlossenen Vektorformaten unterschieden. Bei einem geschlossenen Vektorformat sind die Vektoren zusammenhängend, beginnen und enden in einem Punkt und formen dadurch eine geschlossene Fläche. Bei einem offenen Vektorformat dagegen werden diese Voraussetzungen nicht erfüllt. Für die Speicherung von Buchstaben bieten die geschlossenen Vektoren den Vorteil, dass die Buchstaben leichter transformierbar sind. Dadurch ist es möglich, die Buchstaben bei Bedarf leicht zu verformen bzw. zu drehen. Wird auf Vektoren als Format zur Speicherung von digitalen Schriften zurückgegriffen, werden daher gewöhnlich geschlossene Vektorformate verwendet.

Bei diesen Verfahren ist die Idee, mit Vektoren die äußere Hülle des Buchstabens zu erschließen. Die Stellen innerhalb, der durch die Vektoren eingegrenzten Fläche werden mit Farbe ausgefüllt und bilden die eigentliche Form des Buchstabens. Da für die Definition eines Vektors nur zwei Koordinaten für den Startpunkt und zwei Koordinaten für

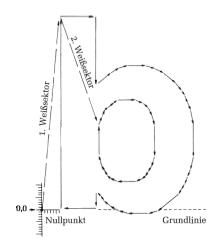


Abbildung 3.8: Beispiel für ein geschlossenes Vektorformat.

	Bits
Bytemaps	96.000
Bitmaps	12.000
Lauflängen	1.800
Vektoren	480

Tabelle 3.2: Mittlerer Speicherplatzverbrauch pro Buchstaben bei einer Rasterung von 100 imes 120 Punkten.

den Endpunkt benötigt werden, verbrauchen die Vektorlinien wenig Speicherplatz im Vergleich zu beispielsweise Bitmaps. Simulationen bei URW haben ergeben,⁶⁶ dass jeweils 4 Bits für einen Koordinaten optimal sind, um Vektoren mit einem möglichst kleinem Speicherbedarf beschreiben zu lassen. Ein Vektorpunkt benötigt daher 8 Bit und der gesamte Vektor 16 Bit an Speicherplatz.

Da die Vektoren nach Definition geradlinig sind, ist die große Schwierigkeit, die Rundungen der Buchstaben korrekt umzusetzen. Um trotzdem eine möglichst gute Annäherung an die eigentliche Form des jeweiligen Buchstabens zu ermöglichen, werden die Rundungen aus sehr vielen kleinen geradlinigen Vektoren zusammengesetzt. Dabei sind die Vektoren in den Rundungen bei einem Raster von beispielsweise 400 × 400 Punkten häufig kaum länger als 13 Punkte. Es wird folglich eine große Anzahl von derartigen Vektoren benötigt, um komplexe Buchstabenformen beschreiben zu können. Der benötigter Speicherplatz für diese Vektoren in den Rundungen beträgt etwa 90 % des insgesamt benötigten Speicherplatzes für einen Buchstaben. Er Zusätzlich werden häufig spezielle Vektoren benötigt, die keine Informationen über die Buchstabenform selbst tragen, die aber für die Geschlossenheit des Vektorraums sorgen (s. z. B. 1. Weißsektor und 2. Weißsektor in der Abbildung 3.8).

66. Untersuchungen bei URW aus dem Jahr 1982 über die Bestimmung der optimalen Größe der Koordinaten, vgl. Karow [17, S. 69].

67. Vgl. Karow [17, S. 71].

3.2.4 Bézierkurven

Die *Bézierkurven*⁶⁸ sind mathematische Funktionen, die 1960 bei dem Autokonzern Renault entwickelt wurden, um komplexe geometrische Formen möglichst gut zu beschreiben. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Speicherung von digitalen Schriften.

Eine Bézierkurve wird durch eine Reihe von so genannten Kontrollpunkten beschrieben, die zusammen ein Kontrollpolygon bilden. Die Anzahl der Kontrollpunkte hängt vom Grad der Bézierkurve ab. Allgemein gilt, dass für eine Bézierkurve $\mathfrak n$ -ten Grades, $\mathfrak n+\mathfrak 1$ Kontrollpunkte benötigt werden. Bei der Entwicklung der Bézierkurven wurde von der Überlegung ausgegangen, durch eine möglichst einfache mathematische Funktion einen Schwerpunkt der gegebenen Kontrollpunkte beschreiben zu wollen. Dieser Schwerpunkt sollte aber nicht fest als Punkt definiert und festgelegt werden, sondern als eine von einem Parameter t abhängige Funktion. Diese Funktion stellt

68. Benannt nach dem französischen Ingenieur Pierre Bézier (1910 – 1999); auch Bézierfunktionen genannt.

69. Kontrollpolygon – eine geradlinige Verbindung aller Kontrollpunkte.

3 Schriften in der digitalen Welt

die eigentliche Bézierkurve dar. Ähnlich wie bei einem Schwerpunkt liegt die Bézierkurve daher immer innerhalb der konvexen Hülle des gegebenen Kontrollpolygons.

Am Beispiel einer kubischen Bézierkurve wird die Konstruktion von Bézierkurven im Allgemeinen vorgestellt.⁷⁰ Für eine Bézierkurve dritten Grades werden folgende Komponente benötigt:

- Vier Kontrollpunkte, die mit P_o, P₁, P₂, P₃ bezeichnet werden
- Definition der »Massen« der Kontrollpunkte
- Eine Funktion zur Definition des Schwerpunktes

Ein Schwerpunkt C der gegebenen Punkte ist mathematisch durch die folgende Gleichung definiert:

$$C = \frac{m_o P_o + m_1 P_1 + m_2 P_2 + m_3 P_3}{m_o + m_1 + m_2 + m_3}$$
(3.1)

wobei m_o bis m_3 die jeweiligen Massen der Punkte sind. Wird nun anstelle von diesen fest vorgegebenen Massen m_o bis m_3 eine vom Parameter t abhängige Funktion definiert, so entsteht aus einem einzigen Schwerpunkt der Kontrollpunkte eine neue Funktion. Die neuen »Massen« m_o bis m_3 seien jetzt definiert durch:

$$\begin{split} m_o(t) &= (\imath - t)^3 & m_{\imath}(t) = 3t (\imath - t)^2 \\ m_{\imath}(t) &= 3t^2 (\imath - t) & m_{3}(t) = t^3 \\ & \text{mit } t \in [o, \imath] \end{split}$$

Offensichtlich gilt zudem:

$$(1-t)^3 + 3t(1-t)^2 + 3t^2(1-t) + t^3 = ((1-t)+t)^3 = 1$$

Der Nenner in der Gleichung 3.1 zur Definition des Schwerpunktes wird folglich gleich »1« und die neue Funktion ist demnach definiert durch:

$$\begin{split} C(t) &= m_o(t) \cdot P_o + m_{\scriptscriptstyle 1}(t) \cdot P_{\scriptscriptstyle 1} + m_{\scriptscriptstyle 2}(t) \cdot P_{\scriptscriptstyle 2} + m_{\scriptscriptstyle 3}(t) \cdot P_{\scriptscriptstyle 3} \\ &= (\iota - t)^3 \cdot P_o + 3t \cdot (\iota - t)^2 \cdot P_{\scriptscriptstyle 1} + 3t^2 \cdot (\iota - t) \cdot P_{\scriptscriptstyle 2} + t^3 \cdot P_{\scriptscriptstyle 3} \\ &\text{wobei } t \in [o, \iota] \end{split}$$

70. Für die genaue Herleitung vgl. Sederberg [28, S. 17 ff.] oder Hartmann [16, S. 366 ff.].

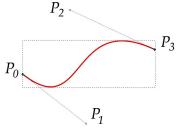


Abbildung 3.9: Beispiel für eine kubische Bézierkurve.

Diese Funktion C(t) bildet auf dem Intervall $t \in [0,1]$ eine kubische Bézierkurve. Eine beispielhafte Darstellung einer solchen kubischen Bézierkurve ist in Abbildung 3.9 abgebildet.

Bei den quadratischen Bézierkurven⁷¹ werden drei Kontrollpunkte und auch drei »Massen« \mathfrak{m}_o bis \mathfrak{m}_2 benötigt, die analog definiert werden durch:

$$\begin{split} m_o(t) &= (\imath - t)^2 \quad m_{\imath}(t) = 2t(\imath - t) \\ m_{\imath}(t) &= t^2 \qquad \quad \text{mit } t \in [o, \imath] \end{split}$$

Die Definition der quadratischen Bézierkurven lautet entsprechend:

$$C(t) = (\mathbf{1} - t)^2 \cdot P_o + 2t \cdot (\mathbf{1} - t) \cdot P_\mathbf{1} + t^2 \cdot P_\mathbf{2}$$
 wobei $t \in [o, 1]$

Allgemein wird eine Bézierkurve demnach durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$C(t) = \sum_{i=0}^{n} B_i^n(t) \cdot P_i$$
 (3.2)

wobei

$$B_{\mathfrak{i}}^{\mathfrak{n}}(t) = \binom{\mathfrak{n}}{\mathfrak{i}} (\mathfrak{1} - t)^{\mathfrak{n} - \mathfrak{i}} t^{\mathfrak{i}}, \ \mathsf{mit} \, \binom{\mathfrak{n}}{\mathfrak{i}} = \frac{\mathfrak{n}!}{\mathfrak{i}! (\mathfrak{n} - \mathfrak{i})!}$$

Eine Bézierkurve verläuft immer durch den Anfangspunkt (P_o) und Endpunkt (P_n) des Kontrollpolygons und ist in der Nähe des Anfangsund Endpunktes tangential zu dem Kontrollpolygon (s. Abbildung 3.9). Diese Eigenschaft erlaubt zwei Bézierkurven miteinander derart zu verbinden, dass an der Verbindungsstelle die Funktionen stets differenzierbar bleiben. Folglich ist es möglich eine Reihe von Bézierkurven zu bilden, die keinen optischen Bruch an den Verbindungsstellen besitzen und als eine fortlaufenden Kurve aussehen. Diese Eigenschaft ist entscheidend, um komplexe Buchstabenformen bestehend aus mehrere Bézierkurven beschreiben zu können.

Mit Hilfe von Bézierkurven ist es möglich, folgende fünf der sechs aufgestellte Kriterien für eine »most pleasing curve« zu erfüllen:⁷² Invarianz, Symmetrie, Erweiterbarkeit, Lokalität und Glattheit. Das sechste Kriterium — »Rundheit« — kann leider nicht erfühlt werden,

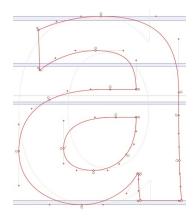


Abbildung 3.10: Buchstabe »a« in der Schrift »Frutiger« mit kubischen Bézierkurven.

72. Vgl. den Abschnitt 3.1 auf Seite 21.

3 Schriften in der digitalen Welt

denn mit Hilfe von kubischen Funktionen ist es im Allgemeinen nicht möglich, einen Kreis zu beschreiben. Durch die geschickte Wahl der Parameter kann jedoch eine gute Annäherung an ein Kreis erreicht werden.⁷³

73. Vgl. Knuth [19, S. 42 ff.].

74. Erfüllung des Kriteriums Nummer drei »Erweiterbarkeit«.

75. Weitere Informationen und die Herleitung der Formel vgl. Sederberg [28, S. 22 ff.].

76. Vgl. Spezifikation OpenType [22].

Da eine Bézierkurve relativ einfach zu konstruieren ist, eignet sie sich als mathematisches Instrument daher gut, die Formen der Buchstaben zu beschreiben. Viele der modernen Schriftformate verwenden daher Bézierkurven für die interne Repräsentation der Buchstabenformen. Dabei werden oft mehrere Bézierkurven für die Beschreibung von Kurven sowie einfache Geraden miteinander verbunden. Bézierkurven n-ten Grades können verlustfrei in Kurven vom Grad n + 1 überführt werden, dabei werden die bestehenden Kontrollpunkte durch die Hinzunahme eines weiteren Kontrollpunktes neu berechnet. Das Verfahren wird *degree elevation* genannt. Unterschiedliche Formate zur Speicherung von Schriften verwenden unterschiedliche Grade der Bézierkurven. Bei PostScript werden kubische Bézierkurven verwendet (s. Abbildung 3.10), bei TrueType dagegen quadratische. Bei der OpenType werden je nach Ausprägung des Formats beide Möglichkeiten unterstützt.

3.2.5 Überblick über die vorgestellten Formate

In den vorherigen Abschnitten wurden insgesamt fünf unterschiedliche Formate zur Speicherung von digitalen Schriften untersucht: Bitmaps, Bytemaps, Lauflängenkodierung, Vektorlinien und Bézierkurven. Die vorgestellten Formate werden nun unter den folgenden fünf Kriterien miteinander verglichen:

Speicherbedarf: Es wird der Bedarf an Speicherplatz für die Speicherung von Schriften in dem jeweiligen Format untersucht.

Geschwindigkeit: Die Geschwindigkeit der Verarbeitung von einem Buchstaben in dem jeweiligen digitalen Format wird verglichen.

Einfachheit: Hiermit wird die Einfachheit der Handhabung von dem jeweiligen Format bestimmt.

Skalierbarkeit: Die Möglichkeit des jeweiligen Formats die gespeicherten Schriften in andere Kegeln verlustfrei darstellen zu können.

Qualität: Hiermit wird die allgemeine Qualität der Ausgabe des jeweiligen Formats gemessen.

Der Vergleich von den Formaten erfolgt in der Tabelle 3.3 unter der Benutzung von vier Kategorien: sehr gut, gut, schlecht, sehr schlecht. Dabei bedeutet ein »sehr gut« bei einem bestimmten Format ein besonders gutes Abschneiden im Vergleich zu den anderen Formaten und ein »sehr schlecht« ein besonders schlechtes Abschneiden in der jeweiligen Kategorie. Bei den Kategorien »Speicherplatz« und »Geschwindigkeit« kann eine numerisch quantifizierbare Aussage getroffen werden.⁷⁷ Daher bedeutet z. B. beim Kriterium »Speicherplatz« eine Veränderung von »sehr schlecht« auf »schlecht« eine Verkleinerung des benötigten Speicherbedarfs etwa um den Faktor 10. Für eine bessere Übersichtlichkeit wurden in der Tabelle 3.3 Symbole für den Vergleich zwischen den verschiedenen Formaten verwendet.⁷⁸

77. Vgl. dazu die Tabelle 3.2 über Speicherbelegung auf der Seite 28.

N_{am_e}	Speicher. bedarf	Geschwin. digke _{it}	Einfachheit	Skaljerbar, ke _{it}	Qualität
Bitmaps		+ +	+ +		
Bytemaps		+	+ +		-
Lauflängen	-	+	+		-
Vektorlinien	+	_	_	+	+
Bézierkurven	+			+ +	+ +

Tabelle 3.3: Vergleich der verschiedenen vorgestellten Formate zur Speicherung von digitalen Schriften.

+ + sehr gut
- schlecht
- sehr schlecht.

78. Legende der Tabelle:

Bei der näheren Betrachtung der Ergebnisse sind insbesondere folgende Tendenzen festzustellen:⁷⁹

79. Vgl. Karow [18, S. 121 ff.].

- Je weniger Speicherplatz ein Format benötigt, desto langsamer ist die Geschwindigkeit seiner Verarbeitung.
- Je langsamer ein Format ist, desto komplexer ist seine Handhabung.

- Je komplexer die Handhabung eines Formats ist, desto weniger Speicherplatz wird benötigt.
- Je komplexer die Handhabung eines Formats ist, desto besser ist die Skalierbarkeit und die Qualität der Ausgabe.

Insbesondere zeigen sich die Bézierkurven als besonders gut geeignetes Format für die digitale Speicherung von Schriften. Bei einem relativ geringen Speicherverbrauch weist das Format besonders gute Möglichkeiten für eine Skalierung auf und hat eine sehr gute Qualität der erzeugten Ausgabe auf den Endgeräten.

3.3 DIGITALISIERUNG VON SCHRIFTEN

80. Aus Karow [18, S. 1].

»Schriften haben eine bemerkenswert hohe Lebenserwartung«⁸⁰ — dieser Satz von Peter Karow macht deutlich, wie genau der Herstellungsprozess von Schriften durchdacht werden muss. Schriften aus der Epoche der Renaissance, wie beispielsweise Garamond, werden heute noch stark verwendet und sind damit eine der wenigen Erzeugnisse der Menschheit, die aus dieser Zeit noch aktiv im Gebrauch sind. Obwohl es Schriften bereits seit mehreren Tausend Jahren und die Typografie seit mehr als 500 Jahren gibt, existieren auf der Welt heute lediglich etwa 6.000 benutzte Schriften.⁸¹ Eine sorgfältige Vorgehensweise für die Digitalisierung von bereits vorhandenen Schriften bzw. die Erzeugung von neuen digitalen Schriften ist daher essentiell. Grundsätzlich existieren heute drei Verfahren, die analog vorhandenen Schriften zu digitalisieren:⁸²

81. Vgl. Karow [18, S. 41 f.].

82. Vgl. Karow [18, S. 103].

- 1. das Handdigitalisieren von vorhandenen Schriften
- 2. das Scannen von Schriften
- 3. der direkte digitale Entwurf von neuen Schriften

Die ersten beiden Verfahren dienen der Erfassung von den bereits vorhandenen Schriften und das dritte Verfahren hat das Ziel, neue Schriften direkt digital zu entwerfen. Beispielhaft werden im Folgenden zwei unterschiedliche Herangehensweisen vorgestellt: Das Konzept vom Unternehmen URW mit der Idee, die Buchstaben mit der

Hand zu digitalisieren und das System METAFONT mit dem primären Ziel, neue Schriften digital zu entwerfen.

3.3.1 Das URW-Konzept

Die ersten Programme für eine qualitativ hochwertige Digitalisierung von Schriften sowie zur Umrechnung zwischen den Formaten lieferte das deutsche Unternehmen URW mit dem Programm IKARUS. Maßgeblich wurde das System von Dr. Peter Karow entwickelt und vorangetrieben. Die Idee des IKARUS Format ist die bereits vorhandenen analogen Schriften von Hand zu digitalisieren und unter einer sehr feinen Auflösung digital zu speichern.

Die Beschreibung der Buchstaben im IKARUS Format besteht aus geschlossenen Vektoren, wobei sich diese zusätzlich nicht schneiden und zudem überall stetig sind.⁸³ Die Beschreibung von allen Buchstaben besteht aus eine Reihe von Punkten, die jeweils einer der folgenden vier Kategorien zugehören können:

- 83. Für eine ausführliche Beschreibung des Formats siehe Anhang H auf S. 249 ff. und Anhang X auf Seite 429 ff. bei Karow [17].
- Anfangspunkt An diesem Punkt beginnt die Beschreibung der Kurvenform. Es können mehrere Anfangspunkte pro Buchstaben existieren. Das passiert dann, wenn die Konturen des Buchstabens nicht ineinander übergehen, wie bei zahlreichen Buchstaben beispielsweise bei dem Buchstaben »O«.
- Eckpunkt Die Eckpunkte befinden sich an den Stellen, wo zwei Geraden oder Kurven ineinander übergehen.
- Kurvenpunkt Diese Punkte befinden sich auf den Kurven und werden immer dann gesetzt, wenn sich die Richtung der Kurve um ca. 30 Grad ändert.
- Tangentenpunkt Diese Punkte werden immer an den Stellen gesetzt, wo die Gerade tangential in die Kurven übergehen.

Somit besteht das IKARUS Beschreibungsformat für Buchstaben aus den so genannten Tripeln von Informationen. Diese Tripel bestehen aus der Kennung der Kategorie des Punktes, der X-Koordinate und der Y-Koordinate. Die Koordinaten haben dabei eine Auflösung von 15.000 \times 15.000 Punkten und ermöglichen dadurch eine sehr genaue digitale Erfassung der vorhandenen analogen Vorlagen. 84 In der Ab-

84. Vgl. Karow [17, S. 91].

bildung 3.11 wird am Beispiel von Buchstaben »a«, »b« und »c« der Schrift »URW Antiqua 2015 (normal)« die Position der Punkte des IKARUS-Formats dargestellt. Aus dieser internen Repräsentation las-

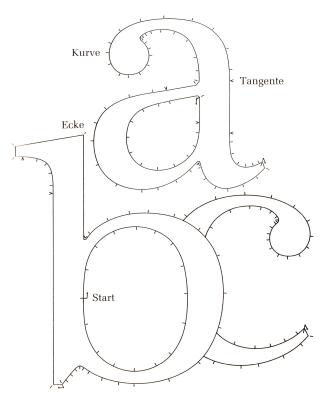


Abbildung 3.11: Darstellung von Buchstaben im IKARUS-Format.

sen sich alle gewünschten Formate, wie Bitmaps, Vektorlinien oder Bézierkurven, verlustfrei berechnen. Das IKARUS Format selbst dient daher »nur« der internen dauerhaften Speicherung von der jeweiligen Schrift.

Die eigentliche Bedienung des Sensors bei der Handdigitalisierung erfolgt durch das Anvisieren von speziellen Punkten auf der Vorlage (s. Abbildung 3.12). Diese Punkte sind zuvor markiert und in die vier oben vorgestellten Kategorien eingeteilt. Anschließend werden vom Sensor die Koordinaten der Punkte gespeichert. Die Vorlage selbst kann dabei aus beliebigen Materialien bestehen und kann sogar eine einfache Bleistiftzeichnung sein. Im Vergleich zum automatischen Scannen hat die Digitalisierung von Buchstaben mit der Hand, speziell im Bezug auf die Fehleranfälligkeit der entstandenen Konturen, Vorteile. So sind bei dem automatischen Scannen etwa 30 % der Daten unmittelbar nach der Aufnahme fehlerhaft. Bei den handdigitalisierten Daten sind es dagegen lediglich 10 % der Daten.⁸⁵

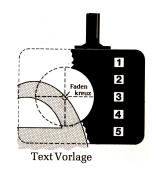


Abbildung 3.12: Sensorbedienung bei einer Handdigitalisierung.

85. Vgl. Karow [18, S. 91].

Mit dem IKARUS-Format wurde eine weitere Abstraktionsstufe bei der Beschreibung von Schriften geschaffen. Die erste Abstraktionsstufe stellte die Beschreibung von Buchstaben in Form von rasterbasierten Formaten wie Bit- und Bytemaps dar. Die zweite Stufe ist die Verwendung von Vektorformaten. Damit ist es möglich geworden, nicht explizit bei jedem Punkt des Rasters definieren zu müssen, ob dieser schwarz oder weiß ist, sondern nur die Kontur des Buchstabens anzugeben. Diese Konturenbeschreibung sind nach festen mathematischen Regeln, beispielsweise Bézierkurven, konstruiert. Beim IKARUS-Format kommen dagegen nur die vier gezeigten Kategorien von Punkten vor, die mit Ihren Koordinaten gespeichert werden. Aus diesen Informationen lassen sich alle gängigen Formate zur Beschreibung von Konturen errechnen. Das stellt die insgesamt dritte Abstraktionsebene dar.⁸⁶

86. Vgl. Karow [18, S. 77 ff.] und s. die Abbildung 4.2 im Anhang.

3.3.2 METAFONT

Neben der Möglichkeit, die vorhandenen analogen Schriften zu digitalisieren, ist es oft sinnvoller, die Schriften direkt digital auf dem Computer erstellen zu lassen. Das erste Format, dass dies ermöglichte, heißt METAFONT und wurde von Donald Knuth im Jahr 1979 zusammen mit dem Textsatzsystem TFX entwickelt. Das Hauptziel der Entwicklung war dabei, eine neue Beschreibungssprache für Buchstaben zur Verfügung zu stellen. Knuth stand vor dem Problem, ein neues digitales Textsatzsystem entwickeln zu müssen, da er mit der Qualität der damals vorwiegend verwendeten Fotosatz-Maschinen nicht zufrieden war. Für ein solches neues digitales Textsatzsystem brauchte er ebenfalls digitale Schriften, die ausschließlich mathematisch konstruiert und auf dem Markt frei erhältlich waren. Das war nach der Überzeugung von Knuth notwendig, um in Zukunft nicht von den Schriftentwicklern anhängig zu sein.⁸⁷ Da derartige digitale Schriften damals nicht vorhanden waren, war eine gleichzeitige Implementierung eines Systems für die Entwicklung solcher Schriften erforderlich.

In METAFONT werden alle Buchstaben in einem speziellen Programmcode beschrieben. Aus dieser Beschreibung heraus lassen sich nachher alle Auflösungen ohne Qualitätsverluste errechnen. Die Idee von METAFONT ist es, die Buchstaben als Punkte zu definieren, durch

87. Vgl. Knuth [19, S. 7].

die ein imaginärer, digitaler Bleistift durchgeht und dadurch die Form der Buchstaben beschreibt. Intern werden die durchlaufenden Kurven als Bézierkurven interpretiert und gespeichert. Ein Quellcode einer METAFONT-Schrift besteht demnach in der Regel aus folgenden Angaben:

- Position der Punkte
- Bestimmung der Art und der Dicke des digitalen »Bleistiftes«
- Definition des Weges, der vom »Bleistift« zurückgelegt wird

88. Aus Karow [17, S. 82].

Im Quellcode 3.1 ist die Beschreibung des Buchstabens »A« in META-FONT zu sehen. 88 Beginnend bei der Zeile 7 werden die Positionen der jeweils sechs Punkte angegeben. In der Zeile 14 wird die Art des »Bleistiftes« definiert und anschließend in den Zeilen 16 bis 18 der Weg beschrieben. Die Abbildung 3.13 zeigt das Ergebnis der Ausführung dieses Quellcodes.

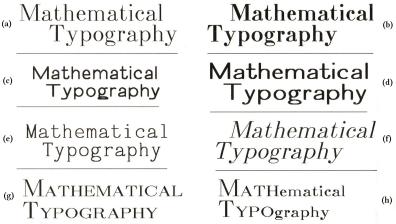
```
Abbildung 3.13: Buchstabe »A« erstellt mit METAFONT.
```

```
% The definition of the letter "A" in METAFONT
2
  % specify the output
3
  drawdisplay;
                      % draw letter on screen
4
     charcode 'A;
                        % this is a capital "A"
5
   % define the position of the points
6
    x1=98;
            y1=250;
                        % x and y coordinates
7
             y2=0;
                        % of each of 6 points
    x2=0;
8
    x3=40;
             y3=90;
    x4=170; y4=y3;
10
    x5=105; y5=y1;
11
    x6=203; y6=5;
12
  % specify the pen
13
                        % circular pen nib
     cpen;
14
  % draw the characters
15
     15 draw 1..2;
                        % using a pen width of 15 and 25,
16
        draw 3..4;
                        % draw a line between the points
17
       draw 5..6;
                        % Bezier curves are used
    25
18
  end
19
```

Quellcode 3.1: Beschreibung des Buchstabens »A« in METAFONT.

Knuth benannte sein neues System Metafont, denn es erlaubt nicht nur, die Definition einer einzigen Schrift, sondern vielmehr die Definition einer Schriftfamilie.⁸⁹ Aus einer einzigen Definition eines Buchstabens in METAFONT lassen sich durch eine geschickte Modifikation der über 20 verschiedenen Parameter, wie die Dicke des »Bleistiftes«, die Neigung, die Stärke der Serifen etc. viele verschiedene Variationen einer Schrift entwickeln. In der Abbildung 3.14 sind mehrere Variationen

89. »... meta-font is a schematic description of how to draw a family of fonts, not simply the drawings themselves.«, vgl. Knuth [19, S. 290].



90. Mögliche Variationen der Schrift *computer modern* mit METAFONT:

- a) Computer modern roman
- b) Computer modern bold
- c) Computer modern sans-serif
- d) Computer modern sans-serif bold
- e) Computer modern typewriter
- f) Computer modern slanted roman
- g) Computer modern roman small caps
- h) Computer modern small lowercase.

der Schrift computer modern dargestellt. Alle unterschiedlichen Stille sind aus einem einzigen METAFONT-Quellcode entstanden, wobei jeweils unterschiedliche Parameter angewendet wurden.

Abbildung 3.14: Unterschiedliche Stille einer METAFONT Schrift.90

Schon im 15. Jahrhundert wurde versucht, die gedruckten Bücher nicht zu sehr statisch zu setzen und die Buchstabenformen nach Möglichkeit etwas zu variieren. Um diese »zufälligen« Variationen ebenfalls im digitalen Zeitalter zu realisieren, gibt es in METAFONT die Möglichkeit, bestimmte Positionen der Punkte, die die Konturen der Buchstaben bilden, variabel oder sogar zufällig innerhalb von bestimmten Bandbreiten zu verändern. Die Abbildung 3.15 zeigt die verschiedenen Formen der Schrift computer modern, wobei bestimmte Positionen der Punkte als Zufallsvariablen einer Normalverteilung angenommen worden sind. In der oberen Zeile beträgt die Standardabweichung der Normalverteilung »o« und erhöht sich bis »12« in der letzten Zeile. Es ist zu beachten, dass in allen Zeilen alle Buchstaben voneinander verschieden sind. So ist z.B. das erste »m« in der zweiten Zeile anders als das zweite »m« in derselben Zeile.

Das Hauptziel von METAFONT ist nicht die Digitalisierung und Speicherung von bereits vorhandenen Schriften, sondern der digitale mathematics mathematics

Abbildung 3.15: Erzeugung von zufälligen Variationen einer Schrift in METAFONT.

3 Schriften in der digitalen Welt

Entwurf, bzw. die Entwicklung von neuen Schriften. Es existieren heute einige Schriften, die ausschließlich unter METAFONT entwickelt wurden, darunter die bereits erwähnte Standardschrift von TEX, die Schriftfamilie computer modern. Obwohl die Syntax von METAFONT recht einfach zu verstehen ist und es mit dem System möglich ist, komplexe Schriften innerhalb von wenigen Wochen zu entwerfen, fand das Konzept unter den Schriftentwicklern keine große Beliebtheit. 91

91. Vgl. Crossland [6] Why didn't METAFONT catch on?

Aufbauend auf den Ideen von METAFONT, wurde später META-POST als eine neue Sprache für die Ausgabe beliebiger Grafiken entwickelt. Als Ausgabeformat von METAPOST wurde PostScript gewählt. Somit ist es möglich geworden mit Hilfe von TEX beliebige Grafiken digital zu erstellen.

3.4 STANDARDS FÜR DIE

VERARBEITUNG VON SCHRIFTEN

Formate zur Digitalisierung und Speicherung von digitalen Schriften bilden die Grundlage für die Nutzung von Schriften im digitalen Zeitalter. Wie in den vorherigen Abschnitten dargestellt, werden die Schriften meistens in Form von Konturenbeschreibungen digital gespeichert. Zahlreiche Ausgabegeräte, wie Monitore, Fernseher oder Drucker arbeiten dagegen in Rasterformaten. Um den gesamten Prozess der Schriftverwaltung am Computer digital umsetzen zu können, mussten daher neben den eigentlichen Formaten und Algorithmen zur Speicherung der Buchstabenkonturen eine Reihe von zusätzlichen Komponenten entwickelt werden. Dazu gehören die Umrechnungsprozeduren aus Vektor- in die Rasterformate, Programme für die Umrechnung zwischen den Formaten sowie die Verwendung von speziellen Techniken zur Verbesserung der Druckausgabe. Menschliche Augen haben bei einem Leseabstand von 25 cm ein Auflösungsvermögen von etwa 0,072 mm. Dies entspricht in etwa 350 points per inch (ppi).92 Moderne Monitore haben dagegen eine Auflösung von etwa lediglich 100 ppi.93 Daher ist eine sorgfältige Konvertierung in die Rasterformate für die Qualität der Druckausgabe sehr wichtig.

92. Vgl. Karow [18, S. 153].

93. »retina display« von Apple hat eine Auflösung von etwa 300 ppi.

94. Es existieren unterschiedliche Bezeichnungen für diese Technik: Bei Adobe: »hints«, bei Apple: »instructions«, vgl. Karow [17, S. 141]. *Hints*⁹⁴ sind spezielle Hilfsinformationen für die Umrechnung aus den Vektorformaten in Rasterformate mit kleinen Auflösungen. Bei der Umrechnung ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass beispielswei-

se Stützpunkte oder der Verlauf der Kurven bzw. Linien bei kleinen Auflösungen nicht eindeutig einem Rasterpunkt zuordenbar ist. Dadurch können geradlinige Kanten unter Umständen nicht mehr als eine Gerade dargestellt werden bzw. die Dicke der Balkenstriche der Buchstaben kann variieren. Insbesondere, wenn die Größe eines Rasterpunktes groß ist, sind derartige Fehler sehr störend (s. rechtes Bild in der Abbildung 3.16). Bei einer Kegelgröße von 10 Punkten bewirkt nur ein einziger Fehler eine Fehlinformation von 10 %. Hints zeigen dem Programm an, um welche Art der Konturen, beispielsweise Balken, Querbalken, Rundungen, Serifen es sich speziell handelt. Eine Liste von häufig verwendeten Hints von verschiedenen Anbietern ist in der Abbildung 4.3 im Anhang zu finden. 95

95. Vgl. Karow [18, S. 106 ff.].



Abbildung 3.16: Die Abbildung links zeigt ein gutes Resultat einer Umrechnung in ein Rasterformat; bei der Abbildung rechts sind dagegen mehrere Punkte falsch gesetzt.

Lange Zeit wurden die digitalen Schriften nur für konkrete Maschinen und Ausgabegeräte entwickelt und konnten nur auf diesen eingesetzt werden. Es existierten viele eigenständige Formate und Standards. Somit war ein Austausch der bereits erstellten digitalen Schriften zwischen den verschiedenen Maschinen nicht bzw. nur sehr schwer möglich. Erst in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden erste Versuche unternommen, eine Standardisierung auf dem Gebiet zu etablieren. Im Folgenden werden die wichtigsten modernen Standards für die Speicherung und Wiedergabe von digitalen Schriften vorgestellt.

96. Vgl. beispielsweise die Tabelle bei Karow [17, S. 88 ff.].

3.4.1 PostScript

PostScript wurde von dem US Unternehmen Adobe als eine Programmiersprache für die digitale Verarbeitung von beliebigen Grafiken entwickelt. Im Jahr 1985 wurden innerhalb dieses Standards verschiedene eigenständige Formate für die Beschreibung von Schriften vorgestellt.

3 Schriften in der digitalen Welt

97. Genaue Informationen vgl. Karow [18, S. 145 ff.] sowie Type-1 Spezifikation von Adobe [1].

98. Vgl. internes URW-Format lässt 15.000 imes 15.000 Punkte zu.

99. Für nähere Informationen s. Karow [17, S. 163 ff.] und TrueType Reference Manual [2].

100. Bei TrueType existieren etwa 200 unterschiedliche Instruktionen.

Es entstanden mehrere verschiedene Formate, wobei vor allem die Type-1 und Type-3 Formate bekannt geworden sind.⁹⁷

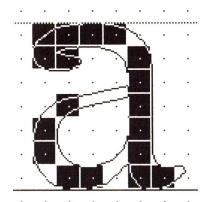
Das Type-1 Format war lange Zeit von Adobe geheimgehalten und somit nicht frei erhältlich. Die interne Speicherung der Buchstabenkonturen erfolgt durch die Geraden und die kubischen Bézierkurven. Die Größe des internen Gevierts ist auf 1000 × 1000 Punkte beschränkt. Für die Umrechnung in ein Rasterformat werden die Konturenbeschreibungen durch zahlreiche Hints ergänzt. Diese sind in dem so genannten »Private Dictionary«, einem verschlüsselten Bereich innerhalb des Formats, abgelegt. Für die Adressierung der einzelnen Buchstaben wird bei PostScript ein Byte verwendet. Demnach kann eine Schrift im PostScript Format maximal aus 256 Glyphen bestehen. Diese Grenze stellt für moderne, vor allem nichteuropäische Schriften, eine große Beschränkung dar.

Der Aufbau vom Type-3 Format ist dem Type-1 Format sehr ähnlich. Auf die Verwendung von Hints wird jedoch komplett verzichtet. Das Format war dagegen von Anfang an frei erhältlich, lieferte aber oft keine ausreichend gute Qualität der Ausgabe, insbesondere bei kleinen Größen des Rasters.

3.4.2 TrueType & OpenType

Der Standard TrueType wurde in Zusammenarbeit zwischen den beiden Unternehmen Microsoft und Apple entwickelt und 1991 veröffentlicht. Ähnlich wie schon bei PostScript werden für die interne Speicherung vektorbasierte Konturenbeschreibungen verwendet. Allerdings wird nicht auf kubische, sondern auf quadratische Bézierkurven zurückgegriffen.⁹⁹

Die Schriftdaten werden in speziellen Tabellen innerhalb des Formats gespeichert. Es existieren separate Tabellen für allgemeine Informationen über die Schrift, für Konturenbeschreibungen, für Kerninginformationen sowie Tabellen mit Instruktionen für die Umrechnung in ein Rasterformat.¹⁰⁰ Die Umrechnung erfolgt bei TrueType in folgenden zwei Schritten. Im ersten Schritt wird abhängig vom Ausgabegerät ein Raster von einer bestimmten Größe definiert. Dieser Raster wird auf die Glyphen abgebildet. Von allen Punkten des Rasters werden anschließend die Mittelpunkte gebildet (s. kleine Punkte in der Abbildung 3.17). Befinden sich diese Mittelpunke nun innerhalb bzw. direkt



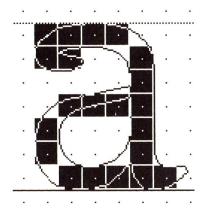


Abbildung 3.17: Besondere Techniken für die Verbesserung der Ausgabe bei True-Type: Links die Abbildung ohne die Verwendung von Dropout-Kontrolle, rechts dagegen unter der Verwendung der Technik.

auf der Buchstabenkontur, wird der Rasterpunkt »eingeschaltet«, demnach in der Regel mit Farbe ausgefüllt. Falls sich der Mittelpunkt außerhalb der Kontur befindet, bleibt der Rasterpunkt aus.

Ist die Buchstabenkontur jedoch derart schmal, dass diese zwischen den Mittelpunkten der Rasterpunkte hindurch gehen kann, wie beispielsweise in der linken Abbildung von 3.17, dann bleiben beide Rasterpunkte ausgeschaltet, obwohl unmittelbar zwischen diesen eine Buchstabenkontur verläuft. Dieser Fehler wird im zweiten Schritt durch die so genannte »Dropout« – Kontrolle korrigiert. In dem Fall wird jeweils der untere bzw. der linke Rasterpunkt eingeschaltet.¹⁰¹

Der Standard OpenType stellt das Ergebnis einer gemeinsamen Entwicklung von Microsoft und Adobe dar und ist vorerst der aktuellste Standard in der digitalen Typografie. Dieser Standard wurde im Jahr 1996 veröffentlicht. Für die interne Speicherung können je nach Ausprägung sowohl quadratische, als auch kubische Bézierkurven verwendet werden. Die maximale Anzahl an Glyphen für eine Schrift beträgt 65.536 Stück. Bei der Entwicklung von OpenType wurde ein besonderer Wert auf eine gute typografische Qualität gelegt. Der Standard enthält somit umfangreiche Kerningtabellen und erlaubt die Verwendung von Ligaturen und alternativen Glyphen.

Eine spezielle Tabelle, die Digital Signature Table (DSIG), ermöglicht zudem die erstellten Schriften digital signieren zu lassen. Dadurch können die Schriftenhersteller die Autorenschaft kennzeichnen und zudem die Integrität der Schrift sicherstellen. Es werden die gängigen Hashalgorithmen, wie beispielsweise MD5 unterstützt.¹⁰⁴

101. Diese Festlegung gilt für TrueType; vgl. Karow [17, S. 169].

102. Die entsprechenden Dateiendungen sind: .ttf bei den kubischen und
.otf bei quadratischen Bézierkurven.

103. Vgl. die OpenType Spezifikation von Microsoft [22].

104. Vgl. Spezifikation von DSIG [21].

3.4.3 Vergleich der vorgestellten Standards

Die vorgestellten Standards stellen die wichtigsten Standards für die digitale Verarbeitung von Schriften dar. Seit einigen Jahren zeichnet sich ein Trend zur Ablösung der PostScript Schriften ab. Zahlreiche Schriftenhersteller liefern neue Schriften nur noch im TrueType und insbesondere im OpenType Format. Somit wird OpenType in den kommenden Jahren vermutlich zu dem eigentlichen Standard für die Speicherung und Verarbeitung von Schriften in der digitalen Typografie. Alle vorgestellten Formate verwenden jeweils eine Variante der Bézierkurven für die interne Speicherung der Buchstabenkonturen und liefern Bitmaps als das Ausgabeformat. Die folgende Tabelle 3.4 gibt einen Überblick über die vorgestellten Formate:

105. Legende der Tabelle:

- + Funktion vorhanden
- Ø Funktion nicht vorhanden.

106. Spezielle mikrotypografische Anpassungen, wie Ligaturen und alternative Glyphen sind in dem Standard möglich.

Standard	$U_{nterneh}$ me_{n/Jah_r}	Interne Spei.	Hints	Kerning
PostScript Type-1	Adobe 1985	kubische Bézierkurven	+	+
PostScript Type-3	Adobe 1985	kubische Bézierkurven	Ø	Ø
TrueType	Microsoft / Apple 1991	quadratische Bézierkurven	+	+
OpenType	Microsoft / Adobe 1996	je nach Definition quadratische oder kubische Bézierkurven	+	+ 106

Tabelle 3.4: Vergleich der vorgestellten Standards in der digitalen Typografie.

Mit den digitalen Formaten zur Speicherung von Schriften schließt sich auch der Kreis der Geschichte wieder. Nach über 7.000 Jahren der Entwicklung und Verbreitung von Schriften wird nun das gesamte Wissen und die Vielfalt der unterschiedlichen Schriften intern auf einem Computer durch »o« und »1« abgebildet. Wie schon bei den ersten Schriften wird somit die interne Speicherung von Wissen auf Zahlen reduziert.

3.5 VERMARKTUNG VON SCHRIFTEN UND RECHTLICHE ASPEKTE

Die Herstellung von guten digitalen Schriften ist ein komplexer Prozess und erfordert den Einsatz von zahlreichen Spezialisten. Alleine die Digitalisierung von einer bestehenden Schrift beispielsweise ins URW-Format dauert im Durchschnitt etwa 100 Stunden. Dabei entfällt etwa ein Drittel der Zeit auf den Neuentwurf von fehlenden Zeichen. Die Schriften stellen demnach wertvolle Güter dar und werden somit vom Gesetzgeber geschützt. Zur Zeit des Bleisatzes waren die Schriften physisch in Form von Metalllettern vorhanden und dadurch nicht ohne weiteres kopierbar gewesen. Seit dem Zeitalter des Fotosatzes und insbesondere seit dem Aufkommen der digitalen Typografie stellt das illegale Kopieren von Schriften für die Schriftentwickler und -hersteller ein ernsthaftes Problem dar.

107. Es wird mit einer durchschnittlichen Anzahl von 186 Zeichen pro Schrift gerechnet, vgl. Karow [17].

Das Wiener Abkommen vom 12. Juni 1973 über den Schutz typografischer Schriftzeichen stellt heute einer der wichtigsten Richtlinien für die Einhaltung des Schriftzeichenschutzes dar. Das Abkommen wurde unter der Mitarbeit der Association Typographique Internationale, einer internationalen Vereinigung von Schriftherstellern, entwickelt. 108 In Deutschland wurde das Abkommen im Jahr 1981 ratifiziert und ist unter dem Namen »Geschmacksmustergesetz« bekannt.109 In Deutschland ist zudem das Patentamt für die Registrierung von neuen Schriftentwürfen zuständig. Dabei wird der Schriftentwurf erst dann als schutzwürdig betrachtet, wenn er »neu ist und Eigenart hat«. 110 Es wird stets die Schrift als Ganzes betrachtet und nicht die jeweiligen Glyphen separat. Als neu gilt der Schriftentwurf dann, wenn er vor Veröffentlichung den Fachkreisen nicht bekannt gewesen ist. Der weitaus strengere Urheberschutz kann nur in besonderen Ausnahmefällen auf Schriften angewendet werden, da hier zusätzliche Kriterien erfüllt sein müssen. Dazu gehört unter anderem, dass die Schrift neue ästhetische Merkmale besitzen muss. Dies ist jedoch häufig nur bei besonderen Auszeichnungsschriften vorhanden.

108. Vgl. Karow [18, S. 359 ff.]. 109. Vgl. die aktuelle Fassung GeschmMG vom 12.03.2004.

Von zahlreichen modernen und häufig benutzten Schriften existieren daher Nachahmungen, die weitgehend unter verschiedenen

Namen bekannt sind. So sind beispielsweise die Unterschiede zwischen *Helvetica* und *Arial* nur unter genauer Beobachtung erkenn-

110. Abs. 1, § 2 GeschmMG.

	Anzahl
Helvetica	34
Times Roman	28
Palatino	28
Cheltenham	26
Optima	25
Melior	22
Futura	22

Tabelle 3.5: Anzahl der Nachahmungen von bekannten Schriften.

bar. Die Anzahl der Nachahmungen steigt zudem, je bekannter und verbreiteter die jeweilige Schrift ist. So existieren über 30 bekannte Nachahmungen der *Helvetica* und etwa 28 Nachahmungen von *Times*. Die Tabelle 3.5 zeigt die Anzahl der Imitationen bekannter Schriften.

Hamburgefonts Hamburgefonts

Abbildung 3.18: Verschiedene Realisierungen der Schrift Garamond.

Zudem gibt es starke Unterschiede in der Umsetzung einer konkreten Schrift durch die verschiedenen Hersteller. Die Abbildung 3.18 zeigt zwei unterschiedliche Versionen der Schrift *Garamond*. Die obere Abbildung ist die Realisierung von dem Unternehmen Monotype und die untere von dem Unternehmen Adobe. Beide Unternehmen vermarkten die Schrift jedoch unter dem Namen *Garamond*.

Die Vermarktung von Schriften erfolgt heute vorwiegend über den Verkauf von Lizenzen für diese Schriften im digitalen Format. Dabei findet in den letzten Jahren bei den wichtigsten Herstellern von Schriften¹¹¹ eine immer stärkere Verwendung von OpenType als Standard statt. Der Verkauf erfolgt vor allem über Onlineshops des jeweiligen Herstellers bzw. über die speziellen Portale, wie beispielsweise My-Fonts [4]. Gleichzeitig existieren auch außergewöhnliche Modelle mit denen Schriften vermarktet werden. Beispielsweise hat das US Unternehmen Paratype im Jahr 2011 eine neue Schrift mit dem Namen Circe entwickelt112 und dabei folgendes Verkaufsmodell angewendet: Interessierte konnten die Schrift bereits vor der Veröffentlichung für einen stark reduzierten Betrag von 1,-\$ erwerben. Mit Veröffentlichung von ersten Entwürfen stieg der Preis auf zunächst 5,-\$ und später auf 10,-\$. Der Verlauf der Entwicklung der Schrift konnte über eine Webseite verfolgt werden, wobei Wünsche und Kommentare der Käufer zum Teil mitberücksichtigt wurden.¹¹³ Bei der Veröffentlichung der Schrift wurde der Preis letztendlich mit 50,-\$ pro Schriftschnitt festgelegt.

111. Oft ist die Bezeichnung »font foundry« zu finden. Die wichtigsten Hersteller aktuell sind: Adobe, ITC, Linotype, Monotype, URW++; für weitere Informationen s. Beinert [3].

112. Für weitere Informationen siehe den Circe-Guide [25].

113. Vgl. die Webseite des Projekts [20] (in russischer Sprache).

Dieses Verkaufsmodell ist somit dem Modell des Immobilienmarkts ähnlich. 114

Neben den kommerziellen Schriften existiert auf dem Markt eine große Anzahl von frei erhältlichen Schriften. Im Gegensatz zu den Zeiten des Bleisatzes, wo spezielle Geräte sowie zum Teil teure Legierungen zur Herstellung von Schriften notwendig waren, existieren heutzutage kostenlose Programme, die die Entwicklung von digitalen Schriften ermöglichen. 115 Damit sind die praktischen Grundlagen, um qualitativ hochwertige Schriften nach den modernen Standards erstellen zu können für jedermann verfügbar. Häufig fehlen allerdings die erforderlichen theoretischen Kenntnisse, so dass die zahlreichen frei erhältlichen Schriften leider zum Teil von einer minderwertigen Qualität sind. Zu den gut ausgebauten freien Schriften gehören meines Erachtens beispielsweise die Schriften Linux Libertine [26], Gentium, Computer Modern und PT Serif. Zahlreiche freie Schriften sind unter der Open font License [29] lizensiert. Diese ursprünglich aus dem Jahr 2005 stammende Lizenz erlaubt es, die Schriften frei zu verwenden, verbreiten, kopieren und anzupassen.

114. Der Preis der Wohnungen in einem Haus ist meistens geringer, wenn das Haus noch nicht fertig gebaut ist.

115. Beispielsweise die freie erhältliche Software FontForge [33].

SCHLUSSBEMERKUNGEN

»Gute Typographie bemerkt man so wenig wie gute Luft zum Atmen.«

Kurt Weidemann

4

4.1 AKTUELLE TENDENZEN UND AUSBLICK

IE MENGE der Informationen, die heute in Textform wahrgenommen werden, ist ungleich größer als noch vor einigen Jahrzehnten. Gleichzeitig ist eine gute Typografie für eine klare und schnelle Aufnahme von Informationen von großer Bedeutung. Dennoch ist die eigentliche typografische Qualität vieler modernen Werke nicht ausreichend gut. Für diese Entwicklung gibt es im Wesentlichen zwei Gründe. Zum einen ist es erst seit wenigen Jahren wieder möglich geworden, mit modernen Mitteln an Computern eine vergleichbar gute typografische Qualität wie zu den Zeiten des Bleisatzes zu erreichen. Zum anderen ist die Anzahl der Menschen, die Texte selbständig setzen und veröffentlichen, in den letzten Jahren stetig gestiegen. Durch diese Erweiterung ist die Anzahl derer, die keine entsprechende typografische Ausbildung und Kenntnisse besitzen, aber dennoch Texte setzen, größer geworden. Die durchschnittliche typografische Qualität der Texte hat sich daher nicht allgemein verbessern können, obwohl der digitale Satz dies hätte ermöglichen können.116

Die jüngsten Entwicklungen zeigen jedoch einige Verbesserungen und deuten auf die Entschärfung der Situation an. Zahlreiche stark benutzte Desktop Publishing Systeme, wie Microsoft Word oder Adobe InDesign, ermöglichen in Verbindung mit Schriften im OpenType-Standard die Verwendung von zahlreichen mikrotypografischen Einstellungen und bieten dadurch prinzipiell die Möglichkeit, Texte von

116. Weitere Informationen dazu z.B. im Artikel von Schlegel [27].

hoher typografischer Qualität zu setzen. Sind die notwendigen Einstellungen standardmäßig korrekt eingestellt, kann auch ohne tiefgreifende Kenntnisse der Typografie ein angemessener Textsatz entstehen.

Zu den aktuellen Tendenzen gehört zudem eine stärkere Verwendung und Verbreitung der Typografie im Internet. Wurden beispielsweise noch vor wenigen Jahren vorwiegend nur die Standardschriften, wie Verdana, Times oder Arial für die Darstellung der Texte im Internet verwendet, so findet heute eine Ausweitung der Schriftenvielfalt auch im Internet statt. Oft genügen nur wenige Zeilen Quellcode, um eine andere Schrift in ein HTML Dokument einzubinden und zu verwenden (s. Quellcode 4.1). Die hierfür benötigten Standards wurden bereits im Jahr 1998 in der CSS 2.0 [32] definiert, jedoch bis vor kurzem aus zahlreichen Gründen, wie lange Ladezeiten beim Endbenutzer, kaum verwendet.

```
1  @font-face {
2   font-family: MyFont;
3   src: url(font.otf);
4  }
```

Quellcode 4.1: Einbindung von Fonts über CSS.

In den kommenden Jahren ist eine weitere Standardisierung zu erwarten. Als Standardprogramm zum Anzeigen und Austausch von digitalen Texten hat sich über alle Betriebssysteme hinweg das Format *PDF* durchgesetzt. Zudem vertreiben immer mehr Schriftenhersteller neue Schriften ausschließlich im OpenType-Standard.

4.2 ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit hat das Ziel, die gängigen Formate zur Speicherung von Schriften in der digitalen Welt vorzustellen und miteinander zu vergleichen. Dabei wurde im ersten Teil der Arbeit ein geschichtlicher Rückblick gegeben und die Entwicklung der Schriften sowie der Drucktechnik kurz vorgestellt.

Es konnte gezeigt werden, dass sich nach dem heutigen Wissensstand alle modernen alphabetischen Schriften aus den frühen Bildund Silbenschriften entwickelt haben. Die Erfindungen von Gutenberg

im 15. Jahrhundert verbilligten die Produktion der Schriftwerke drastisch und legten ein Fundament für die spätere Verbreitung der Schrift in die breite Bevölkerungsschicht. Die rasante technische Entwicklung im 19. und 20. Jahrhundert sowie der steigende Bedarf an Textinformationen forderten die Entwicklung neuer komplexen Maschinen zum automatischen Setzen von Textzeilen. Mit der Einführung von Lochkarten ist es zum ersten Mal möglich geworden, gesetzte Texte dauerhaft speichern und wiederverwenden zu können.

Mit der Verbreitung von digitaler Technik bestand die Herausforderung darin, die zahlreichen Eigenschaften der Schriften und der einzelnen Buchstaben in digitaler Form auf dem Computer speichern zu können. Neue mathematische Modelle und Formate mussten hierfür entwickelt werden. Insbesondere sind Bézierkurven heute die am meisten verwendete Form der Speicherung von Buchstabenformen in der digitalen Welt. Gegenüber den anderen untersuchten Verfahren bieten Bézierkurven zahlreiche Vorteile wie eine gute Skalierbarkeit, hohe Qualität der Ausgabe sowie einen geringen Speicherverbrauch. Mit dem IKARUS Format wurde ein Standard für die Digitalisierung der analogen Schriften und die dauerhafte digitale Speicherung dieser entwickelt. Zahlreiche zusätzliche Techniken, wie das Setzen von Hints, Kerning, automatische Ligaturen oder die Dropout Kontrolle, ermöglichen heute das Setzen von digitalen Texten mit einer Qualität, die mit klassischen Methoden nicht bzw. nur mit einem hohen Aufwand hätte erreicht werden können. Dabei gelten TrueType und insbesondere OpenType aktuell als die gängigen Standards für die digitale Speicherung und Weitergabe von Schriften. Dank der Entwicklungen der letzten Jahre existieren zudem einige gut ausgebaute freie Schriften sowie freie Programme zum Entwerfen von kompletten Schriftfamilien.

Ähnlich wie in der klassischen Typografie hat es auch in der digitalen Typografie Jahrzehnte gedauert bis sich Standards hinsichtlich der Technik und auch hinsichtlich der typografischen Regeln herausgebildet haben. Weitere Verbesserungen und Anpassungen der Standards werden folgen. Für die digitale Typografie gilt dabei ähnlich wie für die klassische Typografie, dass ein Werk meistens dann von einer guten typografischen Qualität ist, wenn die Typografie selbst dem Leser nicht explizit auffällt.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Adobe: *Adobe Type 1 Font Format.* 3. Auflage. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1993. ISBN 0-201-57044-0 (Zitiert auf Seite 42).
- [2] APPLE: *TrueType Reference Manual*. https://developer.apple.com/fonts/TTRefMan/index.html, Abruf: 01. April 2012 (Zitiert auf Seite 42).
- [3] Beinert, Wolfgang: Font Foundry. http://www.typolexikon.de/f/ont-foundries.html, Abruf: 15. April 2012 (Zitiert auf Seite 46).
- [4] BITSTREAM: *MyFonts*. http://www.myfonts.com/, Abruf: 15. April 2012 (Zitiert auf Seite 46).
- [5] BORCHERT, Andreas: *Kurs: Digitale Typografie, SS 2011, Vorlesungsfolien.* Universität Ulm, Fakultät für Mathematik und Wirtschaftswissenschaften. http://www.mathematik.uni-ulm.de/sai/ss11/typo/, Abruf: 15. April 2012 (Zitiert auf Seite 31).
- [6] CROSSLAND, Dave: Why didn't METAFONT catch on? In: *TUGboat* 29, No. 3, Proceedings of the 2008 Annual Meeting (2008), S. 418–420 (Zitiert auf Seite 40).
- [7] Currie, Lloyd A.: The Remarkable Metrological History of Radiocarbon Dating (II). In: Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology 109 (2) (2004), S. 185–217 (Zitiert auf Seite 4).
- [8] DA, Jun: Frequency statistics: Character frequency list of Classical Chinese. http://lingua.mtsu.edu/chinese-computing/statistics/, Abruf: 14. Februar 2012 (Zitiert auf Seite 5).
- [9] DIN-NORM: *DIN 16518*. 1964-08. Deutsches Institut für Normung e. V., 1964 (Zitiert auf Seite 11).

LITERATURVERZEICHNIS

- [10] FAULMANN, Carl: Illustrierte Geschichte der Schrift. Entstehung der Schrift, der Sprache und der Zahlen, sowie der Schriftsysteme aller Völker der Erde. Reprint d. Ausg. Wien 1880. Augsburg: Augustus Verlag, 1990. ISBN 3-804-30143-6 (Zitiert auf Seite 4).
- [11] FRUTIGER, Adrian: *Der Mensch und seine Zeichen.* 2. Auflage. Wiesbaden: Marix Verlag, 2011. ISBN 978-3-86539-907-6 (Zitiert auf den Seiten 6, 7, 10, 14, und 16).
- [12] FUNKE, Fritz: Buchkunde: Ein Überblick über die Geschichte des Buches. 5. neubearbeitete Auflage. München: Saur, 1992. ISBN 3-598-11051-0 (Zitiert auf den Seiten 3, 6, 8, 9, 10, 14, und 17).
- [13] Genzmer, Fritz: *Umgang mit der schwarzen Kunst.* 1. Auflage. Berlin: Fachverlag Schiele & Schön GmbH, 1960 (Zitiert auf den Seiten 11, 16, und 17).
- [14] GULBINS, Jürgen; KAHRMANN, Christine: *Mut zur Typogra*phie. 2. erw. und überarb. Aufl. Berlin: Springer-Verlag, 2000. – ISBN 3-540-67541-8 (Zitiert auf Seite 11).
- [15] HAARMANN, Harald: Geschichte der Schrift: Von den Hieroglyphen bis heute. 3. Auflage. München: Verlag C. H. Beck, 2007. –
 ISBN 978-3-406-59218-8 (Zitiert auf den Seiten 4, 5, und 6).
- [16] HARTMANN, Peter: *Mathematik für Informatiker: Ein praxis-bezogenes Lehrbuch.* 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2004. ISBN 3-528-23181-5 (Zitiert auf Seite 30).
- [17] KAROW, Peter: Digitale Schriften: Darstellung und Formate. 2.
 Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 1992. ISBN 3-540-54917-X
 (Zitiert auf den Seiten 19, 22, 24, 25, 27, 29, 35, 38, 40, 41, 42, 43, und 45).
- [18] KAROW, Peter: Schrifttechnologie: Methoden und Werkzeuge. Berlin: Springer-Verlag, 1992. ISBN 3-540-54918-8 (Zitiert auf den Seiten 22, 33, 34, 36, 37, 40, 41, 42, und 45).
- [19] Knuth, Donald E.: *Digital Typography*. CSLI Lecture Notes Number 78. Stanford, California: CSLI Publications, 1999. ISBN 1–57586–011–2 (Zitiert auf den Seiten 17, 20, 21, 32, 37, und 39).

- [20] KOROLKOVA, Alexandra: Fonts Reality Show. http://paratype. livejournal.com/19105.html, Abruf: 15. April 2012 (Zitiert auf Seite 46).
- [21] MICROSOFT: OpenType DSIC. http://www.microsoft.com/typography/otspec/dsig.htm, Abruf: 03. April 2012 (Zitiert auf Seite 43).
- [22] MICROSOFT: OpenType specification. http://www.microsoft.com/typography/otspec, Abruf: 26. Januar 2012 (Zitiert auf den Seiten 32 und 43).
- [23] MÜLLER, Monika; WILLBERG, Hans-Peter: Schriften erkennen: Eine Typologie der Satzschriften für Grafiker, Setzer, Buchhändler und Kunsterzieher. 1. Auflage. Ravensburg: Otto Maier Verlag, 1981. ISBN 3-473-61581-1 (Zitiert auf Seite 11).
- [24] Ohlsen, Walter: Monumentalschrift Monument Mass: Proportionierung des Inschriftalphabets und des Sockels der Trajanssäule in Rom. 1. Auflage. Hamburg: Fridrich Wittig Verlag, 1981. ISBN 3-804-84222-4 (Zitiert auf Seite 20).
- [25] PARATYPE: *Circe Guide*. http://www.paratype.com/extpics/ Circe-Guide.pdf, Abruf: 15. April 2012 (Zitiert auf Seite 46).
- [26] Poll, Philipp H.: Libertine Open Fonts Projekt. http://www.linuxlibertine.org/, Abruf: 09. März 2012 (Zitiert auf den Seiten 23 und 47).
- [27] Schlegel, Markus: *Typographische Verrohung*. http://www.drweb.de/magazin/typographische-verrohung/, Abruf: 19. April 2012 (Zitiert auf Seite 49).
- [28] Sederberg, Thomas W.: Computer Aided Geometric Design. Brigham Young University, Department of Computer Science, Course Notes, 2011 (Zitiert auf den Seiten 30 und 32).
- [29] SPALINGER, Nicolas; GAULTNEY, Victor: SIL Open Font License (OFL). http://scripts.sil.org/OFL, Abruf: 15. April 2012 (Zitiert auf Seite 47).
- [30] UGGEDAL, Eiving: *Social Navigation on the Social Web*, University of Oslo, Diplomarbeit, 2008 (Zitiert auf Seite b).

LITERATURVERZEICHNIS

- [31] UNGER, Dirk: *Schriftklassifizierung (nach DIN 16518)*. Fachhochschule Düsseldorf, Referat Typografie Schriftklassifikation, 2006 (Zitiert auf Seite 11).
- [32] W₃C: Cascading Style Sheets Level 2 Specification. http://www.w₃.org/TR/CSS₂/, Abruf: 19. April 2012 (Zitiert auf Seite 50).
- [33] WILLIAMS, George: FontForge. http://fontforge.sourceforge.net/, Abruf: 15. April 2012 (Zitiert auf Seite 47).

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

2.1	Ägyptische Hieroglyphe für »trinken«, aus Haarmann, Harald: Geschichte der Schrift: Von den Hieroglyphen bis	
2.2	heute. 3. Aufage. München: Verlag C. Beck, 2007, Seite 37 Die karolingische Minuskel, aus Funke, Fritz: Buchkunde:	5
	Ein Überblick über die Geschichte des Buches. 5. Aufage.	
	München: Saur, 1992, Seite 31	6
2.3	Entwicklung des Buchstabens »A«, National Students Type Competition, Moscow 2008, Titelblatt	7
2.4	Das Bildnis von Johannes Gutenberg nach einem Holzschnitt von Josef Weisz, abgerufen am o8.10.2011, http://www.schlossmuseum.de/objekt/bilder/johannes-gutenberg.	
	jpg	8
2.5	Ausschnitt aus der Gutenberg-Bibel, Detail aus Band II, fol. 162r (Beginn des Buches Macchabaeorum primus), abgerufen am 07.10.2011, http://www.gutenbergdigital.de/images/iada/1_fol_162r_vol2.jpg	9
2.6	Buchstabe »M« in der Schrift Old English Text MT, als Vertreter für die Gruppe der gebrochenen Schriften, erstellt mit Microsoft Office 2010	12
2.7	Buchstabe »M« in der Schrift Berkeley OS, als Vertreter für die Gruppe der Venezianischen Renaissance-Antiqua	
	Schriften, erstellt mit Microsoft Office 2010	12
2.8	Buchstabe »M« in der Schrift Adobe Garamond Pro, als Vertreter für die Gruppe der Französischen Renaissance-	
	Antiqua Schriften, erstellt mit Microsoft Office 2010	12
2.9	Buchstabe »M« in der Schrift Bodoni MT, als Vertreter für die Gruppe der Klassizistischen Antiqua Schriften, erstellt	
	mit Microsoft Office 2010	12

Abbild ung sverzeichn is

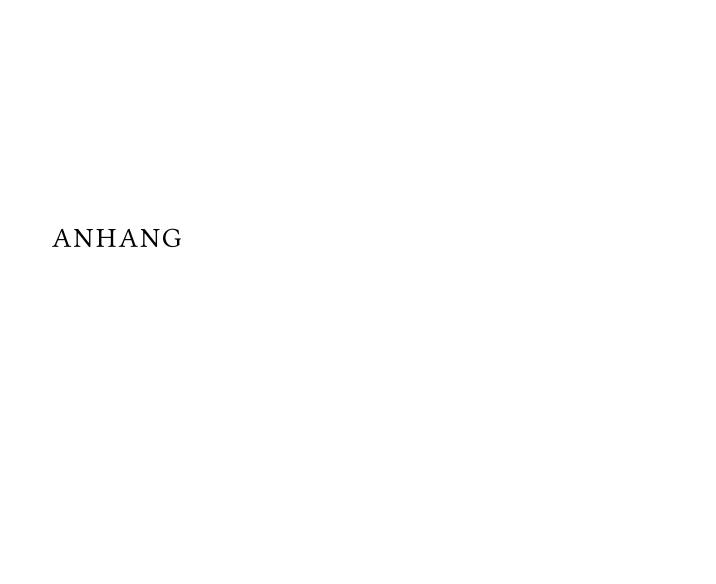
2.10	Entwicklung von Groteskschriften aus der Klassizistischen Antiqua; aus Müller, Monika; Willberg, Hans-Peter: Schriften erkennen: Eine Typologie der Satzschriften für Graf-	
	ker, Setzer, Buchhändler und Kunsterzieher. 1. Aufage. Ravensburg: Otto Maier Verlag, 1981, Seite 22	13
2.11	Buchstabe »M« in der Schrift <i>Arial</i> , als Vertreter für die Gruppe der Groteskschriften, erstellt mit Microsoft Office	
2.12	Buchstabe »M« in der Schrift Bauhaus 93, als Vertreter für die Gruppe der Avantgarde Schriften, erstellt mit Microsoft Office 2010	13
2.13	Einfluss der Druckverfahren auf die Schriften, aus Frutiger, Adrian: Der Mensch und seine Zeichen. 2. Aufage. Wiesbaden: Marix Verlag, 2011, Seite 93	15
3.1	Die Konstruktion der Schrift capitalis monumentalis am Beispiel der Buchstaben »M« und »O« , aus Ohlsen, Walter: Monumentalschrift– Monument– Mass: Proportionierung des Inschriftalphabets und des Sockels der Trajanssäule in Rom. 1. Aufage. Hamburg: Fridrich Wittig Verlag, 1981, Seite 55	19
3.2	Schriftzug der Trajanssäule in Rom in capitalis monumentalis, abgerufen am 09.10.2011, http://penelope.uchicago.edu/~grout/encyclopaedia_romana/imperialfora/trajan/columbtml	
3.3	Konstruktion von Buchstaben zur Renaissancezeit; aus aus Ohlsen, Walter: Monumentalschrift- Monument- Mass: Proportionierung des Inschriftalphabets und des Sockels der Trajanssäule in Rom. 1. Aufage. Hamburg: Fridrich Wittig Verlag, 1981, Seite 17	21
3.4	Verwendung von Bitmaps, aus Knuth, Donald E.: Digital Typography. CSLI Lecture Notes Number 78. Stanford, California: CSLI Publications, 1999, Seite 60	24
3.5	Ein Bytemap des Kleinbuchstaben »b« bei einem Raster von 25 \times 30 Punkte, aus Karow, Peter: Digitale Schriften: Darstellung und Formate. 2. Aufage. Berlin: Springer-	
	Verlag, 1992, Seite 64	25

3.6	Bitmaps in unterschiedlichen Auflosungen, erstellt mit	
	FontForge	26
3.7	Bytemaps mit 8 Bit Information pro Rasterpunkt in unter-	
	schiedlichen Auflösungen, erstellt mit FontForge	26
3.8	Beispiel für ein geschlossenes Vektorformat, aus Karow,	
	Peter: Digitale Schriften: Darstellung und Formate. 2. Auf-	
	age. Berlin: Springer-Verlag, 1992, Seite 70	28
3.9	Ein Beispiel für eine kubische Bézierkurve, erstellt mit	
	Inkscape	30
3.10	Buchstabe »a« in der Schrift »Frutiger« definiert durch	
	die kubischen Bézierkurven, abgerufen am 27.12.2011, http:	
	$//www.typografie.info/2/wiki.php?title=TrueType . \ . \ . \ .$	31
3.11	Darstellung von Buchstaben im IKARUS-Format, aus Ka-	
	row, Peter: Digitale Schriften: Darstellung und Formate. 2.	
	Aufage. Berlin: Springer-Verlag, 1992, Seite 253	36
3.12	Sensorbedienung bei einer Handdigitalisierung, aus Ka-	
	row, Peter: Digitale Schriften: Darstellung und Formate. 2.	
	Aufage. Berlin: Springer-Verlag, 1992, Seite 435	36
3.13	Buchstabe »A« erstellt mit METAFONT, aus Karow, Peter:	
	Digitale Schriften: Darstellung und Formate. 2. Aufage.	
	Berlin: Springer-Verlag, 1992, Seite 81	38
3.14	Beispiel für unterschiedliche Stille von einer METAFONT	
0 1	Schrift, erstellt unter der Benutzung unterschiedlicher Pa-	
	rameter, aus Knuth, Donald E.: Digital Typography. CSLI	
	Lecture Notes Number 78. Stanford, California: CSLI Pu-	
	blications, 1999, Seite 50	39
3.15	Eine Erzeugung von zufälligen Variationen einer Schrift in	0)
5 5	METAFONT, aus Knuth, Donald E.: Digital Typography.	
	CSLI Lecture Notes Number 78. Stanford, California: CSLI	
	Publications, 1999, Seite 58	39
3.16		37
J. 20	rechnung in ein Rasterformat, aus Karow, Peter: Schrift-	
	technologie: Methoden und Werkzeuge. Berlin: Springer-	
	Verlag, 1992, Seite 114	41
3.17	Besondere Techniken für Verbesserung der Ausgabe bei	41
J.1/	TrueType, aus Karow, Peter: Digitale Schriften: Darstel-	
	lung und Formate. 2. Aufage. Berlin: Springer-Verlag, 1992,	
	Seite 169	43

3.18	Verschiedene Realisierungen der Schrift <i>Garamond</i> , erstellt mit Microsoft Office 2010	46
4.1	Der schriftgeschichtlicher Stammbaum der abendländischen Typographie, aus Libertine Open Fonts Projekt,	
	abgerufen am 25.03.2012, http://www.linuxlibertine.org/	<i>(</i> -
4.0	fileadmin/user_upload/PDF/Yggdrasil3.pdf	65
4.2	Der Weg einer Schrift vom Entwerfer zum Leser, aus Karow, Peter: Schrifttechnologie: Methoden und Werkzeuge.	
	Berlin: Springer-Verlag, 1992, Seite 104	66
4.0	Auflistung von häufig verwendeten »Hints« bei verschie-	00
4.3	denen Entwicklern, aus Karow, Peter: Schrifttechnologie:	
	Methoden und Werkzeuge. Berlin: Springer-Verlag, 1992,	
	Seite 112	67
		0 /
\bigcirc I	UELLCODEVERZEICHNIS	
Ž,	SEEECODE VERZEICHINIS	
a	3.1 Beschreibung des Buchstabens »A« in METAFONT,	
	aus Karow, Peter: Digitale Schriften: Darstellung und	
	Formate. 2. Aufage. Berlin: Springer-Verlag, 1992	38
Δ	£.1 Einbindung von Fonts über CSS	50
7	•	J -

TABELLENVERZEICHNIS

2.1	Entwicklung der Anzahl der verwendeten Zeichen in der	
	chinesischen Sprache, aus Haarmann, Harald: Geschichte	
	der Schrift: Von den Hieroglyphen bis heute. 3. Aufage.	
	München: Verlag C. Beck, 2007, Seite 51	5
2.2	Entwicklung der Geschwindigkeit des Setzens von Texten	
	pro Stunde, aus Genzmer, Fritz: Umgang mit der schwar-	
	zen Kunst. 1. Auflage. Berlin: Fachverlag Schiele & Schön	
	GmbH, 1960, Seite 84 ff	17
3.1	Anzahl von unterscheidbaren Schriften bei verschiedenen	
	Auflösungen des Rasters, aus Karow, Peter: Schrifttechno-	
	logie: Methoden und Werkzeuge. Berlin: Springer-Verlag,	
	1992, Seite 118	25
3.2	Speicherplatzverbrauch pro Buchstaben bei einer Raste-	
	rung von 100×120 Punkten für Bitmaps und Lauflängenko-	
	dierung, aus Karow, Peter: Schrifttechnologie: Methoden	
	und Werkzeuge. Berlin: Springer-Verlag, 1992, Seite 60 ff.	28
3.3	Vergleich der verschiedenen vorgestellten Formate zur	
	Speicherung von digitalen Schriften	33
3.4	Vergleich der vorgestellten Standards in der digitalen Ty-	
	pografie	44
3.5	Anzahl der Nachahmungen von bekannten Schriften, aus	
	Karow, Peter: Schrifttechnologie: Methoden und Werkzeu-	
	ge. Berlin: Springer-Verlag, 1992, Seite 216	46



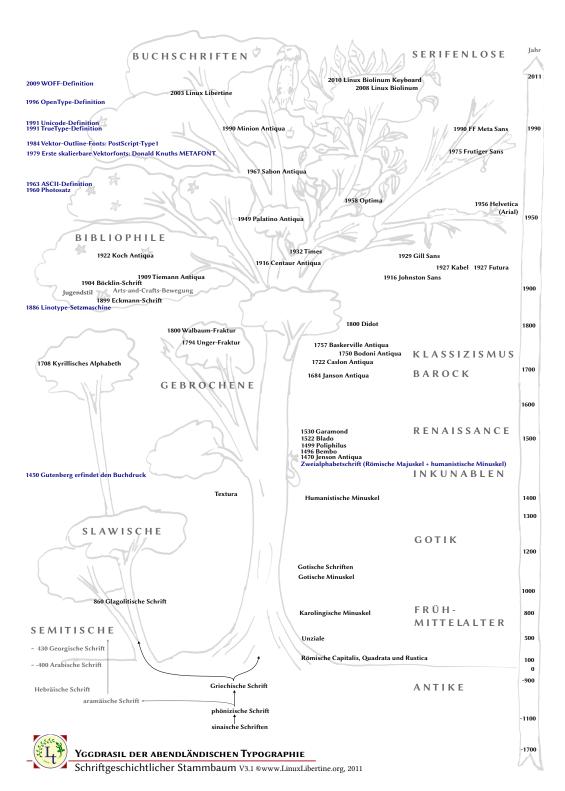


Abbildung 4.1: Der schriftgeschichtlicher Stammbaum der Typographie

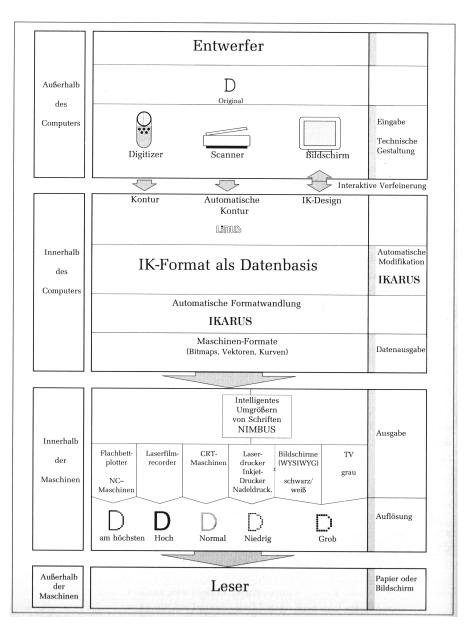


Abbildung 4.2: Der Weg einer Schrift vom Entwerfer zum Leser

Sinnbild (icon)	Instruktion (instruction)	Bedeutung		
	Balken (stem)	Einhalten der Stärken von Abstrichen mit zwei geraden, senkrechten Konturen		
-	Querbalken (bar)	Einhalten der Stärke von Querstrichen mit zwei geraden, horizontalen Konturen		
(Rundung (bow)	Einhalten der Stärke von Rundungen mit zwei runden, vertikalen Konturen		
^	Bogen (arch)	Einhalten der Stärke von Rundverbin- dungen mit zwei runden, horizontalen Konturen		
ľ	Kurvenbalken (curve stem)			
	Brücke (curve bar)	Einhalten der Stärke von horizontalen Strichen mit je einer geraden und einer runden Kontur		
	Punze (counter)	Einhalten der Stärke von Weißräumen (Punzen)		
111	Fette (weight)	kanonisches Einhalten von verwandten Strichstärken		
/	Schräge (slant)	Einhalten der Strichstärke von Schräg- strichen (Diagonalen)		
\bigcirc	Extremum (extreme)	Plazierung von extrem liegenden Kurvenpunkten (tiefste, höchste, am weitesten links oder rechts befindliche Kontrollpunkte)		
	Serife (serif)	Kontrolle von waagerechten Serifen bzw. Teilserifen		
7	Querserife (bar serif)	Kontrolle von abgestrichenen Serifen bzw. Teilserifen		
	Überhang (overhang)	Anwendung der Grundlinien zur Kontrolle der Überhänge von Bögen		
M	Spannung (tension)	Begradigung von flachen Kurven bei kleinen Punktgrößen (Optima-Schalter)		
	Fleck (spot)	Anpassung der Strichstärken für weiß- oder schwarzschreibende Geräte		
	Delta (delta)	spezielle Instruktionen von Apple/ Microsoft zum Einhalten einer Mindest- stärke für Striche		
()	Mindeststärke (dropout)	Einhalten einer Mindeststärke für Striche (Kontrolle des Herausfallens von einzelnen Pixel)		

Abbildung 4.3: Auflistung von häufig verwendeten »Hints«

SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Weiterhin erkläre ich, eine Studienarbeit in diesem Studiengebiet erstmalig einzureichen.

Berlin, 19. Mai 2012

Alexander Borisov

EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Ich bin damit einverstanden, dass Exemplare dieser Arbeit in der Bibliothek der Humboldt-Universität zu Berlin ausgestellt werden.

Berlin, 19. Mai 2012

Alexander Borisov