

Seminar
Langzeitarchivierung
Transformation digitaler Objekte

Robert Berger
1070823
08.06.2009

Aufgabensteller:
Prof. Dr. Uwe M. Borghoff
Betreuer:
Dipl.-Inform. Nico Krebs



Institut für Softwaretechnologie
Fakultät für Informatik
Universität der Bundeswehr München

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	3
---------------------------	---

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	4
1.1 Begriffserläuterungen	4
1.2 Motivation	5
2 Migrationsstrategien der Transformation	5
2.1 Updates innerhalb der Softwarefamilien	5
2.2 Einsatz von Konvertierungstools	6
2.3 Import- und Exportfunktion	7
3 Transformation in der Praxis	8
3.1 Risiken	8
3.2 Lösungsansätze und Praxistauglichkeit	9
4 Ausblick	11
5 Literaturverzeichnis	12

1 Einleitung

1.1 Begriffserläuterungen

Die *Transformation* ist, neben Refreshment, Replication und Repackaging, einer der vier Aspekte von Migrationsprozessen nach dem OAIS (Open Archival Information System) Referenzmodell [CCSDS, 2002]. Unter der *Migration* versteht man den Transfer digitaler Informationen von einer älteren Hard-/Softwarekonfiguration zu einer anderen Konfiguration in bestimmten Intervallen [Borghoff et al., 2006]. „Die zu erhaltenden digitalen Objekte werden, folgend den sich verändernden technischen Umgebungsbedingungen, Prozeduren unterzogen, die ihre Benutzbarkeit auch unter den neuen Bedingungen gewährleisten sollen“ [Neuroth et al., 2004]. Verglichen mit der alternativen Migrationsform, der Datenträgermigration (vgl. Abbildung 1), beinhaltet die Transformation Migrationsstrategien, die auf der Änderung der logischen Struktur, das heißt des Datenformats beruhen. Genau genommen werden bei dieser Art der Formatmigration Inhaltsdaten des Archivpakets verändert. Die dazugehörigen Migrationsstrategien *Aktualisierung innerhalb der Produktfamilien*, *Einsatz von Konvertierungstools* und die *Konvertierung von Fremdformaten mit Hilfe von Import- und Exportfiltern* werden in Kapitel 2 näher erläutert und mit Beispielen verdeutlicht. Kapitel 3 beschreibt die Risiken der Transformation und erörtert mögliche Lösungsansätze und deren Praxistauglichkeit. Die aktuellen Gegebenheiten der Langzeitarchivierung und zukünftige Umstände werden in Kapitel 4 aufgezeigt.

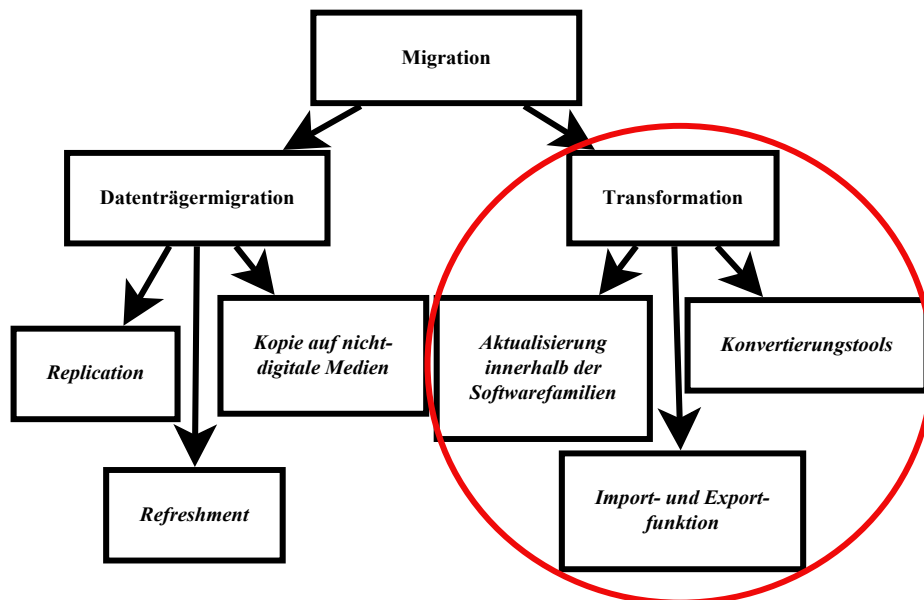


Abbildung 1: Überblick Migration

1.2 Motivation

Es stellt sich die Frage, warum genau die Transformation ein bewährtes Mittel für die Langzeitarchivierung digitaler Objekte ist, beziehungsweise warum man auf diesen Migrationsprozess nicht mehr verzichten kann. Betrachtet man dazu den raschen Anstieg elektronisch vorhandener Daten (vgl. bspw. [BABS, 2006]), die schnell verlaufenden Innovationszyklen der Hard- und Softwarebranche¹ und die Kurzlebigkeit vieler Datenformate, so ist man bei den vielen Produktherstellern und deren wachsender und unüberschaubarer Vielzahl verschiedener Formate darauf angewiesen eine oder besser mehrere verlässliche Strategien zu nutzen, um digitale Informationen im Bezug auf die Langzeitarchivierung auch mit möglichst geringem Informationsverlust aufzubewahren. Somit wird die Herausforderung, bestehende Migrationsformen weiterzuentwickeln und zuverlässig in der Praxis für die langfristige elektronische Sicherung digitaler Objekte einzusetzen, immer dringlicher. Ein weiterer Punkt ist, dass eine Fülle von Informationen nur noch in digitaler Form vorhanden sind und dementsprechend in besonderem Maße von Verlust bedroht sind. Daher wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit untersucht, inwieweit sich die Transformation mit ihren im nächsten Kapitel vorgestellten Migrationsstrategien als zuverlässige und eventuell zukunftssichere Migrationsform behauptet.

2 Migrationsstrategien der Transformation

2.1 Updates innerhalb der Softwarefamilien

Von Zeit zu Zeit kommt es vor, dass Software-Firmen neue Produkt-Updates (Service Packs) und auch neue Software-Versionen für einzelne Produktfamilien auf den Markt bringen beziehungsweise für den Nutzer zum Download bereitstellen. Diese beheben in erster Linie Fehler in der Funktion des Programmes, schließen Sicherheitslücken oder integrieren neue Funktionen. Nutzer der jeweiligen Software werden angehalten diese Aktualisierungen auch vorzunehmen, um immer auf dem aktuellsten Stand zu sein und das Programm in seinem vollen Umfang optimal nutzen zu können. Dazu gehört auch das Arbeiten mit aktuellen Datenformaten. Als konkretes Beispiel bieten sich hier die Microsoft Office Produkte an, denn das US-amerikanische Unternehmen stellt in unregelmäßigen Abständen neue Office Pakete vor (z.B. Office 2000, Office 2003, Office 2007). Bei der Aufwärtskompatibilität

¹vgl. hierzu das 1965 von Gordon Earl Moore formulierte sogenannte *Moore'sche Gesetz*, welches besagt, dass sich die Anzahl der Transistoren auf einem Mikroprozessor alle 18 Monate verdoppelt
(<http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/technik/index,page=1193982.html>, eingesehen am 27.05.2009)

treten in der Regel kaum bis gar keine Informationsverluste auf. Das heißt, eine zum Beispiel mit Powerpoint 2003 erstellte Präsentation ist mit Powerpoint 2007 ausführbar und natürlich in das neuere Datenformat überführbar. Umgekehrt können aber sehr wohl Informationsverluste, zum Beispiel bei diversen Animationen auftreten.

Allgemein ist auch unklar, ob sich ein neues Format überhaupt noch mit der älteren Software-Version laden und bearbeiten lässt, da sich schon die Dateierweiterung und somit das eigentliche Format geändert haben könnte, wie es bei Office 2007 der Fall war. Hier wurde ein neues Dateiformat eingeführt, das auf XML basiert; erkennbar an den neuen Endungen (*.docx, *.xlsx, *.pptx, ...) [Rice, 2006]. In solchen Fällen gibt es in vielen neueren Software-Generationen einen sogenannten Kompatibilitätsmodus, um den Nutzern der älteren Version den Umstieg auf die aktuelle zu erleichtern und ältere Datenformate noch nutzen zu können.

Letztendlich stellt sich die Frage, ob diese Art der Transformation auf Dauer einsetzbar und realisierbar ist, da hier vor allem der finanzielle Faktor für jeden einzelnen eine sehr wichtige Rolle spielt.

2.2 Einsatz von Konvertierungstools

Derzeit gibt es eine Vielzahl größtenteils kostenloser Konvertierungstools im Internet, um von einem Dateiformat in ein anderes zu migrieren. Es besteht beispielsweise die Möglichkeit mit einem einzigen Tool von sämtlichen Video-, Audio- oder Bildformaten in das jeweils gewünschte Format zu konvertieren. Des Weiteren stellen verschiedene Internetseiten² den kostenlosen Service bereit, Clips von Videoportalen wie YouTube oder MyVideo online in ein gängiges Audioformat oder in ein anderes Videoformat umzuwandeln. Dabei lassen sich sogar die Audio- und Videobitraten einstellen und nach der Konvertierung steht die Datei dann ganz bequem zum Download für den Nutzer zur Verfügung. Bei der Menge von Formaten bietet es sich an, ein gemeinsames Zwischenformat im Programm zu integrieren, damit der Programmieraufwand für die jeweiligen Formate überschaubar bleibt (siehe Abbildung 2 auf Seite 7).

Ziel dieser Methode ist es, alte Datenformate für die in absehbarer Zeit kein Programm mehr verfügbar sein wird, das dieses Format interpretieren kann, rechtzeitig in ein aktuelleres Format umzuwandeln. Der wohl größte Nachteil dieser Tools sind die Informationsverluste, die während der Konvertierungen auftreten. Und mit Umwandlung in ein Zwischenformat läuft man Gefahr gleich zweimal Informationen zu verlieren [Borghoff et al., 2006].

²z.B. <http://vixy.net/> und <http://www.filsh.net/> (eingesehen am 27.05.2009)

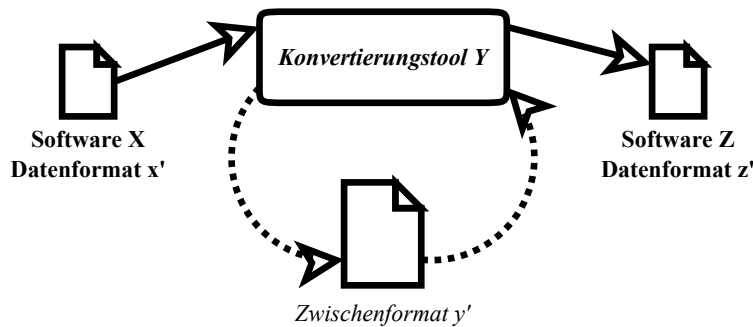


Abbildung 2: Einsatz eines Konvertierungstools

2.3 Import- und Exportfunktion

Viele Software-Hersteller bieten einen *Importfilter* integriert in ihren Produkten, um Dateien, die mit Programmen der Konkurrenz erstellt wurden, mit der eigenen Software laden und bearbeiten zu können. Diese zusätzliche Option macht das Produkt für den Anwender wesentlich benutzerfreundlicher, jedoch besteht auch hier die Möglichkeit Informationen während der Einbindung zu verlieren, da die Hersteller nur wenige oder gar keine Spezifikationen des jeweiligen Dateiformats der Konkurrenz vorliegen haben und so die entsprechenden Dateien nur mehr oder weniger fehlerhaft integriert werden können.

Ebenso kommen *Exportfilter* zum Einsatz, die das Abspeichern des eigenen Formats in das Format von Konkurrenzprodukten ermöglichen. Hierbei werden, je nach Software, die gängigsten Dateiformate unterstützt. Jedoch soll auch verhindert werden, dass man den Nutzer an die Konkurrenz verliert und dementsprechend weniger Wert wird dann auf Umsetzung und Funktion der Exportfilter gelegt [Borghoff et al., 2006].

Ein gutes Beispiel für das Arbeiten mit Fremdformaten bietet der Vergleich der freien Bürosoftware OpenOffice und des proprietären Office 2007 von Microsoft. OpenOffice bietet in seiner neuesten Version einen Importfilter, um die auf aktuellen XML basierten Formate von Office 2007 einbinden zu können. Weiterhin stehen dem Nutzer Exportfilter für ältere Microsoft Office Versionen und gängige Formate, wie zum Beispiel PDF, zur Verfügung. So versuchen kleinere Software-Unternehmen sich Marktanteile zu verschaffen und Kunden zu gewinnen. Insgesamt spielen der Ab- beziehungsweise Umsatz und die Kundenzufriedenheit eine wichtige Rolle, denn je einfacher und umfangreicher man dem Kunden das Produkt zur Verfügung stellt, desto stärker steigt die Konkurrenzfähigkeit und die Marktposition des Softwareherstellers.

3 Transformation in der Praxis

3.1 Risiken

Leider bringt die Transformation neben den vielen Vorteilen und Möglichkeiten der Konvertierung mitunter auch gravierende Nachteile mit sich. Zum einen besteht die Gefahr von *Verfälschungen* mit jedem Migrationsschritt. Und dieses Problem verschärft sich mit der Häufigkeit der Migrationen. Ein Beispiel ist die unterschiedliche Darstellung eines UML (*Unified Modeling Language*) Klassendiagramms im ASCII-Code³, welches zum einen im Original vorliegt und zum anderen mit L^AT_EX eingelesen wurde (siehe hierzu Abbildung 3 auf Seite 9). Diese Unterschiede kommen durch die verschiedenen Interpretationen von Zwischenraumfolgen und Zeilenwechsellinien zustande [Borghoff et al., 2006]. Im Laufe der Jahre können solche Verfälschungen sogar denn Sinn beziehungsweise den Wahrheitsgehalt von Informationen verzerren.

Dass sich die rasante Entwicklung der Hardware- und Softwaretechnologie nicht nur positiv, sondern auch negativ auswirken kann, wird bei digitalen Informationen deutlich, die nicht einer Transformation unterzogen wurden und damit für die aktuelle Technik nicht mehr verarbeitbar sind⁴. Daten werden nicht migriert, weil man zum Beispiel bewusst das Originaldokument archivieren möchte oder weil persönlich als eher unwichtig erachtete Daten für die langfristige Sicherung nicht in Frage kommen. Natürlich spielt bei dieser Problematik auch die extreme Kurzlebigkeit von Datenformaten eine wesentliche Rolle. Schon Jeff Rothenberg beschrieb Mitte der 1990 Jahre das Problem des „Digital Disaster“:

„There is as yet no viable long-term strategy to ensure that digital information will be readable in the future. Digital documents are vulnerable to loss via the decay and obsolescence of the media on which they are stored, and they become inaccessible and unreadable when the software needed to interpret them, or the hardware on which that software runs, becomes obsolete and is lost“ [Rothenberg, 1999].

Im gleichen Atemzug ist der *Informationsverlust*, der während der Transformation auftreten und noch deutlich schlimmere Auswirkungen haben kann,

³American Standard Code for Information Interchange - 7 Bit Zeichenkodierung; <http://www.computerlexikon.com/definition-ascii> (eingesehen am 28.05.2009)

⁴Die NASA hat 1979 Daten, die von der Raumsonde Pioneer vom Saturn zur Erde übertragen wurden, auf vier verschiedenen Datenträgern (9-Spur-Magnetband, 7-Spur-Magnetband, Lochstreifen und Lochkarte) archiviert. Diese Daten sind 1994 nicht mehr lesbar gewesen, da die NASA keine kompatiblen Lesegeräte mehr zur Verfügung hatte [Stoll, 1996].

zu nennen. Beispielsweise gehen bei der Migration eines Microsoft Word Dokument in das Portable Document Format (PDF) die Funktionalität, Text ändern zu können, Makros, integrierte Berechnungen oder auch Animationen verloren, obwohl das Aussehen erhalten bleibt [Rauch und Rauber, 2005]. Des Weiteren ist die Transformation mit einem *regelmäßigen Arbeitsaufwand* verbunden, da sich in ungleichmäßigen Abständen das Datenformat ändert und ein Migrationsschritt notwendig ist. Dies könnte bei der derzeitig wachsenden Anzahl von Formaten zu einem größeren Problem werden. Bei der Vielzahl an Konvertierungstools und Import-/Exportfiltern kommt erschwerend hinzu, die Migrationsstrategie zu finden, die sich am besten für das gewünschte Zielformat eignet. Als letztes sei zu erwähnen, dass auch der *Kostenfaktor*, wie schon in Abschnitt 2.1 angedeutet, heutzutage eine wichtige Rolle spielt. Jeder einzelne Nutzer bis hin zu einem Unternehmen versucht die Kosten für die Entwicklung und Umsetzung der Migrationsprozesse so gering wie möglich zu halten, wobei es beispielsweise auch in der Zukunft notwendig sein wird, ständig Konvertierungstools für neu eingeführte Datenformate zu entwickeln.

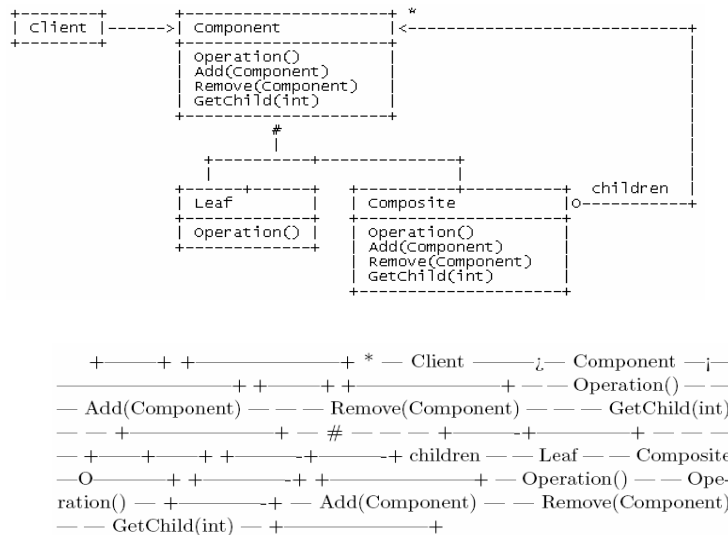


Abbildung 3: oben: Original⁵; unten: in L^AT_EX geöffnet

3.2 Lösungsansätze und Praxistauglichkeit

Natürlich muss man sich auch Gedanken machen, wie man den Risiken aus dem vorherigen Abschnitt entgegenwirken kann, um die Transformation als sicheren Migrationsprozess für die Zukunft der digitalen Langzeitarchivierung zu festigen. Wie diese möglichen Verfahren sich in der Praxis bewähren,

⁵<http://c2.com/cgi/wiki?UmlAsciiArt> (eingesehen am 28.05.2009)

gilt es auch zu untersuchen. Gänzlich lassen sich die Probleme der einzelnen Migrationsstrategien nicht beseitigen, jedoch können sie durch einige Vereinheitlichungen beziehungsweise Verallgemeinerungen auf ein Minimum beschränkt werden.

Zum einen besteht die Möglichkeit das *Originaldokument*, sofern noch vorhanden, zu archivieren, um die erste Fassung bei einem zu hohen Grad an Verfälschung oder gar zu hohem Informationsverlust wiederherstellen zu können. Jedoch gilt es als fast unmöglich, diese Ursprungsdaten in der Langzeitarchivierung nach vielen Jahrzehnten noch auslesen zu können, da die, wie schon im vorherigen Abschnitt erwähnten technischen Voraussetzungen nicht mehr vorhanden sein könnten und zum anderen Spezialwissen im Umgang mit den jeweiligen Formaten Voraussetzung sein könnte.

Ebenfalls gibt es den Vorschlag, eine Art „*Gebrauchsanweisung*“ für die Vielzahl verschiedener Datenformate anzulegen, die alle wichtigen Informationen (*Metadaten*) für den Umgang und die Bearbeitung des jeweiligen Formats beinhaltet, damit auch zukünftige Generationen eine Wiedergabeumgebung schaffen können [Borghoff et al., 2005]. Diese Möglichkeit ist in der Erstellung und Erhaltung mit relativ geringem Arbeitsaufwand verbunden, jedoch ist die Beschaffung und Sammlung solcher Datenformatinformationen sehr aufwändig und in der Praxis schwer zu realisieren. Dass dies aber auch funktionieren kann, zeigt die Dublin Core Metadata Initiative (DCMI)⁶, die ein Schema entwickelt hat, das aus einer Sammlung einfacher und standardisierter Konventionen zur Beschreibung von Dokumenten und anderen Objekten im Internet besteht [DCMI, 2008]. Es beinhaltet 15 Elemente wie zum Beispiel einen eindeutigen Bezeichner, technische Daten, Beschreibung des Inhalts, Personen und Rechte, Vernetzung und Lebenszyklus.

Sicherlich der sinnvollste Aspekt ist die Einführung beziehungsweise Förderung von *einheitlichen, nicht proprietären Datenformaten*, um Kosten für die vielen Transformationen in aktuelle Formate zu senken, die Vielzahl herstellerepezifischer Datentypen in einem einheitlichen Standard zusammenzubringen und damit in Bezug auf die Langzeitarchivierung inhaltliche Dokumentstrukturierungen aufrecht zu erhalten. Beispiele für solche Normstandards sind Standard General Markup Language (SGML, ISO⁷ 88879), eXtensible Markup Language (XML), eXtensible Style Language (XSL) und eXtensible Linking Language (XLink). Natürlich gilt das auch für Standard-Dokumentdefinitionen (DTD) wie z.B. MathML für mathematische Formeln, CML für chemische Formeln, SVG für Vektorgrafiken, die ISO DocBook DTD, den Open e-Book Standard oder auch die xDiML - für Dissertationen Online [Dobratz und Tappenbeck, 2003].

Bei der Umsetzung und Verwirklichung der Dokumentenstandards müssen

⁶<http://dublincore.org/>

⁷International Organization for Standardization - Internationale Vereinigung von Normungsorganisationen, Sitz in Genf

die Softwarehersteller wohl einige Kompromisse eingehen und Einschränkungen gegenüber ihrer spezifischen Datenformate hinnehmen. Hinzu kommt, dass nicht nur softwareunabhängige Dateiformate eingeführt und standardisiert werden, sondern, dass es auch Hersteller gibt, die ihre Formate bereits vereinheitlichen lassen haben. Beispielsweise hat Microsoft sein Office Open XML Format (siehe Abschnitt 2.1 auf Seite 5) ISO-standardisieren lassen.

4 Ausblick

In Deutschland haben sich schon verschiedene Institutionen und Initiativen, wie zum Beispiel das Bundesministerium für Bildung und Forschung, die Deutsche Bibliothek in Frankfurt, Bibliotheken und Archive in den Bundesländern sowie Arbeitsgruppen verschiedener Verbände, dem Problem der digitalen Langzeitarchivierung angenommen [Heinze, 2005]. Zu erwähnen sei an dieser Stelle die Arbeit und Entwicklung des „Kompetenznetzwerks Langzeitarchivierung“⁸, das dem dringenden Handlungs- und Diskussionsbedarf durch Bemühungen rund um die Organisation und Verantwortung Formen verleiht. Dazu wird ein Handbuch, welches das derzeitige Wissen über das Thema der Langzeitarchivierung beinhaltet, zur Verfügung gestellt [Neuroth et al., 2008]. Neben den technischen Problemen, die speziell für die Transformation in Abschnitt 3.1 angesprochen wurden, gibt es auch Schwierigkeiten bei der Organisation des Datenmanagements sowie bei den rechtlichen Rahmenbedingungen. Die Frage der Finanzierung ist ebenfalls weitgehend ungeklärt. So müssen die Regelungen des Urheberrechtes bei der digitalen Langzeitarchivierung dementsprechend angepasst werden, denn eine Formatmigration ist beispielsweise immer auch eine Veränderung der urheberrechtlich geschützten Originaldatei und fällt damit unter das Urheberrecht [Strathmann, 2006].

Ein anderes Beispiel, warum die Langzeitarchivierung auf analoger Basis (zum Beispiel Papier oder Mikrofilm) momentan noch die zweckmäßigere ist, stellt die Archivierung von digitalen Bilddaten dar. Um einen digitalen Bilddatensatz 50 Jahre zu erhalten sind 17 Migrationen notwendig, bei 500 Jahren sind es schon 170 [Tewes, 2008].

Für den gewöhnlichen Computernutzer bieten die Migrationsstrategien der Transformation, wenn auch mit Informationsverlusten, gute Möglichkeiten digitales Material privat zu archivieren. Es werden ständig neue und bessere Konvertierungstools entwickelt und die Softwarehersteller versuchen, ihre Produkte so benutzer- und anwenderfreundlich wie möglich im Umgang mit den Datenformaten zu gestalten, wobei die Wirtschaft das Ziel verfolgt einheitliche Datenformate einzuführen und damit die technische Komponente der Transformation wesentlich zu verbessern und zu vereinfachen.

⁸<http://www.langzeitarchivierung.de/>

5 Literaturverzeichnis

Literatur

- [BABS, 2006] BABS (2006). Datenstatistik: Die Langzeitarchivierung an der BSB - Entwicklung des Datenbestandes von Januar 2006 bis Februar 2007. <http://www.babs-muenchen.de/content/LZA-Datenstatistik-222007.jpg>. Das Bibliothekarische Archivierungs- und Bereitstellungssystem.
- [Borghoff et al., 2005] Borghoff, U. M., Rödiger, P., Scheffczyk, J., und Schmitz, L. (2005). Langzeitarchivierung. *Informatik-Spektrum*, 28(6):489–492.
- [Borghoff et al., 2006] Borghoff, U. M., Rödiger, P., Scheffczyk, J., und Schmitz, L. (2006). *Long Term Preservation of Digital Documents - Principles and Practices*. Springer Verlag.
- [CCSDS, 2002] CCSDS (2002). Reference Model for an Open Archival Information System (OAIS). <http://public.ccsds.org/publications/archive/650x0b1.pdf>. Consultative Committee for Space Data Systems, Blue Book, Issue 1, Washington, DC 20546, USA.
- [DCMI, 2008] DCMI (2008). Dublin Core Metadata Element Set. <http://www.dublincore.org/documents/dces/>. Version 1.1.
- [Dobratz und Tappenbeck, 2003] Dobratz, S. und Tappenbeck, I. (2003). Thesen zur Zukunft der digitalen Langzeitarchivierung in Deutschland. http://www.bibliothek-saur.de/2002_3/257-261.pdf. Bibliothek. Forschung und Praxis, Jahrgang 26 Nr. 3, S.257.
- [Heinze, 2005] Heinze, M. (2005). Innovationspfade für eine nachhaltige Informationsgesellschaft Fallstudie Digitale Langzeitarchivierung. http://www.izt.de/pdfs/Studie_Digitale_Langzeitarchivierung.pdf. IZT-Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.
- [National Library of Australia, 2009] National Library of Australia (2009). Preserving Access to Digital Information (PADI) - Migration. <http://www.nla.gov.au/padi/topics/21.html>.
- [Neuroth et al., 2004] Neuroth, H., Liegmann, H., Oßwald, A., Schefel, R., Jehn, M., und Strathmann, S. (2004). nestor - Glossar: Migration. <http://langzeitarchivierung.de/index.php?module=Encyclopedia&func=displayterm&id=8&vid=1>.

- [Neuroth et al., 2008] Neuroth, H., Liegmann, H., Oßwald, A., Scheffel, R., Jehn, M., und Strathmann, S. (2008). nestor Handbuch: Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung. <http://nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/nestor-handbuch.pdf>. Version 1.5.
- [Peters, 2006] Peters, M. (2006). Sicherung und Erhaltung archivierter Websites - Methoden. http://www.fes.de/archiv/spiegelung/8_workshop/texte/peters.htm. Friedrich-Ebert-Stiftung.
- [Rauch und Rauber, 2005] Rauch, C. und Rauber, A. (2005). Anwendung der Nutzwertanalyse zur Bewertung von Strategien zur langfristigen Erhaltung digitaler Objekte. *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie*, 52(3-4):172–180.
- [Rice, 2006] Rice, F. (2006). Einführung in die Microsoft Office (2007) Open XML-Dateiformate. <http://msdn.microsoft.com/de-de/library/aa338205.aspx>.
- [Rothenberg, 1999] Rothenberg, J. (1999). Avoiding Technological Quicksand, Finding A Viable Technocal Foundation for Digital Preservation. <http://www.clir.org/pubs/reports/rothenberg/preface.html>, Council on Library and Information Resources.
- [Stoll, 1996] Stoll, C. (1996). *Die Wüste Internet. Geisterfahrten auf der Datenautobahn*. S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main. Seite 263.
- [Strathmann, 2006] Strathmann, S. (2006). Digitaler Gedächtnisschwund. *InformationWeek*.
- [Tewes, 2008] Tewes, R. (2008). Langzeitarchivierung auf Ilford Micrographic Film von digitalen Bilddaten. http://www.dgph.de/content/sectionen/wissenschaft_technik/symposium08/Tewes-Vortrag.pdf. Das savedpictures system.