

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Inhaltsverzeichnis | 1 |
| I Überblick und Motivation der Arbeit | 1 |
| 1 Einleitung | 3 |
| 1.1 Motivation | 4 |
| 1.2 Einordnung und Fokus der Fragestellung | 5 |
| 1.3 Kapitelaufteilung und Struktur der Arbeit | 9 |
| 2 Herausforderung Langzeitarchivierung | 11 |
| 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 |



| | | |
|-----------|---|-----------|
| II | Emulation zur Langzeitarchivierung digitaler Objekte | 39 |
| 3 | Digitale Archive als neuartige Aufgabenstellung | 41 |
| 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 |
| 4 | Emulatoren - Recherche und Auswahlkriterien | 77 |
| 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 | Emulatorenuche 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 |
| 5 | Hardwareemulatoren für den Langzeitzugriff | 109 |
| 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 |
| III | View-Path, Referenzumgebung und Softwarearchiv | 145 |
| 6 | View-Paths und Referenzumgebungen | 147 |
| 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 |



| | | |
|-----------|---|------------|
| 7 | Softwarearchiv der Sekundärobjekte | 181 |
| 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 |
| 8 | Fazit | 215 |
| 8.1 | Grenzen und neue Herausforderungen | 220 |
| IV | Anhang | 223 |
| A | Anhang | 225 |
| 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 | Glossar | 245 |
| | Literaturverzeichnis | 263 |