



# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
<b>I Überblick und Motivation der Arbeit</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1 Motivation . . . . .	4
1.2 Einordnung und Fokus der Fragestellung . . . . .	5
1.3 Kapitelaufteilung und Struktur der Arbeit . . . . .	9
<b>2 Herausforderung Langzeitarchivierung</b>	<b>11</b>
2.1 Information, Überlieferung und Archivierung . . . . .	11
2.1.1 Digitale Revolution . . . . .	13
2.2 Computer als "Kultur"-Maschine . . . . .	14
2.2.1 Computer in Wissenschaft und Forschung . . . . .	15
2.2.2 Kultur und Alltag . . . . .	16
2.2.3 Wirtschaft und Verwaltung . . . . .	17
2.3 Innere und äußere Organisation digitaler Objekte . . . . .	18
2.3.1 Digitale Bitströme und Dateien . . . . .	19
2.3.2 Dateiformate und Standards . . . . .	21
2.3.3 Datenablage . . . . .	23
2.4 Haltbarkeit digitaler Objekte . . . . .	24
2.4.1 Illusion einer ewigen digitalen Kopie . . . . .	24
2.4.2 Randbedingungen der Lesbarkeit . . . . .	25
2.4.3 Kontexte . . . . .	26
2.4.4 Abreißen der kulturellen Überlieferung . . . . .	27
2.5 Begrenzter Ansatz - Hardwaremuseum . . . . .	28
2.6 Forschungsansätze, Aktivitäten und Projekte . . . . .	30
2.6.1 Nationale Akteure . . . . .	30
2.6.2 Initiativen und Kooperationen in Europa . . . . .	32
2.6.3 Internationale Aktivitäten . . . . .	35

<b>II</b>	<b>Emulation zur Langzeitarchivierung digitaler Objekte</b>	<b>39</b>
<b>3</b>	<b>Digitale Archive als neuartige Aufgabenstellung</b>	<b>41</b>
3.1	Langzeitarchivierungsstrategien . . . . .	42
3.1.1	OAIS-Referenzmodell . . . . .	42
3.1.2	Digitalisierung analoger Medien . . . . .	45
3.1.3	Standardisierung . . . . .	46
3.1.4	Migration und Emulation . . . . .	46
3.2	Statische und dynamische digitale Objekte . . . . .	47
3.2.1	Klassische Daten . . . . .	47
3.2.2	Dynamische Daten, interaktive Objekte . . . . .	48
3.2.3	Betriebssysteme und Komponenten . . . . .	49
3.2.4	Anwendungsprogramme . . . . .	49
3.2.5	Computerspiele . . . . .	49
3.2.6	Interaktive Medien und Unterhaltung . . . . .	50
3.2.7	Datenbanken . . . . .	51
3.3	Metadaten zur Beschreibung des Archivinhaltes . . . . .	51
3.3.1	Dublin Core Metadata Set . . . . .	53
3.3.2	PREMIS Metadata Set . . . . .	57
3.3.3	Formate für Metadaten . . . . .	57
3.4	Migration . . . . .	58
3.4.1	Begriffsbestimmung . . . . .	58
3.4.2	Migrationsstrategien für Datenformate . . . . .	60
3.4.3	Regeneration und Migration von Datenträgern . . . . .	61
3.4.4	Probleme der Datentransformation . . . . .	62
3.5	Emulation . . . . .	64
3.5.1	Ansatzpunkte . . . . .	67
3.5.2	Nachbildung von Applikationen oder ihrer Funktionen . . . . .	67
3.5.3	Emulation des Betriebssystems oder dessen Schnittstellen . . . . .	70
3.5.4	Emulation der kompletten Hardwareplattform . . . . .	71
3.5.5	Emulation im Einsatz . . . . .	72
3.6	Emulation und Migration im Vergleich . . . . .	72
<b>4</b>	<b>Emulatoren - Recherche und Auswahlkriterien</b>	<b>77</b>
4.1	Recherche verfügbarer Emulatoren . . . . .	79
4.2	Klassen von Rechnerplattformen . . . . .	80
4.2.1	Frühe Großrechner . . . . .	80
4.2.2	Der sogenannte Industriestandard: X86 . . . . .	80
4.2.3	Weitere Plattformen . . . . .	81
4.2.4	Home-Computer . . . . .	82
4.2.5	Spielplattformen . . . . .	82
4.3	Erste Iteration der Emulatorensuche . . . . .	83
4.3.1	X86-Computer . . . . .	84
4.3.2	Die ersten Consumer-Geräte: Home-Computer . . . . .	86
4.3.3	Konsolenspiele und Arcade-Emulatoren . . . . .	87

4.3.4	Emulatoren der diversen Apple Rechner . . . . .	88
4.3.5	Emulatorensuche zu sonstigen Architekturen . . . . .	89
4.4	Metadaten und Auswahlkriterien . . . . .	90
4.4.1	Auswahlkriterien für die digitale Langzeitarchivierung . . . . .	91
4.4.2	Generelle Informationen . . . . .	92
4.5	Benutzergruppen und institutionelle Rahmenbedingungen . . . . .	93
4.5.1	Archive . . . . .	93
4.5.2	National-, Universitäts- und Allgemeinbibliotheken . . . . .	93
4.5.3	Forschungseinrichtungen . . . . .	94
4.5.4	Computer-, Kunst- und technische Museen . . . . .	94
4.5.5	Unternehmen und Organisationen . . . . .	95
4.5.6	Privatpersonen . . . . .	96
4.6	Nichttechnische Auswahlkriterien . . . . .	96
4.6.1	Kommerzielle oder Open Source Software . . . . .	96
4.6.2	Weitere Kriterien . . . . .	98
4.6.3	Ökonomische Erwägungen . . . . .	99
4.7	Technische Auswahlkriterien . . . . .	99
4.7.1	Anforderungen an das Host-System . . . . .	99
4.7.2	Datenim- und -export, Interaktion mit dem Host-System . . . . .	100
4.7.3	Anforderungen seitens der Nutzungsumgebung . . . . .	101
4.8	Langzeitverfügbarkeit von Emulatoren . . . . .	103
4.8.1	Softwaremigration . . . . .	104
4.8.2	Geschachtelte Emulation . . . . .	105
4.8.3	Universal Virtual Machine . . . . .	106
4.8.4	Modulare Emulationsansätze . . . . .	107
<b>5</b>	<b>Hardwareemulatoren für den Langzeitzugriff</b>	<b>109</b>
5.1	Emulation von Home-Computern . . . . .	110
5.1.1	MESS . . . . .	110
5.1.2	ARAnyM . . . . .	112
5.1.3	Home-Computer-Emulatoren auf Java-Basis . . . . .	113
5.2	Virtuelle X86-Maschinen . . . . .	114
5.3	VMware - Pionier der X86-Virtualisierung . . . . .	115
5.3.1	Virtualisierer für den Desktop - Workstation . . . . .	115
5.3.2	Workstation 3.2 . . . . .	119
5.3.3	Workstation 4.0 . . . . .	120
5.3.4	Workstation 4.5 . . . . .	121
5.3.5	Workstation 5.0 . . . . .	121
5.3.6	Workstation 5.5 . . . . .	122
5.3.7	Workstation 6.0 . . . . .	122
5.3.8	VMware Player . . . . .	123
5.3.9	VMware Server . . . . .	123
5.3.10	VMware Fusion . . . . .	123
5.4	Weitere kommerzielle Virtualisierer . . . . .	124
5.4.1	Parallels Workstation und Desktop . . . . .	124

5.4.2	Virtual PC und Server für X86 . . . . .	125
5.5	Open-Source-Virtualisierer . . . . .	126
5.5.1	VirtualBox . . . . .	127
5.5.2	DOSEMU . . . . .	130
5.6	X86-Hardwareemulatoren . . . . .	131
5.6.1	QEMU . . . . .	131
5.6.2	Bochs . . . . .	135
5.6.3	Java PC Emulator - Dioscuri . . . . .	135
5.6.4	University of Oxford Java PC Emulator . . . . .	137
5.6.5	DOSBOX . . . . .	139
5.7	Emulatoren und -Virtualisierer im Vergleich . . . . .	140
5.7.1	Praktische Implikationen . . . . .	142
<b>III View-Path, Referenzumgebung und Softwarearchiv</b>		<b>145</b>
<b>6</b>	<b>View-Paths und Referenzumgebungen</b>	<b>147</b>
6.1	Anforderungen an die Objektaufnahme . . . . .	149
6.2	Objektzugriff . . . . .	151
6.2.1	Zugriff auf nicht-archivierte Objekte . . . . .	153
6.3	Der Weg zum Objekt . . . . .	153
6.4	Aggregation von View-Paths . . . . .	156
6.4.1	Ökonomie und Aufwand . . . . .	157
6.5	Referenzumgebungen . . . . .	159
6.5.1	Lokale Workstations . . . . .	160
6.5.2	Virtuelle Maschinen . . . . .	162
6.5.3	Zentralisierte Systeme mit Fernzugriff . . . . .	163
6.5.4	Problemfelder und Herausforderungen . . . . .	164
6.6	Vorbereitete Umgebungen . . . . .	166
6.6.1	Kombinierte Primärobjekte . . . . .	167
6.6.2	Thematische Zusammenfassung . . . . .	168
6.7	View-Paths im Zeitablauf . . . . .	169
6.7.1	Archivtypen . . . . .	171
6.7.2	Nutzergruppen . . . . .	171
6.7.3	Langfristige Perspektive . . . . .	173
6.8	Wege des Datenaustauschs . . . . .	174
6.8.1	Netzwerkprotokolle . . . . .	175
6.8.2	Disketten-Images . . . . .	176
6.8.3	Virtuelle optische Wechseldatenträger . . . . .	177
6.8.4	Virtuelle Festplatten . . . . .	178
6.8.5	Spezielle Datentransportpfade . . . . .	179

<b>7</b>	<b>Softwarearchiv der Sekundärobjekte</b>	<b>181</b>
7.1	View-Paths und benötigte Software . . . . .	182
7.2	Bestandteile eines Emulationssoftwarearchivs . . . . .	184
7.2.1	Art der Ablage . . . . .	185
7.2.2	Softwarevarianten . . . . .	186
7.3	Applikationen . . . . .	187
7.3.1	Viewer und Editoren . . . . .	187
7.3.2	Skriptsprachen und Runtime Environments . . . . .	189
7.3.3	Spiele . . . . .	189
7.4	Betriebssysteme . . . . .	190
7.5	Hardware- und Softwaretreiber . . . . .	190
7.5.1	Benötigte Treiber . . . . .	191
7.5.2	Hardwaretreiber kommerzieller Betriebssysteme . . . . .	193
7.5.3	Quellen und Beschaffung . . . . .	193
7.5.4	Hardwaretreiber in Open-Source-Betriebssystemen . . . . .	195
7.6	Emulatoren . . . . .	195
7.7	Hilfsprogramme . . . . .	196
7.7.1	Softwarebibliotheken für verschiedene Aufgaben . . . . .	197
7.7.2	Host-Plattform . . . . .	197
7.7.3	Nutzungsumgebung . . . . .	198
7.8	Archivmanagement . . . . .	199
7.9	Verteilung und Redundanz . . . . .	200
7.10	Archivierung von Datenträgern . . . . .	202
7.10.1	Rechtzeitige Datenträgermigration . . . . .	203
7.10.2	Dateien direkt auslesen . . . . .	205
7.10.3	Virtuelle Datenträger . . . . .	206
7.10.4	Installationsdisketten . . . . .	207
7.10.5	Optische Datenträger . . . . .	208
7.10.6	Virtuelle Festplatten . . . . .	209
7.10.7	Problemstellungen . . . . .	210
7.11	Zugriffssteuerung und Rechtemanagement . . . . .	211
7.11.1	Schutzvorrichtungen auf Datenträgerebene . . . . .	212
7.11.2	Schutzvorrichtung an Software und statischen Objekten . . . . .	213
7.11.3	Rechtemanagement im Softwarearchiv . . . . .	213
<b>8</b>	<b>Fazit</b>	<b>215</b>
8.1	Grenzen und neue Herausforderungen . . . . .	220
<b>IV</b>	<b>Anhang</b>	<b>223</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>225</b>
A.1	Emulator-Recherche: Erste Ergebnisse . . . . .	225
A.1.1	Großrechner . . . . .	226
A.1.2	Home-Computer . . . . .	226

A.1.3	Konsolen und Arcade Emulatoren . . . . .	228
A.1.4	Emulatorenuche zu sonstigen Ansätzen . . . . .	229
A.2	Begleitende Experimente . . . . .	230
A.3	Spezielle virtuelle Multi-Installationsdatenträger . . . . .	231
A.3.1	Multi-Installations-ISO . . . . .	231
A.3.2	Installation aus einer Netzwerkquelle . . . . .	232
A.4	Anwendung: Computerspiele-Museum . . . . .	234
A.4.1	Experimente und Setups . . . . .	235
A.4.2	Erkenntnisse . . . . .	236
A.5	Datenträger . . . . .	238
A.5.1	Computerdisketten . . . . .	239
A.5.2	Magnetfestplatten . . . . .	240
A.5.3	Optische Datenträger . . . . .	241
A.5.4	Weitere Datenträger . . . . .	244
<b>B</b>	<b>Glossar</b>	<b>245</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>263</b>