

■ VERTRAUENSWÜRDIGE PLANUNG IN DER DIGITALEN LANGZEITARCHIVIERUNG

von Christoph Becker

Inhalt

1. Einleitung
2. Planung von Langzeitarchivierung
3. Anwendung und Fallstudien
4. Kriterien und Messungen
5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung: Die Aufgabe der digitalen Langzeitarchivierung ist es, die Risiken abzuwehren, die die Vielzahl existierender digitaler Materialien auf den Ebenen der Datenströme, der Logik und der Semantik bedrohen und die langfristige Verfügbarkeit und Verständlichkeit dieser Materialien in Frage stellen. Die Mission der vertrauenswürdigen Planung besteht dabei darin, authentischen Zugriff für die Zukunft zu sichern, indem die richtigen Aktionen definiert werden, um bestimmte Inhalte zu bewahren. Diese Planung ist ein komplexes Entscheidungsproblem, bei dem eine Vielzahl an Kriterien berücksichtigt und evaluiert werden muss. Dieser Artikel beschreibt einen systematischen Ansatz zur Planung von digitaler Langzeitarchivierung. Er basiert auf der Dissertation ‚Trustworthy Preservation Planning‘, die an der Technischen Universität Wien verfasst und 2011 mit einem Preis des VFI ausgezeichnet wurde (Becker 2011). Wir stellen den Planungsansatz vor sowie eine Softwareumgebung, die die Planung unterstützt. Wir diskutieren Erfahrungen beim Einsatz in realen Problemsituationen, stellen kurz einen Ansatz zur Automatisierung der Messung von Kriterien vor und erläutern geplante Weiterentwicklungen.

Schlagwörter: Digitale Langzeitarchivierung, Planung, Entscheidungsunterstützung, Migration, Emulation

Abstract: The mission of digital preservation is to prevent risks that threaten the multitude of digital information on the levels of data streams, logical formats, and semantics, in order to assure the long-term availability and understandability of these materials. The mission of trustworthy planning thereby is to secure authentic access in the future by defining the right actions to preserve certain contents. This planning is a complex decision problem that has to consider and evaluate multiple criteria. This ar-

ticle describes a systematic approach to the planning of digital preservation. It is based on the doctoral thesis titled „Trustworthy Preservation Planning“, which was defended at the Vienna University of Technology and awarded with a prize of the VFI (Becker 2011). We discuss the planning approach and present a software environment that supports planning. We discuss experiences in real-life applications, describe a framework for automating the measurement of criteria, and outline future improvements.

Keywords: digital preservation, preservation planning, decision support, migration, emulation

1. Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten sind digitale Objekte zum primären Medium des Informationsaustausches avanciert. Auch wenn nur ein verschwindender Teil der digital produzierten Informationen aufbewahrungswürdig sein mag, sind die Datenmengen, die für die Zukunft am Leben erhalten werden wollen, noch schwindelerregend. Digitale Informationen sind im Gegensatz zu analogen Daten nicht durch die Bewahrung des Mediums alleine zu sichern: Jegliches digitale Objekt benötigt zur Herstellung einer sinngebenden Wiedergabe eine technische Umgebung, die aus den codierten Informationen eine dem Nutzer zugängliche und verständliche Darstellung produziert. Die Komplexität dieses Reproduktionsprozesses bewirkt, dass digitale Inhalte unserer Zeit auf mehreren Ebenen bedroht sind:

1. Auf der Ebene der Datenströme benötigen wir sichere Verfahren, die verlässliche Speicherung und den Schutz vor Umwelteinflüssen garantieren;
2. Auf der logischen Ebene der Datenstrukturen und Formate benötigen wir Verfahren, die eine verlässliche und authentische Wiedergabe der enthaltenen Informationen ermöglichen;
3. Auf der Ebene der Semantik muss die Verständlichkeit von Informationen sichergestellt werden.

Das erklärte Ziel der digitalen Langzeitarchivierung besteht darin, die langfristige, sichere und authentische Speicherung sowie den vertrauenswürdigen Zugriff auf digitale Inhalte in einer verwendbaren Form für eine definierte Benutzergruppe sicherzustellen. Da sich die Technologien für die Erzeugung und Wiedergabe von digitalen Inhalten stetig verändern, erfordert die Erfüllung dieses Zieles kontinuierliche Aktionen zur Bewahrung der Objekte. Nur so kann ihre Lesbarkeit sichergestellt werden, auch nachdem

die ursprüngliche technische Umgebung nicht mehr verfügbar ist. Solche Aktionen dienen daher entweder der Wiederherstellung einer äquivalenten Umgebung (Emulation) oder der (wiederholten) Konvertierung (Migration) des Objektes in eine Repräsentationsform, die mit aktuellen Umgebungen kompatibel ist (Neuroth et al., 2010).

Grundsätzlich steht meist eine Vielzahl potentieller Aktionen zur Verfügung. Deren Qualität variiert jedoch je nach eingesetzter Software stark, die Eigenschaften digitaler Objekte unterscheiden sich je nach dem Typ der Inhalte, und die Arten der Verwendung und die entsprechenden Anforderungen variieren je nach Zielgruppe und Zugriffsszenarien. Risikotoleranz, Präferenzen, Kosten und Einschränkungen technischer und organisationsbedingter Art schwanken je nach der betrachteten Sammlung von Inhalten, der verantwortlichen Organisation und ihrer Umgebung. Weiters sind all diese Faktoren konstanten Verschiebungen ausgesetzt, die es zu erkennen und zu behandeln gilt.

Die Mission der Planung von vertrauenswürdiger Langzeitarchivierung besteht also darin, authentischen Zugriff für die Zukunft sicher zu stellen, indem die richtigen Aktionen definiert werden, um bestimmte Inhalte zu bewahren. Das Kernproblem dieser Planung ist eine domänenspezifische Variante eines bekannten Problemes der Softwareherstellung – der Selektion einer optimalen Komponente zur Erfüllung spezifischer Funktionen und deren Integration in ein Software-System.

In diesem Problem der Entscheidungs-Analyse ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. Wie kann man die für eine bestimmte Situation optimale Aktion zur Langzeitarchivierung auswählen und richtig einsetzen?
2. Wie kann man dabei vertrauenswürdige Planung sicherstellen?
3. Wie können die Entscheidungsprozesse heutigen und künftigen Anforderungen entsprechend skalieren?

Dieser Beitrag stellt einen systematischen Ansatz zur Planung von Langzeitarchivierung vor. Eine Entscheidungsmethode für Situationen mit einer Vielzahl potentiell widersprüchlicher Kriterien wird begleitet von einem konkreten Arbeitsprozess und einem Softwarewerkzeug, das die Erstellung von Plänen für definierte Mengen von digitalen Objekten unterstützt. Planungsverantwortliche Entscheidungsträger evaluieren potentielle Aktionen und Komponenten auf empirische Weise, indem sie automatische Messungen in einer kontrollierten Umgebung durchführen und auf Grund der gesammelten Messdaten die Komponente auswählen, die die Anforderungen einer bestimmten Situation am Besten erfüllt.

Zu diesem Zweck stellen wir eine verteilte Software-Architektur zur Planungsunterstützung vor, in der Planung, Aktionen, und Charakterisierung eng gekoppelt und integriert sind. Das Herzstück dieser Architektur bildet das Planungswerkzeug *Plato* (Planning Tool). Diese Software implementiert die Planungsmethode und erstellt solide, automatisch dokumentierte Archivierungspläne. Das Werkzeug hat in der weltweiten Gemeinschaft der Langzeitarchivierung signifikantes Interesse erfahren und wurde bereits zur produktiven Entscheidungsfindung in mehreren nationalen Institutionen eingesetzt.

Der Artikel erforscht weiters die Schlüsselfrage der Evaluierung. Eine Analyse von Einflussfaktoren, die berücksichtigt und evaluiert werden müssen, führte zu einer Kategorisierung von Entscheidungskriterien in einer Taxonomie. Auf dieser Basis wird ein System zur automatischen Messung vorgestellt und der momentane Abdeckungsgrad der Messungen analysiert. Dadurch wird der Aufwand der Evaluierung von Komponenten reduziert, die Skalierbarkeit deutlich verbessert und die Vertrauenswürdigkeit sichergestellt. Wir stellen im Folgenden kurz den Kontext und Ansatz der Entscheidungsmethode vor, beschreiben die Softwarearchitektur des Planungssystemes *Plato* und geben eine kurze Übersicht beispielhafter Fallstudien. Danach diskutieren wir die Klassifikation von Entscheidungskriterien und eine erweiterbare Architektur, die Kriterien aus allen Kategorien der Klassifikationshierarchie unerstützt und deren Messung automatisiert. Der Abdeckungsgrad der Messungen wird anhand der Fallstudien analysiert. Abschließend folgt ein kurzer Ausblick auf Implikationen und aktuelle Forschungs-Initiativen, die auf dieser Arbeit basieren.

2. Planung von Langzeitarchivierung

Einer der Schlüssel-Motivatoren für die exakte Definition der vorgestellten Methode ist das zunehmende Bestreben der Langzeitarchivierung, die Vertrauenswürdigkeit von Archivierungslösungen zu untersuchen, zu testen und zu beweisen. Der einflussreichste Standard ist das konzeptionelle OAIS-Modell (ISO 2003). Ein darauf basierender ISO-Standard, der Kriterien für die Vertrauenswürdigkeit von digitalen Archiven definiert, ist in Vorbereitung und wird von der vorgestellten Methode gezielt unterstützt (ISO 2010). Dieser Standard legt größten Wert auf Nachvollziehbarkeit, beweis-basierende Entscheidungsfindung und transparente Dokumentation. Dieser Abschnitt stellt kurz den Kontext und die Methode der Planung vor, beschreibt die Architektur des Softwaretools *Plato* und diskutiert Anwendungen aus der Praxis.

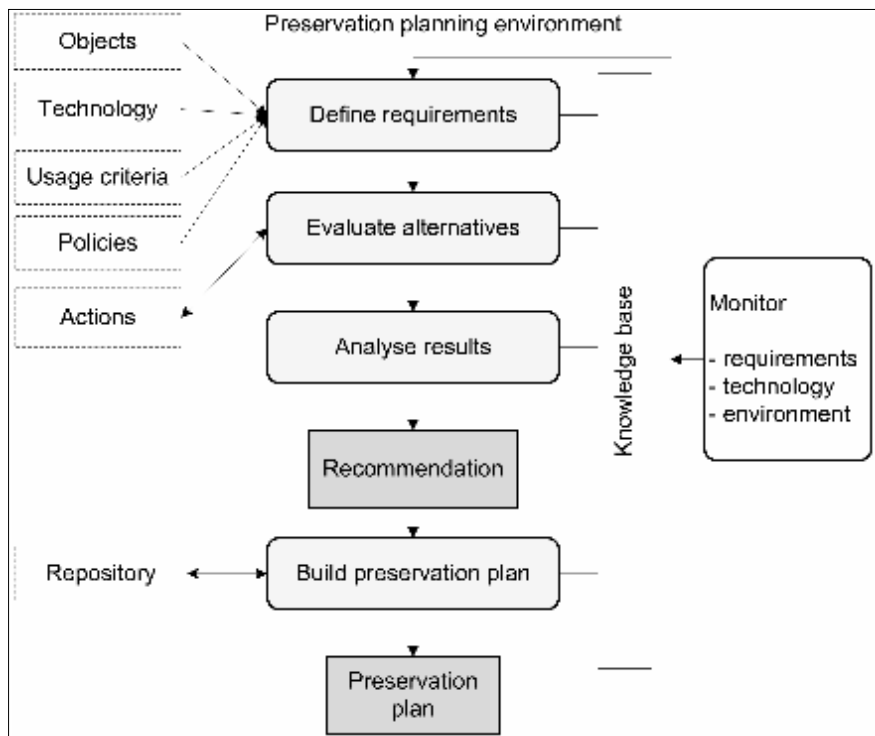


Abbildung 1: Der Planungs-Kontext in der digitalen Langzeitarchivierung

Kontext und Methode

Abbildung 1 zeigt den Kontext und die wesentlichen Elemente einer Planungsumgebung. Die Methode zur Planung von Langzeitarchivierung ist eine Entscheidungsmethode auf der Basis von multikriterieller Entscheidungsanalyse und Nutzwertanalyse. Die vier Phasen zur Plan-Erstellung werden von 14 konkreten Schritten realisiert und münden in einen Kreislauf der Überwachung und Überarbeitung existierender Pläne.

1. **Anforderungsdefinition.** – Eine genaue Definition des Kontext legt den Grundstein für eine Spezifikation repräsentativer Beispieldaten, die die Diversität der Eigenschaften der gesamten Datenmenge repräsentieren und die wesentlichen Eigenschaften der in Frage stehenden Inhalte abbilden. Anforderungskriterien werden in hierarchischer Manier definiert, indem allgemeine Ziele in quantifizierbare Kriterien verfeinert werden. Dieser Anforderungsbaum mit evaluier-

baren Kriterien bildet die Basis für die Beurteilung der Lösungskandidaten.

2. **Evaluierung von Alternativen.** – Der Evaluierungsprozess basiert auf evidenzbasierter Entscheidungsfindung, die von kontrollierten Experimenten unterstützt wird. Alle verfügbaren Lösungskandidaten werden daher in einem kontrollierten Prozess auf das Test-Datenset angewandt. In diesem Sinne wird für jedes Entscheidungskriterium ein Messwert für jedes Experiment gesammelt.
3. **Analyse und Entscheidung.** – Um systematische Vergleiche über verschiedene Kriterien zu ermöglichen, wird für jedes Kriterium eine Nutzwertfunktion definiert, wodurch alle in verschiedenen Skalen vorliegenden Messwerte in eine gemeinsame Skala transformiert werden. Relative Gewichtungen auf allen Ebenen des Anforderungsbaumes modellieren die Präferenzen der Entscheidungsträger. Eine detaillierte Analyse der resultierenden Performanz aller Kandidaten, ihrer gewichteten Nutzwerte und der Experiment-Resultate führt zu einer fundierten und genau dokumentierten Empfehlung eines Kandidaten.
4. **Plan-Definition.** – Konkrete Schritte zur operationalen Umsetzung des gewählten Kandidaten werden in einem *Preservation Plan* definiert.
5. **Ausführung und Überwachung.** – Kontinuierliche Überwachung des operativen Planes muss nicht nur die Qualität der Ausführung kontrollieren, sondern auch unvermeidliche Veränderungen der Umgebung: Verschiebungen der Zielgruppen und ihrer Anforderungen sowie Änderungen in der Verfügbarkeit und den Fähigkeiten technischer Umgebungen. Erkannte Änderungen führen zu einer neuen Iteration im Planungsprozess.

Das Planungswerkzeug Plato

Das „planning tool“ *Plato* realisiert und implementiert den beschriebenen Prozess zur Erstellung von Plänen. Plato führt den Benutzer durch konkrete 14 Schritte in den beschriebenen Phasen, bietet weitgehende Integration mit automatischen Diensten und dokumentiert sämtliche Entscheidungen im Hintergrund. Das Werkzeug ist eine frei verfügbare open source Web-Applikation auf der Basis etablierter Enterprise Java Frameworks und integriert eine erweiterbare service-orientierte Architektur zur Auffindung, Ausführung und Evaluierung von Archivierungsaktionen (*preservation actions*), um so größtmögliche Dokumentation, Standardisierung, Automa-

tisierung und Nachvollziehbarkeit der Entscheidungsschritte zu ermöglichen. Plato ist unter <http://www.ifs.tuwien.ac.at/dp/plato> erreichbar. Die wesentlichen Bausteine der flexibel erweiterbaren Architektur werden im Folgenden kurz beschrieben.

1. Eine *Wissensbasis* enthält wiederverwendbare Qualitätsmodelle und Anforderungs-Definitionen.
2. *Komponenten-Integration* ermöglicht die verteilte Einbindung von Komponenten, die Archivierungsaktionen in verschiedenster Weise realisieren. Eine Reihe von Migratons-Services ist online verfügbar; Emulatoren sind in manchen Fällen eine wertvolle Alternative. Verteilter Online-Zugriff auf Emulatoren unterstützt die Evaluierung und Entscheidung und bedeutet eine substantielle Erleichterung, da die Installation und Konfiguration einer Emulationsumgebung für reine Evaluierungszwecke oftmals als zu große Hürde empfunden wird.
3. Services zur *Charakterisierung und Evaluierung* benutzen *Informationsquellen* und *Analysewerkzeuge*.
 - a) Informationsquellen enthalten Daten zu möglichen Komponenten und Services, aber auch Datenformaten und Risikoabschätzungen.
 - b) Charakterisierungs-Adapter stellen den Zugriff auf Werkzeuge und Services bereit, die Formate identifizieren und beschreiben, Risiken beurteilen, Eigenschaften und Charakteristiken extrahieren und Objekte vergleichen. Diese Charakteristiken können von erheblicher Heterogenität und Komplexität sein und befinden sich weiters im Prozess stetiger Entwicklung. In der Integrationsarchitektur ist diese Heterogenität daher über eine Abstraktionsebene vom Planungskern entkoppelt.
4. *Repository Adapter* werden in Zukunft die Konnektoren zur Verfügung stellen, die die Planungsfunktionalität in Repository-Systeme integrieren.

	Organisationstyp	Planungs-Daten-Set	Szenario	Kriterien	Schlüsselfaktoren	Empfehlung
1	Nationale Bibliothek	Bilddaten (80TB TIFF-5 Scans)	Betreute Produktiv-Entscheidung	24	Speicherkosten, Standardisierung, Automatisierte Qualitätssicherung	Konvertierung in JPEG2000
2	Nationale Bibliothek	Bilddaten (72TB TIFF-6 Scans)	Betreute Produktiv-Entscheidung	33	Farbprofil-Komplikationen, Mangel an JPEG2000-Verbreitung	Status quo Beibehalten
3	Nationale Bibliothek	Hochauflösende Bilddaten (TIFF-6 Negativ-Scan)	Betreute Produktiv-Entscheidung	40	Prozesskosten, Browser-Unterstützung	Status quo beibehalten
4	Nationale Bibliothek	Komplexe Dokumente (PDF)	Unabhängige Produktiv-Entscheidung	35	Migrationsqualität, Komplexität zusammengesetzter Objekte	Status quo beibehalten
5	Nationale Bibliothek	Bilddaten (GIF)	Betreute Evaluierung	28	Format-Erwägungen	Konvertierung in TIFF-6 (ImageMagick)
6	Forschungs-Institution	Publikationen in verschiedenen PDFVersionen	Unabhängige Evaluierung	47	Objekteigenschaften, Format-Erwägungen	Konvertierung in PDF/A (PdfCreator)
7	Nationales Archiv	Dokumente (WordPerfect)	Unabhängige Evaluierung	38	Authentische Reproduktion der Datensätze	Original-Applikation mit Dioscuri emulieren
8	Nationales Archiv	Relationale SQL-Datenbanken	Betreute Evaluierung (Produktiv-Pilot)	67	Interaktivität und Verhalten nicht relevant, Fokus auf Dokumentation der Inhalte	Konvertierung in XML mit SIARD
9	Computer-Museum (fiktiv)	Konsolen-Videospiele (Nintendo SNES)	Betreute Evaluierung (Forschung)	81	Interaktives Spielerlebnis	Emulation mit SNES9X 1.51 oder ZSNES 1.51
10	Forschungs-Institution	DOS-Videospiele	Unabhängige Evaluierung (Forschung)	44	Emulator-Kompatibilität, interaktives Spielerlebnis, Audio/Video-Qualität	Emulation mit Dos-BOX auf Wine (Linux)
11	Professioneller Fotograf	Digitale Kamera-Rohdaten (CRW, CR2, NEF)	Betreute Evaluierung (Forschung)	69	Authentische Objekteigenschaften, Farbproduktion, integrierte Metadaten	Konvertierung in DNG (Adobe DNG Converter, verlustfreie Kompression)
12	Professioneller Fotograf	Digitale Kamera-Rohdaten (NEF)	Unabhängige Evaluierung	39	Format-Erwägungen, Prozesskontrolle	Konvertieren in TIFF (Photoshop CS4)

Tabelle 1: Einige Fallstudien, die mit Plato durchgeführt wurden

3. Anwendung und Fallstudien

Seit der ersten Veröffentlichung 2008 hat Plato stetig steigende Aufmerksamkeit in der weltweiten Gemeinschaft erfahren; Anfang 2011 waren bereits über 700 Benutzerkonten aus 45 Top Level Domains vorhanden. Eine Reihe von Fallstudien analysierte die Anwendbarkeit, Stärken und spezifische Probleme der Methode und der Softwareumgebung. Die kontinuierliche Verbesserung führte zu mehreren Fällen von produktiver Entscheidungsfindung in realen Problemsituationen in mehreren europäischen Nationalbibliotheken.

Tabelle 1 charakterisiert Kernpunkte einiger Fallstudien, zu denen Forschungs-Evaluierungen, Pilotprojekte und produktive Geschäftsentscheidungen zählen. Manche Studien wurden betreut, andere unabhängig von Dritten durchgeführt. Die analysierten Inhalte reichen dabei von digitalisierten Bilddaten im Bibliotheks-Kontext über relationale Datenbanken eines Nationalarchivs bis zu interaktiver elektronischer Kunst und Rohdaten von digitalen Kameras.

Die ersten drei Zeilen der Tabelle beschreiben eine Serie nah verwandter Entscheidungsszenarien, in denen europäische Nationabibliotheken Pläne für große Mengen an Bildmaterial erstellten. Während in einem Fall die Migration von TIFF-5 auf JPEG2000 die bevorzugte Wahl war, wurde in den beiden anderen Fällen die Beibehaltung des Status quo empfohlen. Warum wurden in derartig ähnlich gelagerten Fällen so unterschiedliche Entscheidungen getroffen?

Ein Grund liegt in der unterschiedlichen Risiko-Einschätzung zum TIFF-5 Format, das nicht gleichermaßen standardisiert ist wie TIFF-6. Ein weiterer Grund liegt in den unterschiedlichen Kostenstrukturen der betroffenen Organisationen: Im ersten Fall konnte durch eine vollständig transparente Migration zu JPEG2000 eine deutliche Einsparung bei den volumenbasierten jährlichen Speicherkosten realisiert werden. Im zweiten Fall fallen für die Speicherung im Datenzentrum keinerlei laufende Kosten an, daher war der primäre Kostenfaktor der Transfer des Datenbestandes, der volumenbasiert verrechnet wird. Im dritten Fall wiederum war die nach wie vor mangelnde Unterstützung von JPEG 2000 ausschlaggebend für die Entscheidung, abzuwarten. Es sollte in diesem Zusammenhang klargestellt werden, dass eine Entscheidung, im Moment keine Aktion durchzuführen, ein vollkommen gültiger und der Situation angemessener Plan sein kann. Speziell im dritten Fall kann es in der Zukunft zu einer Änderung der Präferenzen kommen, wenn sich etwa die Unterstützung von JPEG2000 entsprechend verbessert hat. Eine kontinuierliche Überwachung der Ent-

scheidungs-faktoren ist daher notwendig und wird gegebenenfalls zu einer Planänderung führen.

Die Entscheidungskriterien und Schlussfolgerungen dieser Studien bilden ein wertvolles Fundament, auf dessen Basis nicht nur die Anwendbarkeit der Methode geprüft und der Fortschritt der Automatisierung gemessen wird, sondern auch aktuelle Herausforderungen und künftige Ziele ableitbar sind.

4. Kriterien und Messungen

Eine Analyse der Erfahrungen in der Anwendung der Planungsmethode mit den ersten Versionen von Plato ergab eine Reihe von kritischen Herausforderungen. Unter diesen stellt die manuelle Evaluierung, also Messung von Entscheidungskriterien, die essentielle Herausforderung dar.

Klassifikation von Entscheidungskriterien

Eine detaillierte Analyse mehrerer Fallstudien führt zu der Erstellung einer Taxonomie von Entscheidungskriterien. Prinzipiell kann ein gültiges Entscheidungskriterium sich nur auf Eigenschaften einer potentiellen Aktion und deren Ergebnis beziehen. Eine weitere Aufschlüsselung ergibt die folgenden Kategorien von messbaren Entscheidungskriterien:

1. **Ergebniskriterien.** Diese Kriterien beschreiben das gewünschte Ergebnis einer Aktion.
 - a) *Objekt.* Diese Kategorie deckt alle Eigenschaften digitaler Objekte ab – sowohl gewünschte Aspekte wie die Durchsuchbarkeit von Dokumenten als auch sogenannte signifikante Eigenschaften, die den tatsächlichen Kerngehalt der Objekte ausmachen und daher auch bei der Transformation der Repräsentation oder der Umgebung eines Objektes unverändert erhalten bleiben müssen. Diese Objekteigenschaften und ihre authentische Bewahrung stellen letzten Endes das fundamentale Kernproblem der Langzeitarchivierung dar.
 - b) *Format.* Diese Kriterien beschreiben Anforderungen an die Formate, in denen digitale Inhalte repräsentiert werden. Formate stellen einen signifikanten Risikofaktor der Langzeitarchivierung dar, weshalb dies oft ein entscheidender Aspekt ist.
 - c) *Effekt.* Diese generische Kategorie beschreibt Effekte, die vom Ergebnis einer Aktion verursacht werden, jedoch nicht das Objekt selbst oder sein Format betreffen, zum Beispiel Kostenmodelle.

- 2. Aktion.** Eigenschaften der Komponenten, also der zu evaluierenden Aktionen, werden in drei Kategorien unterteilt.
- a) *Laufzeit.* Diese dynamischen Eigenschaften betreffen das Verhalten der Komponenten zur Laufzeit, Ressourcenverbrauch und Effizienz. Messungen müssen in einer kontrollierten Umgebung erfasst werden.
 - b) *Statisch.* Kriterien dieser Kategorie beziehen sich auf statische Eigenschaften der Komponenten, die nicht von empirisch zu überprüfendem Verhalten abhängig sind, wie etwa den Preis.
 - c) *Beurteilung.* Diese Kategorie sollte minimalisiert werden, ist jedoch manchmal relevant, wie zum Beispiel zur Bewertung von Benutzerfreundlichkeit. Auf Grund der Subjektivität ist eine genaue Dokumentation der Bewertung unerlässlich.

Ein erweiterbares System zur automatischen Messung von Kriterien

Basierend auf der vorgestellten Taxonomie wurde demonstriert, dass ein Großteil der Kriterien durch automatische Messungen in einer kontrollierten Umgebung bei realistischen Bedingungen evaluiert werden kann. Es wurde weiters demonstriert, dass kontrollierte Experimente und automatische Messungen die Wiederholbarkeit von Entscheidungen substantiell verbessern. Zu diesem Zweck wurden einerseits existierende Messtechniken und Werkzeuge über Adaptern in die Messumgebung eingebunden. Andererseits wurden konkrete Messinstrumente vorgestellt, die die bis dato technisch mögliche Messbarkeit erweitern (Becker & Rauber 2011). Zur Messung von Ressourcenverbrauch und Qualität von Komponenten wird eine kontrollierten Umgebung verwendet: *MiniMEE* (Minimal Migration and Emulation Engine) ist ein in Plato integriertes System zur transparenten, robusten Messung von Ressourcenverbrauch und Qualität von Programmen unter Unix, Linux, Windows und Java-Umgebungen.

Evaluierung

Zur Validierung der Taxonomie werden sämtliche bis dato definierten Fallstudien analysiert und kategorisiert sowie die Abdeckungsrate der Messungen analysiert. Letztere unterscheidet sich naturgemäß stark je nach Szenario. Die Fallstudien 1–4 etwa enthalten 32,5% statische Kriterien zur Aktion, 23% Objektkriterien, 20% Formatkriterien; die übrigen Kriterien stellen jeweils unter 10%. 67% der Kriterien dieser Studien kann bereits automatisch gemessen werden – vor allem die aufwändigen Messungen

zu Objektkriterien und dynamischem Programmverhalten sind zu 100% abgedeckt. Bei komplexeren und dynamischeren Objekttypen jedoch ergibt sich eine deutlich niedrigere Abdeckung: Die messbaren Aspekte von Formaten und Komponenten stellen oft nur 20% der Kriterien dar.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag hat überblicksweise einen systematischen Ansatz zur Planung von Langzeitarchivierung vorgestellt, der von einem bereits im breiten Einsatz befindlichen Tool unterstützt wird. Wir haben eine Reihe von Anwendungsfällen analysiert und auf deren Basis eine Klassifikation von Einflussfaktoren und Entscheidungskriterien vorgenommen. Dies bildet die Basis für ein erweiterbares System zur automatischen Messung von Kriterien. Im Prinzip kann ein Großteil der Kriterien durch automatische Messungen in einer kontrollierten Umgebung bei realistischen Bedingungen evaluiert werden, wobei kontrollierte Experimente und automatische Messungen die Wiederholbarkeit von Entscheidungen substantiell verbessern, den Aufwand der Evaluierung von Komponenten reduzieren und die Skalierbarkeit deutlich verbessern. Die automatische Messung unterstützt außerdem die Vertrauenswürdigkeit von Entscheidungen, da ausführliches Beweismaterial in einer wiederholbaren und nachvollziehbaren Weise produziert wird und dieses in standardisierter und vergleichbarer Form dokumentiert ist.

Die bisherige Diskussion führt zu einer Reihe von spezifischen Schlussfolgerungen, die auf neue Fragestellungen hinweisen.

1. Die Planungsmethode ist prinzipiell unabhängig von der Art der eingesetzten Alternative (Migration, Emulation, Virtualisierung) und den Eigenschaften des Szenarios. Jedoch unterscheidet sich der Grad der Automation in der Realität stark, abhängig von Datentypen und evaluierten Aktionen.
2. Der Abdeckungsgrad der automatischen Qualitätsvergleiche muss für einen weitreichenden Einsatz in der Praxis massiv verbessert werden, um Skalierbarkeit nicht nur von Aktionen, sondern auch von Entscheidungsprozessen sicherzustellen, die Aufgabe der kontinuierlichen Überwachung zu automatisieren und damit die vollständige Integration der Planungsumgebung mit Digital Repository Systemen zu ermöglichen. Das bedeutet die Ausweitung auf dynamische Eigenschaften von Objekten und auf Eigenschaften komplexer und neuartiger Objekte.

3. Dies erfordert eine quantitative Evaluierung und Priorisierung von Eigenschaften und die Berücksichtigung der Robustheit, Varianz und Konfidenz von Messungen in der Beurteilung von Messwerten. Dafür wiederum sind Benchmark-Datensätze nötig, die die komplette Validierung und Verifikation von Messungen erlauben.
4. Der Stand der Technik in der Emulation muss erweitert werden um die Möglichkeit, das Verhalten und die Exaktheit der Reproduktion der Originalumgebung quantitativ zu messen. Ohne quantifizierte Messungen ist die skalierbare Evaluierung von Emulation nicht möglich, wodurch der Einsatz in der Praxis zu einem Glücksspiel wird.

Einige der resultierenden Herausforderungen stellen einen Kernbestandteil des neuen EU-geförderten Forschungsprojektes SCAPE dar, in dem das Teilprojekt *Scalable Planning and Watch* auf der vorliegenden Arbeit basiert und die Entscheidungsprozesse auf umfangreiche Datenvolumina anwendbar machen soll, evaluiert auf Datensätzen aus den Bereichen Web Archiving, e-Science und Large Institutional Repositories. SCAPE (SCALable Preservation Environments) startete am 1. Februar 2011 mit einem Gesamtbudget von 11,4 Millionen Euro unter der Koordination des Austrian Institute of Technology. Das Konsortium vereinigt mehrere Nationalbibliotheken, das European Web Archive, Microsoft Research, eScience-Forschungszentren, Industriepartner und Universitäten. Der Autor leitet das Teilprojekt *Scalable Planning and Watch*.

Dr. Christoph Becker
Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme, TU Wien
A-1040 Wien, Favoritenstraße 9-11/188,
E-Mail: becker@ifs.tuwien.ac.at
Website: <http://www.ifs.tuwien.ac.at/~becker>

Literatur

- Becker, C. (2011), Trustworthy Preservation Planning, erscheint in: nestor Edition [<http://www.langzeitarchivierung.de>].
- Becker, C., Kulovits, H., Guttonbrunner, M., Strodl, S., Rauber, A. & Hofman, H. (2009), ‚Systematic planning for digital preservation: Evaluating potential strategies and building preservation plans‘, International Journal on Digital Libraries. 10 (4), 133–157.
- Becker, C. & Rauber, A. (2011), Decision criteria in digital preservation: What to measure and how‘, erscheint in: Journal of the American Society for Information Science and Technology, Volume 62, Issue 6 (June 2011), 1009–1028. Abstract unter: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.21527/abstract> [Zugriff: 31.05.2011].
- ISO (2003), Open archival information system – Reference model (ISO 14721:2003), International Standards Organization.
- ISO (2010), Space data and information transfer systems – Audit and certification of trustworthy digital repositories (ISO/DIS 16363). Standard in Entwicklung.
- Neuroth, H., Oßwald, A., Scheffel, R., Strathmann, S. & Huth, K., Hsg. (2010), Nestor Handbuch: Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung, Version 2.3. Göttingen: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek. Online: <http://nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/> [Zugriff: 07.03.2011].