



Langfristige Archivierung digitaler Fotografien

DI Mag. Christoph Becker
ao.univ.Prof. Dr. Andreas Rauber

Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme
Technische Universität Wien

becker@ifs.tuwien.ac.at
rauber@ifs.tuwien.ac.at

Initiiert durch das Außeninstitut-Technologietransfer der TU Wien im
Rahmen der Kooperation mit der Wirtschaftskammer Wien.

Gefördert vom WIFI Wien,
finanziert vom Landesgremium Wien für den Fotohandel.



Wien, im *Dezember 2007*

Executive summary

Der rasante Aufschwung der Digitalfotografie in den letzten Jahren hat den Umgang mit Bildern drastisch verändert. Dies geht einher mit der generellen Digitalisierung von Information aller Art, sei es Musik, Zeitungen oder Film. Eine weitverbreitete Vorstellung ist nun, dass gemeinsam mit der Digitalisierung von Inhalten das Problem der zeitlichen Vergänglichkeit von Materialien aus der Welt geschafft ist. Jedoch sind digitale Medien a priori nicht besser geeignet zur Archivierung von Informationen als die analogen Vorgänger; es ist nur die Zerfallskurve digitaler Daten eine andere. Während analoge Fotografien stetig verblassen und die Archivierung eine Verlangsamung des Prozesses bewirkt, können digitale Fotos mit einem Schlag verschwunden sein, wenn etwa die Trägermedien wie Speicherkarten, Festplatten oder gebrannte DVDs unlesbar werden.

Welche Strategien stehen nun einem Fotografen heute zur Verfügung, um wertvolle Fotos für die Nachwelt zu bewahren? Einerseits stehen verschiedene Speichertechnologien wie etwa Magnetbänder, Festplatten oder DVDs zur Auswahl; andererseits ist auch die Ausbelichtung auf Fotopapier eine Alternative. Auch unterscheiden sich die Anforderungsszenarien in der digitalen Fotografie erheblich, in Abhängigkeit von der Größe und dem Wachstum der Fotosammlung sowie den Bedürfnissen der Benutzer. Welche Strategie in einer speziellen Situation optimal zur Langzeitarchivierung geeignet ist, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab.

Diese Studie stellt nach einer Einführung in das Problemfeld der Langzeitarchivierung digitaler Inhalte ein Planungsverfahren zur Bewertung alternativer Lösungen und systematischer Entscheidungsfindung vor, das auf einer strukturierten Anforderungsanalyse und der quantitativen Bewertung von Kriterien beruht. Nach einem Überblick aktuell zur Verfügung stehender Speichertechnologien, die prinzipiell zur Archivierung von Fotos in Frage kommen, wenden wir das vorgestellte Verfahren an, um für verschiedene Zielgruppen die optimale Strategie zur Langzeitarchivierung ihrer digitalen Fotos zu bestimmen.

Die empfohlenen Strategien für die betrachteten Benutzergruppen lauten:

1. **Technologieaverse Nutzer:** Ausbelichtung eines Prozentsatzes der wichtigsten Fotos oder eventuell der gesamten Sammlung,
2. **Durchschnittliche Nutzer:** Speicherung auf externer Festplatte; je nach Risikoaversion und Datenmenge eventuell zusätzliche Ausbelichtung eines Teiles der Fotos,
3. **Ambitionierte Fotografen:** Speicherung auf externer Festplatte oder eventuell Magnetband,

4. **Professionelle Fotografen:** Speicherung auf Magnetband oder externer Festplatte.

Jedoch sind aus der Sicht aller Zielgruppen **digitale Services** gefragt, um die speziellen Anforderungen der gesamten Bandbreite der Digitalfotografie abzudecken. Diese Services müssen die Synergiemöglichkeiten der Skalierung von Speichertechnologien bei größerem Volumen nutzen, um darauf aufbauend mit genau auf die unterschiedlichen Anforderungen zugeschnittenen Angeboten Mehrwerte zu bieten. Das kann zum Beispiel bedeuten, parallel zu einer Ausbelichtung der Fotos auf Speicherkarten die zentrale, langfristige und sichere Speicherung der Fotos anzubieten.

Die empfohlenen weiteren Schritte sind in diesem Sinne:

- Durchführung einer **Markstudie zur Erhebung der Zielgruppengrößen** und ihrer voraussichtlichen Entwicklung;
- **Ermittlung potentieller digitaler Dienste, vor allem für die Gruppen der Durchschnittsnutzer und ambitionierten Fotografen**, mit besonderer Beachtung von Preissensibilität und Nutzungsgewohnheiten der Zielgruppen.
- Detaillierte Analyse der Anforderungen an **Services für professionelle Fotografen**, für die digitale Fotos die Geschäftsbasis sind, deren Verlust ein existenzbedrohendes Risiko darstellt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufbau der Studie	3
2	Digitale Langzeitarchivierung	5
2.1	Einleitung	5
2.2	Lösungsansätze	9
2.2.1	Einleitung	9
2.2.2	Migration	10
2.2.3	Emulation	12
2.2.4	Transfer auf analoge Medien	15
2.2.5	Computer-Museen	15
2.2.6	Zusammenfassung	16
2.3	Das OAIS Modell	16
2.3.1	Einleitung und Entstehungsgeschichte	16
2.3.2	Das Informationsmodell	17
2.3.3	Das funktionale Modell	19
2.4	Zusammenfassung und Ausblick	20
3	Planung von Langzeitarchivierung	22
3.1	Einleitung	22
3.2	Planung von Langzeitarchivierung	23
3.3	Zusammenfassung	33
4	Datenträger für Bit stream Preservation	34
4.1	Einleitung	34
4.2	Digitale Speichertechnologien	36
4.2.1	Festplatten	37
4.2.2	Magnetische Bandlaufwerke	39
4.2.3	Optische Datenträger	41
4.2.4	Magneto-optische Speicher	48
4.3	Zusammenfassung	48

5	Evaluierung ausgewählter Strategien	51
5.1	Einleitung	51
5.1.1	Zielgruppen	53
	Technologie-averse Nutzer	53
	Durchschnittsnutzer	54
	Ambitionierte Amateure	54
	Professionelle Fotografen	54
5.2	Kriterien für die Langzeitarchivierung digitaler Fotografien . .	55
5.3	Evaluierung ausgewählter Ansätze	61
5.3.1	Ausgewählte Strategien	61
5.3.2	Ergebnisse	69
	Technologieaverse Nutzer	69
	Durchschnittliche Nutzer	70
	Ambitionierte Fotografen	71
	Professionelle Fotografen	72
5.4	Zusammenfassung	74
6	Zusammenfassung und Ausblick	76
	Bibliographie	80
	Anhänge	87
A	Dokumentation der Evaluierung technologieaverser Nutzer	88
B	Dokumentation der Evaluierung durchschnittlicher Nutzer	98
C	Dokumentation der Evaluierung ambitionierter Nutzer	108
D	Dokumentation der Evaluierung professioneller Fotografen	118

Abbildungsverzeichnis

1.1	Weltweite Verkäufe digitaler und analoger Kameras 1997-2007	2
2.1	Ebenen der Abhängigkeit eines digitalen Objektes	8
2.2	Migration transformiert das Objekt für eine neue Umgebung .	10
2.3	Gefahr des schleichenden Informationsverlust bei wiederholter Migration	12
2.4	Emulation simuliert die erforderliche Umgebung des Objektes	13
2.5	Das OAIS Archiv und seine Umgebung	17
2.6	Information Packages: Konzepte und Beziehungen	18
2.7	Funktionaler Überblick des OAIS Referenzmodells ([Con02], S.38)	19
3.1	PLANETS Workflow zur Planung von Langzeitarchivierung .	24
3.2	Einflussfaktoren auf die Entscheidungsfindung	27
4.1	Wachstum von Festplattenkapazitäten seit 1995	37
4.2	Querschnitt einer CD[Wik07a]	41
4.3	Stabilitätskurven unterschiedlicher CD-R Materialien[SLZ ⁺ 04]	45
4.4	Lebenserwartung digitaler Speichertechnologien	49
5.1	Größen charakteristischer Fotosammlungen	52
5.2	Kriterien für die LZA digitaler Fotos	56
5.3	Vollständiger Kriterienbaum mit Skalen	59
5.4	Gewichtung der Anforderungen auf der obersten Ebene	60
5.5	Anforderungsprofile der betrachteten Zielgruppen	61
5.6	Visualisierung der Ergebnisse für Gruppe 1	70
5.7	Visualisierung der Ergebnisse für Gruppe 2	71
5.8	Visualisierung der Ergebnisse für Gruppe 3	72
5.9	Visualisierung der Ergebnisse für Gruppe 4	73

Tabellenverzeichnis

3.1	Ein generischer Kriterienbaum	26
3.2	Der für das Beispiel verwendete Kriterienbaum	28
3.3	Transformationstabelle für das Beispiel	31
3.4	Die aggregierten Werte pro Alternative	32
4.1	Lebenserwartung verschiedener Medien[MD98]	35
4.2	Vergleich optischer Speichermedien [Wik07d]	43
5.1	Charakteristiken für die Zielgruppe technologieaverser Nutzer	63
5.2	Charakteristiken für die Zielgruppe durchschnittlicher Nutzer .	64
5.3	Charakteristiken für die Zielgruppe ambitionierter Amateure .	65
5.4	Charakteristiken für die Zielgruppe professioneller Fotografen .	66
5.5	Gewichtung der Kriterien pro Benutzergruppe	67
5.6	Akzeptanzgrenzen pro Benutzergruppe	68
5.7	Ergebnisse der Evaluierung für technologieaverse Nutzer . . .	69
5.8	Ergebnisse der Evaluierung für durchschnittliche Nutzer . . .	75
5.9	Ergebnisse der Evaluierung für ambitionierte Fotografen . . .	75
5.10	Ergebnisse der Evaluierung für professionelle Nutzer	75

Kapitel 1

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten hat sich unsere Gesellschaft entscheidend gewandelt. Die Art und Weise, wie wir Information produzieren, organisieren, speichern und nutzen, hat sich von Grund auf verändert, und damit auch die Umgangsweise mit Inhalten.

Digitale Medien für Dokumente, Tonträger, Fotos und Videomaterial und andere Inhalte haben analoge Medien längst hinter sich gelassen [pMfP05a]. In den Jahren nach der Jahrtausendwende setzte der digitale Kameramarkt nach Überschreiten der technischen Qualitäts-Grenzen, die zuvor eine breite Akzeptanz verhindert hatten, zum Höhenflug an. 2004 überholte der weltweite Verkauf digitaler Kameras erstmals den ihrer analogen Vorläufer.

2006 zogen sich schließlich die führenden Kamerahersteller Canon und Nikon aus dem analogen Kamerageschäft zurück[Pre06b, Pre06a]. Nikon begründete dies etwa damit, dass der Verkauf analoger Kameras nur noch 3 Prozent des Gesamtverkaufes ausmache, während der Markt für Digitalkameras weiterhin in rapidem Wachstum begriffen sei [Res06]. Die Kamerasparte von Konica Minolta wurde von Sony übernommen und rein digital ausgerichtet. Schon früher mussten auf analoge Medien fokussierte Hersteller wie Agfa aus ähnlichen Gründen das Geschäft einstellen. Die japanische Camera and Imaging Products Association CIPA [cip07] veröffentlicht regelmäßige Statistiken über die Entwicklung der digitalen und analogen Kameramärkte. Abbildung 1.1, entnommen aus [pMfP06], verdeutlicht die drastisch gegenläufige Entwicklung von Digital- und Analogfotografie in den letzten Jahren.

Eine weitverbreitete Vorstellung ist, dass gemeinsam mit der Digitalisierung von Inhalten ein Problem aus der Welt geschafft ist: das der zeitlichen Vergänglichkeit von Materialien. Diese Sichtweise ist etwa oft bei Digitalisierungsprojekten zu beobachten, deren Ziel es ist, alte Dokumente in digitaler Form aufzubewahren, um so dem Zahn der Zeit zu entgehen.

Ein prominentes Beispiel dieser Art ist das Domesday Project, welches

Digitale und analoge Kameras /weltweite Verkäufe (GfK)

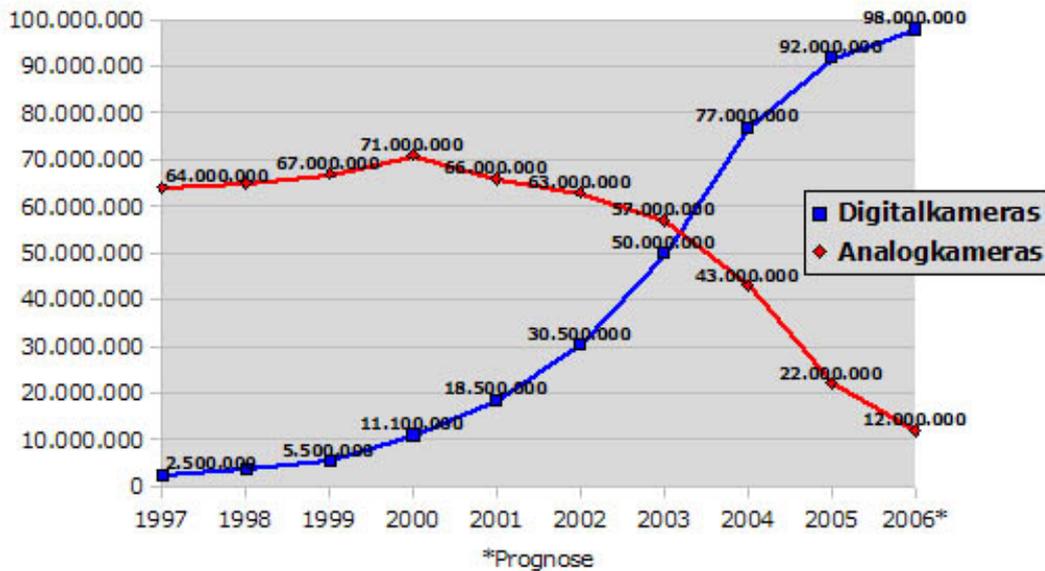


Abbildung 1.1: Weltweite Verkäufe digitaler und analoger Kameras 1997-2007

das älteste Buch Großbritanniens aus dem 11. Jahrhundert auf Videodiscs bannte. Schon wenige Jahre nach der Fertigstellung 1986 zeigte sich ein großes Problem: Die Datenträger und damit das Material waren auf der neuen Generation von Computern nicht mehr abspielbar. Während das Original die ganze Zeit sicher in der Vitrine lag und für jeden lesbar blieb, der die nötige Zugangsberechtigung und ausreichende Fachkenntnis aufwies, war der Zugang zum digitalen Gegenstück nur mit spezieller Ausrüstung möglich [MT02]. Die Überführung auf ein modernes System im Zuge des CAMileon Projektes war mit großem Aufwand verbunden. Seit 2004 ist eine Version des Systemes online abrufbar.¹

Dieses Beispiel beleuchtet ein Problem, das erst in den letzten Jahren weitgehend anerkannt wurde: Digitale Medien sind a priori nicht mehr für die Ewigkeit prädestiniert als ihre analogen Vorläufer. Auch in der digitalen Welt ist eine sorgfältige Archivierung notwendig, um die kostbaren Inhalte vor dem Verfall zu schützen. Jeff Rothenberg, ein prominenter Forscher in diesem Bereich, brachte es im Jahr 1999 auf den Punkt:

Digital documents last forever – or five years, whichever comes

¹<http://www.domesday1986.com/>

first.²

Die wachsende Heterogenität und Komplexität von digitalen Dateiformaten bewirken, dass die Aufgabe, diese Materialien aufzubewahren und auf zuverlässige Weise langfristig zugänglich zu machen, eine dringende Herausforderung darstellt. Digitale Langzeitarchivierung ist daher in den letzten Jahren zu einem aktiven Forschungsfeld geworden, und eine Anzahl verschiedener Lösungsansätze sind vorgeschlagen worden, um die Schwierigkeiten bei der langfristigen Archivierung von digitalen Objekten zu bewältigen.

Diese Studie behandelt eine spezielle Ausprägung des Problemfeldes der digitalen Langzeitarchivierung – das der langfristigen Archivierung von Fotografien, die von Digitalkameras stammen. Dabei unterscheiden wir verschiedene Benutzergruppen und analysieren die Eignung der zur Verfügung stehenden Strategien unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenheiten und Charakteristiken der jeweiligen Benutzergruppen.

1.1 Aufbau der Studie

Die folgenden Abschnitte dieser Studie sind wie folgt gegliedert:

Kapitel 2 bietet eine Einführung in die Problemstellung und die Thematik der digitalen Langzeitarchivierung und beinhaltet einen Überblick aktueller Initiativen und Forschungsprojekte sowie weiterführende Literatur.

Das darauffolgende Kapitel 3 beleuchtet einen zentralen Kernpunkt der Problematik – die Planung von Langzeitarchivierungslösungen. Wir stellen ein erprobtes Verfahren zur Beurteilung und Auswahl des am besten geeigneten Verfahren unter mehreren zur Verfügung stehenden Lösungen vor und erläutern seine Anwendbarkeit auf die Langzeitarchivierung digitaler Fotografien.

Kapitel 4 beschreibt existierende Datenträger und Medien und vergleicht sie unter dem Gesichtspunkt der langfristigen Haltbarkeit.

Kapitel 5 wendet schließlich das zuvor beschriebene Verfahren zur Auswahl des besten Verfahrens an. Wir konzentrieren uns dabei auf vier typische Anwendungsszenarien für die Langzeitarchivierung von Fotografien. Diese Szenarien ergeben sich auf Grund der unterschiedlichen Anforderungen der vier wesentlichen Zielgruppen, die sich auf dem breiten Spektrum der digitalen Fotografie verteilen:

1. Fotografie-Liebhaber ohne technisches Wissen, die keinen Computer besitzen,

²<http://www.clir.org/pubs/reports/rothenberg/introduction.html>

2. Durchschnittsnutzer mit prinzipiellen Kenntnissen der digitalen Fotografie, die den eigenen Computer regelmäßig benutzen,
3. Ambitionierte Hobbyfotografen, die ein ausgeprägteres Qualitätsbewusstsein und höhere Ansprüche aufweisen, sowie
4. Professionelle Fotografen mit entsprechender Ausrüstung und Anforderungen.

Die vorliegende Arbeit ist fokussiert auf die *bit stream preservation* der Digitalfotos, also die Bewahrung des Datenstromes. Verfahren zur Behandlung unterschiedlicher Dateiformate wie zum Beispiel Format-Migration oder Emulation werden hier nicht berücksichtigt, da JPEG als weit verbreitetes Format kein kurzfristiges Problem darstellt. Für die unterschiedlichen Rohdatenformate, wie sie bei der Verwendung von Spiegelreflexkameras im professionellen Umfeld anfallen, ist eine derartige Analyse zu empfehlen. Ebenfalls außerhalb des Rahmens der Arbeit liegen Marktstudien zur Erhebung der genauen Größe sowie der detaillierten Anforderungen der identifizierten Benutzergruppen sowie der künftigen Entwicklung dieser Gruppen.

Wir beschreiben für die den Benutzergruppen entsprechenden Szenarien die jeweilige Situation und die Einflussfaktoren, diskutieren die spezifischen Anforderungen und evaluieren die Anwendbarkeit verschiedener Strategien in Bezug auf die jeweilige Situation. Im Besonderen stellen wir auch die digitale Archivierung dem Transfer auf analoge Medien gegenüber und analysieren die Stärken und Schwächen beider Ansätze in den gegebenen Szenarien.

Das abschließende Kapitel 6 fasst die Erkenntnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf künftige Entwicklungen.

Kapitel 2

Digitale Langzeitarchivierung

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über das Problemfeld der langfristigen Erhaltung digitaler Objekte. Nach einer Einführung in die wesentlichen Hindernisse, die dem Zugriff auf digitale Dokumente auf lange Sicht entgegenstehen, beschreiben wir die vorherrschenden Ansätze zur digitalen Langzeitarchivierung. Schließlich erläutern wir das führende Referenzmodell für ein langfristig konzipiertes digitales Archiv.

2.1 Einleitung

Die digitale Langzeitarchivierung (LZA), oder *digital preservation*, wie sie im englischsprachigen Raum genannt wird, ist ein relativ junges Forschungsfeld.

Erst in den letzten Jahren haben Bibliotheken, Museen und die öffentliche Verwaltung in großem Maßstab das Problem der langfristigen digitalen Datenspeicherung erkannt. Nur wenn digitale Objekte auch nach zwanzig, dreißig und mehr Jahren wieder geöffnet werden können, ohne an Aussagekraft zu verlieren, wird es möglich sein, auf Papierarchive zu verzichten und auf die funktional mächtigere digitale Archivierung umzustellen.

Eine ausgezeichnete Einführung in das Problemfeld geben die *UNESCO Guidelines on the Preservation of Digital Heritage* [Web05]. Borghoff [Bor03] bietet eine sehr gute deutschsprachige Behandlung des Problemfeldes. Schwens liefert einen kompakteren Überblick [SL04].

Im Wesentlichen kann der Inhalt eines digitalen Dokumentes aus drei Gründen unzugänglich werden:

1. **Überalterung von Medien oder Lesegeräten** ist ein auf der Hand liegender Grund. Die zeitliche Haltbarkeit von Medien wie CD-ROMs oder Festplatten ist nicht einfach einzuschätzen, jedoch eindeutig begrenzt. Doch auch wenn die 5,25 Zoll-Diskette aus dem Dachboden

noch intakt ist, ist es schon heute sehr schwierig, ein Laufwerk zu finden, das noch funktioniert und mit modernen Computern kompatibel ist.

2. **Veralten von Software oder Dateiformaten** ist ein weiteres, wesentlich komplexeres Problem. Softwaresysteme verändern sich in rapidem Tempo, und nicht immer sind moderne Programme in der Lage, alte Dateien zu öffnen. Dies gilt umso mehr für Dateien, die nicht in allgemein verbreiteten Formaten gespeichert wurden.
3. Das Problem der oft durch einen Verlust des Kontextes verursachten **Unauffindbarkeit** schließlich entsteht durch die Organisation der digitalen Inhalte und der damit verbundenen Metadaten.

Im Gegensatz zu analogen Objekten wie etwa einem Buch, das für sich selbst steht und ohne Hilfsmittel interpretierbar ist, sofern Schrift und Sprache bekannt sind, benötigt ein digitales Objekt stets eine Umbeugung, um interpretiert werden zu können. Diese Interpretation findet dabei auf verschiedenen Ebenen statt. Einerseits ist jedes digitale Objekt auf einem physischen Datenträger vorhanden. Das erfolgreiche Auslesen dieses Datenträgers ist eine grundlegende Voraussetzung für die Interpretation des Inhaltes. Andererseits ist das Auslesen des Datenstromes noch nicht hinreichend, da digitale Daten in verschiedenen Formaten repräsentiert werden können. Daher ist das *Dateiformat* oder *Datenformat* von essenzieller Bedeutung. Ohne Wissen über die Form der Repräsentation der Daten ist es nicht möglich, das digitale Objekt zu betrachten.

Digitale Langzeitarchivierung muss sich daher auf zwei Aspekte beziehen:

1. **Bit stream preservation** bezeichnet die zuverlässige Speicherung und Erhaltung der Datenströme. Während dies keineswegs trivial ist, ist es doch ein seit langem bekanntes Problem, für das heute ausgereifte Lösungen verfügbar sind. Einerseits sind optische Medien erhältlich, deren Hersteller eine Lebensdauer von 100 Jahren angeben [KOD02, pMfP05b, Bla05, Del07]; andererseits ist auch der kontinuierliche und teilweise automatisierte Transfer auf neuere Speichermedien ein erprobtes Verfahren. Kapitel 4 geht genauer auf diese Problematik der Speicherung ein und vergleicht existierende Medien.
2. Während der Aspekt der Speicherung an sich zwar komplex, aber letztlich überschaubar ist, liegt der schwierigere Teil der digitalen Langzeitarchivierung jedoch oft in der Erhaltung des Verständnisses, der Bedeutung eines digitalen Objektes, also der semantischen **Interpretier-**

barkeit. Dieser Aspekt hängt stark von der Komplexität des Inhaltes ab, der in digitaler Form vorliegt.

Die Interpretation eines Dateiformates ohne technische Hilfsmittel könnte einem interessierten Leser, der in 100 Jahren eine Datei mit dem vorliegenden Dokument zu verstehen versucht, deutliche Kopfschmerzen bereiten. Im verwendeten Textsatzsystem *LateX* etwa ist ein Absatz dieses Dokumentes wie folgt codiert:

```
Digitale Langzeitarchivierung muss sich in diesem Sinne auf zwei
Aspekte beziehen: \begin{enumerate} \item \textbf{Bit stream
preservation} bezieht sich auf die zuverlässige Speicherung und
Erhaltung der Datenströme. \item Der schwierigere Teil liegt
jedoch oft in der Erhaltung der Bedeutung, der
Interpretierbarkeit. \end{enumerate}
```

Im *Rich Text Format* beginnt das gleiche Dokument wie folgt:

```
{\rtf1\adeflang1025\ansi\ansicpg1252\uc1\adef0\deff0\stshfdbch37
\stshfloch37\stshfhich37\stshfbi0\deflang3079\deflangfe3079
\themelang3079\themelangfe0\themelangcs0{\fonttbl{\f0\fbidi
\froman\fcharset0\frq2{\*\panose02020603050405020304}Times Roman;}}
```

Würde das Dokument wiederum in *Microsoft Word* verfasst, wäre das ein möglicher Beginn:

```
D0 CF 11 E0 A1 B1 1A E1 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 3E 00 03 00 FE FF 09 00
06 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00
```

Diese verschiedenen Formate sind für Menschen teilweise beschränkt, teilweise gar nicht verständlich. Um sie am Computer zu interpretieren, wird Software benötigt, die aus dem Bitstrom ein Dokument erstellen und auf einem Ausgabegerät anzeigen kann. Die Software wiederum ist abhängig von einer bestimmten Plattform, wie zum Beispiel Java¹, oder einem Betriebssystem. Dieses wiederum ist nur auf bestimmter Hardware lauffähig. Dadurch ergibt sich eine schichtweise Abhängigkeit, wie sie in Abbildung 2.1 dargestellt ist.

Diese spezifischen Eigenheiten digitaler Dokumente bedingen auch ein Charakteristikum digitaler Archivierung, durch das sich diese signifikant von

¹<http://java.sun.com>

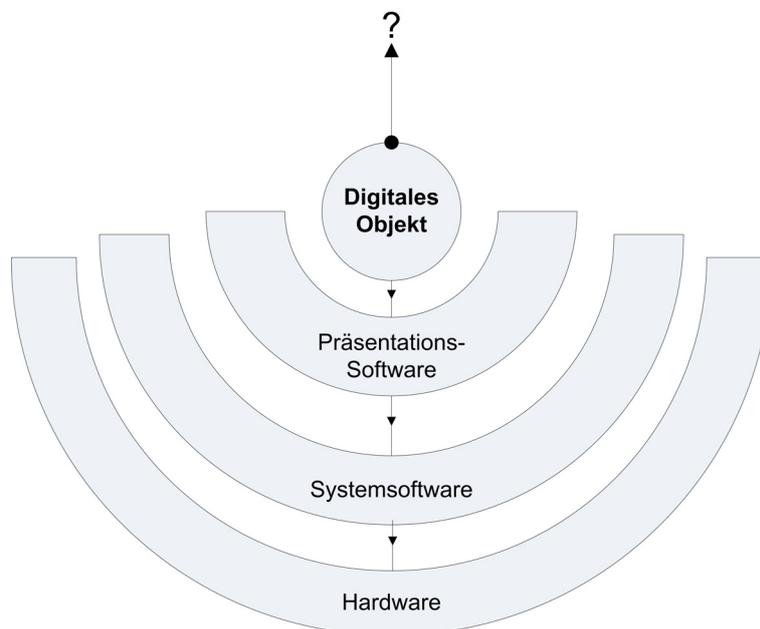


Abbildung 2.1: Ebenen der Abhängigkeit eines digitalen Objektes

der analogen Welt unterscheidet: Die Zerfallskurve digitaler Daten ist grundsätzlich verschieden von der Zerfallskurve analoger Dokumenten[GRF00]. Während die Qualität analoger Daten sich während der Lagerung kontinuierlich verschlechtert und die Archivierung darauf bedacht ist, diesen Prozess soweit wie möglich zu verlangsamen, ist dieser schleichende Qualitätsverlust in der digitalen Welt nicht zu finden. Dagegen kann die archivierte Information mit einem Schlag verloren sein, wenn einer der erwähnten widrigen Umstände eintritt.

Günzl schreibt dazu in [GG98]: *Vergleicht man also das herkömmliche Prinzip des fotografischen Umkopierens mit dem des digitalen Kopierens, so wird ein wesentlicher Unterschied deutlich: Während jeder analoge Kopiervorgang eine kontinuierliche, wenn auch geringe, Qualitätsverschlechterung beinhaltet, so ist das Ergebnis beim digitalen Kopieren immer genau identisch mit der Vorlage. Allerdings müssen geeignete Vorkehrungen getroffen werden, um den abrupten Verlust der gesamten Bildinformation durch eine mögliche Zerstörung des Datenträgers zu verhindern. Diese Gefahr stellt folglich auch das Hauptrisiko eines digitalen Archivs dar.*

2.2 Lösungsansätze

Wie im vorigen Abschnitt behandelt, besteht die primäre Herausforderung der digitalen Langzeitarchivierung darin, den Bitstream richtig zu interpretieren. Wie kann nun sichergestellt werden, dass zukünftige Software alte Daten nicht anders interpretiert und Überschriften versetzt, das Seitenlayout ändert, das RAW-Format eines bestimmten Kameraherstellers nicht mehr öffnen kann, eingebettete Makros anders interpretiert oder Teile der ursprünglichen Datei nicht mehr anzeigt? Wie können wir verhindern, dass Programmteile verloren gehen oder wir überhaupt nur noch eine wirre Zeichenkette vor uns sehen, wenn wir in zwanzig Jahren auf eine bestimmte Datei zugreifen wollen?

Es wurden in den letzten zwei Jahrzehnten eine Reihe von Strategien zur digitalen Archivierung entwickelt und getestet. Diese lassen sich in kurzfristige und mittel- bis langfristige Ansätze einteilen. Dabei sehen wir Computer Museen, also zum Beispiel das Aufheben einer bestimmten Kamera-Software samt benötigtem Betriebssystem, dazugehörigem Computer und Peripheriegeräten, als Beispiel eines kurz- bis mittelfristigen Ansatzes, während Migration und Emulation als wichtigste Vertreter der mittel- und langfristigen Datenarchivierung gelten.

2.2.1 Einleitung

Um sicherzustellen, dass zum Beispiel der Zugriff auf ein Dokument erhalten bleibt, das in Microsoft Word 2007 auf einem PC mit Windows XP verfasst wurde, sind prinzipiell verschiedene Verfahren möglich.

Man könnte den Computer mitsamt der installierten Software einfach aufheben. Solange das Gerät einwandfrei funktioniert, ist der Zugriff auf das Word-Dokument gewährleistet. Diesen Ansatz kann man auch als **Museumsansatz** bezeichnen. Eine andere Möglichkeit ist, das Word-Dokument auszudrucken und den Ausdruck aufzuheben. Dieser **Transfer auf analoge Medien** wird von vielen Benutzern praktiziert, um wichtige Dokumente im Falle eines Computer-Defektes parat zu haben.

Wie oben erwähnt, benötigt das Word-Dokument eine Umgebung, um einwandfrei zu funktionieren. In diesem Sinne sind zwei verschiedene Varianten denkbar. Die **Migration** transformiert das in Frage stehende Objekt, um es an neue Umgebungen anzupassen. Ein Word-Dokument etwa kann man in ein anderes Format, zum Beispiel PDF, konvertieren. Im Gegensatz dazu belässt **Emulation** das Originaldokument unverändert und befasst sich stattdessen mit der Umgebung, die es benötigt. Die Idee ist, die ursprüngliche Umgebung zu imitieren. Zum Beispiel könnte man Software benutzen, die Windows emu-

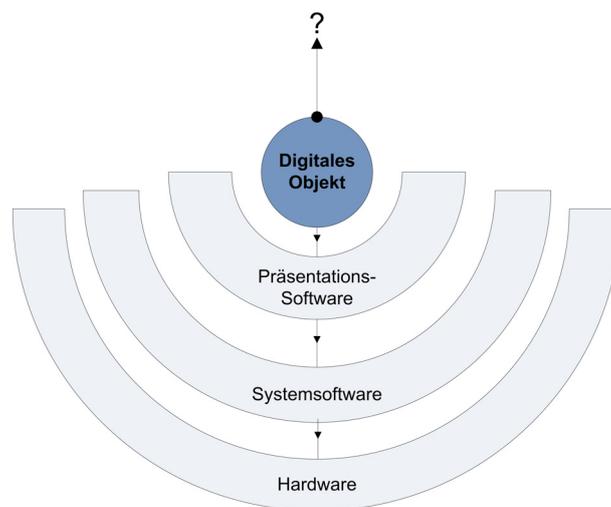


Abbildung 2.2: Migration transformiert das Objekt für eine neue Umgebung

liert, und daraufhin die darauf lauffähige ursprünglich verwendete Software Word 2007 benutzen, um das Dokument zu öffnen.

Die Komplexität der Problemstellung im Fall von Dateiformaten ist stark abhängig von der Art und der Heterogenität der betrachteten Objekte. Eine große Sammlung von Millionen elektronischer Dokumente in unterschiedlichsten Office-Formaten wie Microsoft Word, Microsoft Powerpoint, Adobe PDF und Open Document Format stellt ungleich größere Schwierigkeiten an eine langfristige Strategie der Langzeitarchivierung als eine überschaubare Sammlung von einigen tausend Bildern im TIFF Format. Das liegt einerseits daran, dass Office-Dokumente hochkomplexe Datenstrukturen beinhalten und etwa eine Tabellenkalkulation in einer Präsentation eingebettet werden kann. Im Gegensatz dazu ist ein Bild im TIFF-Format als eine Abfolge von Bildpunkten gespeichert und vergleichsweise einfach zu interpretieren. Auf der anderen Seite erleichtert aber auch die Homogenität der Dateien in diesem hypothetischen Szenario die automatisierte Behandlung der Bilder. RAW-Formate wiederum sind jeweils proprietäre Entwicklungen der Kamerahersteller und als solche wesentlich gefährdeter.

2.2.2 Migration

Migration ist wohl die am häufigsten verwendete Strategie. Sie wird von jedem Computernutzer oft unbemerkt angewandt, wenn eine neue Version einer Software installiert wird und dann nach und nach alle Daten nur mehr

mit dieser neueren Software geöffnet und gespeichert werden. Dieses Ändern und Anpassen der Daten an die aktuellen Formate und Softwareumgebungen, das heißt die Konvertierung auf ein anderes, neueres Format, wird Migration genannt. Vorteile dieses Ansatzes sind:

- **Aktuelles Format:** Die digitalen Daten sind immer in einem aktuellen Format und können in jeder Standardumgebung gelesen werden.
- **Homogene Datenmengen:** Durch die oben genannte Standardisierung und ständige Migration der Daten ist es möglich, diese in einem einheitlichen Format zu speichern. Das österreichische Phonogrammarchiv zum Beispiel erhält Daten in rund 20 verschiedenen Eingangsformaten, migriert aber alle Daten sofort auf das Einheitsformat DPS.
- **Standardisierung:** Migration muss nicht nur innerhalb eines Datenformats, sondern kann auch zwischen mehreren Datenformaten erfolgen. So können Daten von seltenen Formaten oder solchen, die sich schlecht für die langfristige Datenspeicherung eignen, auf passendere migriert werden. Ein Beispiel wäre die Konvertierung von Word Perfect auf PDF.
- **Verbreitung:** Für häufig vorkommende Objekttypen wie Textdokumente oder Bilder sind mittlerweile durchaus zufriedenstellende Werkzeuge zur Konvertierung verfügbar. Auf Grund der steigenden Nachfrage ist zu erwarten, dass sich diese Situation in der Zukunft weiter verbessern wird.
- **Die Erwartungshaltungen von Benutzern an die Aktualität von Inhalten in Bezug auf Präsentation und Interaktion werden durch die Verwendung aktueller Software zur Präsentation erfüllt.**

Nachteile dieses Ansatzes sind:

- **Regelmäßiger Arbeitsaufwand:** Zur Zeit ändert sich ungefähr alle fünf Jahre ein Speicherformat so sehr, dass ein Migrationsschritt notwendig wird [Nat, Nat07a]. Dabei müssen alle Daten einer Sammlung migriert werden, was bei größeren Mengen nur noch durch eigene Migrationssoftware möglich ist.
- **Verlust von Informationen:** Bei jeder Migrationswelle besteht die Gefahr, dass Teile der Information eines digitalen Objekts verloren gehen und dieses somit verfälscht wird. Oft merkt man es gar nicht sofort, wenn die Auflösung eines Bildes geringer wird oder die Überschrift ver-rutscht, aber nach ein paar Jahren entsprechen die Daten nicht mehr

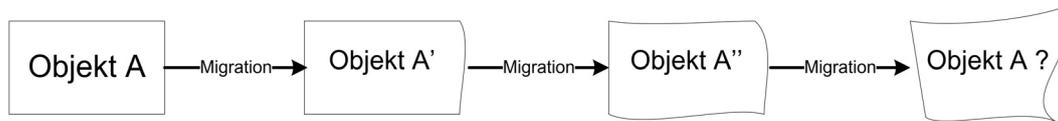


Abbildung 2.3: Gefahr des schleichenden Informationsverlust bei wiederholter Migration

ihrem Original. Ein Beispiel hierfür wäre die Migration von MS Word zu PDF, bei der manchmal zwar das Aussehen eines Dokuments erhalten bleibt, nicht aber die Funktionalität, Text ändern zu können. Ebenso können Makros, integrierte Berechnungen oder Animationen verloren gehen [LKR⁺00]. Bei der Migration von Rohdatenformaten auf JPEG wiederum geht etwa die Möglichkeit verloren, den Weißabgleich der Sensordaten im Nachhinein zu verändern. Hier hängt es vom Kontext und den Anforderungen ab, ob dieses Verhalten gewünscht, toleriert oder als inakzeptabel verworfen wird. Vor allem bei der wiederholten Transformation von Objekten besteht die Gefahr des schleichenden Verlusts von Informationen, wie Abbildung 2.3 veranschaulicht. Die wiederholte Umwandlung eines Bildes in verschiedene Farbräume kann zum Beispiel den Verlust von Farbinformation bewirken.

- Wahl der optimalen Alternative: Selbst wenn Migration als Strategie gewählt ist und ein Zielformat für eine Sammlung gefunden wird, gibt es meist noch immer relativ viele verschiedene Softwaretools, um Daten vom Ursprungs- ins Zielformat zu konvertieren. Hier stellt sich zum ersten Mal das Problem der Wahl der am Besten geeigneten Umsetzung einer bestimmten Transformation.

Migration kann sich nun sowohl auf die logische Ebene der Dateiformate beziehen als auch auf die Ebene der Speicherung, also zum Beispiel das Kopieren von einer CD auf eine andere oder auch das Kopieren von Daten von mehreren CDs auf eine DVD. In diesem Fall wird von einer **Datenträgermigration** gesprochen.

2.2.3 Emulation

Auf einer völlig anderen Ebene setzt Emulation an. Hier ist das Ziel, das zu speichernde digitale Objekt unverändert zu lassen und nur die Umgebung, in der die Datei geöffnet werden soll, anzupassen. Dafür werden eigene Softwareprogramme geschrieben, so genannte Emulatoren, die in einer neuen

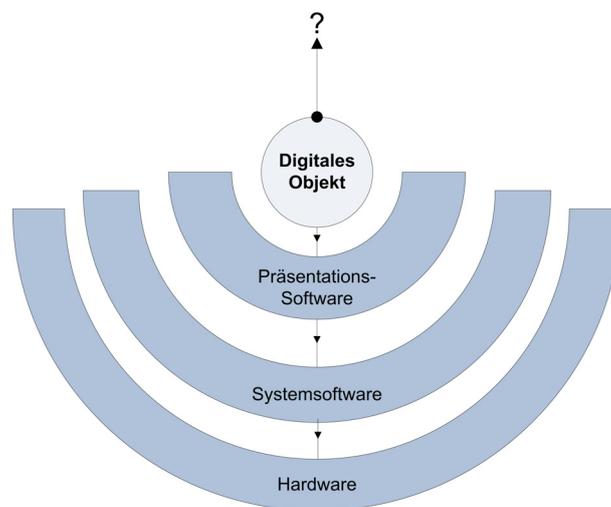


Abbildung 2.4: Emulation simuliert die erforderliche Umgebung des Objektes

Computerumgebung die Funktionalität und Umgebung des ursprünglichen Systems imitieren. In diesem simulierten System kann das originale Objekt wieder geöffnet werden. Emulatoren kann es auf mehreren Ebenen geben – auf der Ebene der Hardware, des Betriebssystems, wobei die originale Software innerhalb der emulierten Umgebung geöffnet wird, oder auf der Ebene der Präsentations-Software. Dabei ist die öffnende Software selbst der Emulator; nur das digitale Objekt selbst bleibt im Original erhalten.

Emulation ist in der Informatik schon lange bekannt und wird unter anderem bei neuen Computerplattformen eingesetzt, um auf neuer Hardware Teile eines älteren Betriebssystems verwenden zu können. Ein weiteres Einsatzgebiet sind alte Computerspiele, die mit Hilfe von Emulatoren wieder zum Leben erweckt werden.

Als Vorbereitung für Emulation ist es sinnvoll, die zu speichernden Dateien in einer Art Kapsel zu verpacken, in der alle Informationen gespeichert werden, die es in der Zukunft ermöglichen werden, das Objekt wieder richtig zu interpretieren. Dazu gehören unter anderem die originale Software, das originale Betriebssystem, eine Hardwarespezifikation, eine Dokumentation, in der das originale Erscheinungsbild beschrieben wird, Metadaten, die zum Öffnen der Datei notwendig sind, und schließlich eine allgemeine Beschreibung der Datei und weiterer wichtiger Merkmale [Rot99].

Eine Spezialform von Emulation ist der Universal Virtual Computer (UVC), der von IBM in Zusammenarbeit mit der Königlichen Bibliothek der Niederlande entwickelt wurde [HVDDVEM05, Lor02, OvDvW04, WO04]. Dieser

Ansatz hat das Ziel, eine geräteunabhängige Plattform zu erstellen, die auf einer kleinen Anzahl von Basisbefehlen beruht und leicht in jede neuen Computergeneration übertragen werden kann. Zusätzlich werden für bestehende Computerumgebungen Emulatoren geschrieben, um die zu speichernden Daten auf dem UVC abzubilden. Um digitale Objekte auf einer zukünftigen Plattform zu öffnen, muss nur noch ein einziger Emulator geschrieben werden, der die Darstellung innerhalb des UVC auf diesem neuen System ermöglicht. Der UVC scheint für einige spezielle Anforderungen, wie zum Beispiel Software zur Steuerung von Auto-Motoren, die einzige sinnvolle Möglichkeit zu sein. Jedoch verhinderte die enorme Komplexität bisher eine weiterführende Anwendung.

Aufbauend auf dem UVC-Ansatz und der Erkenntnis, dass die Komplexität für einen flächendeckenden Einsatz in der Praxis zu hoch ist, entstand die Idee, die einzelnen Elemente eines Computersystems mit Hilfe von Modulen zu emulieren und somit ein flexibel konfigurierbares und adaptierbares System zu schaffen. Dieses Konzept der **modularen Emulation** wird im Projekt *Dioscouri* erprobt [vdHvW05].² Die nach wie vor hohe Komplexität des modularen Ansatzes bewirkt, dass die Emulation eines 10 Jahre alten Betriebssystems bislang um den Faktor 1000 langsamer ist als das Original. Die Rechenleistung moderner Computer kann das nur zum Teil ausgleichen; an einer Beschleunigung wird gearbeitet.

Die Vorteile von Emulation sind:

- Unverändertes Original: Das ursprüngliche digitale Objekt bleibt unverändert und wird nur von anderen Emulatoren interpretiert. Dadurch bleibt die Authentizität eher gewährleistet als bei der kontinuierlichen Transformation, die die Migration mit sich bringt.
- Niedrige Anfangskosten: Zu Beginn entstehen relativ geringe Kosten, es müssen die zu speichernden Daten nur in den Kapseln verpackt werden.
- Für bestimmte Typen von Objekten ist Emulation bisher der einzig in Frage kommende Ansatz. Für interaktive Inhalte wie Computerspiele etwa sind bisher keine funktionierenden Verfahren zur authentischen Migration bekannt.

Die Nachteile sind:

- Technische Komplexität: Das Erstellen eines Emulators und vor allem der Emulator-Schnittstellen ist sehr aufwendig.

²<http://dioscouri.sourceforge.net/>

- Steigender Aufwand: Mit einer steigenden Anzahl an unterschiedlichen Dateiformaten in einer Sammlung steigt der Aufwand für das Erzeugen einzelner Emulatoren stetig an. Weiters müssen auch die Systeme, auf denen die Emulatoren laufen, in naher Zukunft selbst emuliert werden. Eine mögliche Lösung dafür stellen Hierarchien von Emulatoren dar.
- Die rasante Veränderung von Benutzerschnittstellen und der Art und Weise, wie Benutzer mit Computern interagieren, bedeutet auch, dass künftige Benutzer genauso Schwierigkeiten mit der Bedienung aktueller Software haben, wie es den meisten Benutzern heute sehr schwer fällt, 10 Jahre alte Programme per Tastatur zu bedienen. Das prinzipielle Funktionieren einer Software bedeutet noch nicht, dass sie auch sinnvoll verwendet werden kann.
- Die Benutzung alter Programme, um Dateien zu lesen, impliziert auch den Verzicht auf die oft verbesserte Funktionalität neuerer Software – so war zum Beispiel früher Volltextsuche in Textverarbeitungsprogrammen keine Selbstverständlichkeit.
- Auch der Emulator selbst muss archiviert werden. Das kann auf Grund der Komplexität eine sehr schwierige Aufgabe sein.

2.2.4 Transfer auf analoge Medien

Der Transfer auf analoge Medien ist zur Zeit in der Praxis weit verbreitet. Vor allem wichtige Textdokumente werden von vielen Benutzern ausgedruckt, um im Falle eines Computerproblems, Virenattacken und ähnlicher Geschehnisse die wichtigsten Unterlagen in Sicherheit zu wissen. Aber auch die Ausbelichtung auf Mikrofilm stellt prinzipiell eine Alternative dar, um Dokumente auf lange Sicht aufzubewahren. Während ein Dokument auf Papier eine sehr hohe Haltbarkeit besitzt, ist das Ausdrucken *aller* Dokumente im Normalfall nicht durchführbar. Vor allem aber bedeutet der Transfer auf analoge Medien auch, auf alle Vorteile der digitalen Welt zu verzichten. Dennoch kann dies auf Grund der erprobten Zuverlässigkeit in bestimmten Situationen ein probates Mittel sein, um wertvolle Inhalte zu sichern.

2.2.5 Computer-Museen

Die letzte hier vorgestellte Alternative zur langfristigen Datenspeicherung sind Computer-Museen. Dieser Ansatz wird vorgestellt, weil er eine oft verwendete und auf den ersten Blick logische Lösung darstellt, er ist jedoch langfristig auf keinen Fall zu empfehlen. Computer-Museen sind Sammlungen

von nicht mehr aktuellen Computern und Umgebungen, mit denen ältere digitale Objekte in ihrer originalen Umgebung wieder geöffnet werden können. Für Zeiträume von fünf Jahren ist diese Lösung durchaus einsetzbar, jedoch haben die eingesetzten Komponenten wie Prozessor, Festplatte und Eingabegeräte eine recht beschränkte Lebensdauer. Bei längeren Zeiträumen werden die Kosten für die Wartung der Geräte ständig höher, bis schließlich überhaupt keine Ersatzteile mehr erhältlich sind. Außerdem besteht die Umgebung eines digitalen Dokumentes nicht nur aus der Hardware – diese stellt oft das geringste Problem dar – vor allem auch die Software muss archiviert werden. Ein vollständiges Computermuseum muss also auch unterschiedliche Versionen von Betriebssystemen, Treibern und Software aufbewahren.

2.2.6 Zusammenfassung

In diesem Abschnitt haben wir die wesentlichen Ansätze für digitale Langzeitarchivierung vorgestellt. Jeder der erwähnten Ansätze hat spezifische Stärken und Schwächen; keiner stellt eine optimale Lösung für das Problem der Langzeitarchivierung an sich dar. Jede Situation, jedes Szenario und jeder Typ digitaler Objekte hat sehr spezifische Anforderungen, die nach maßgeschneiderten Lösungen verlangen. Nur die Berücksichtigung aller relevanten Faktoren im Rahmen einer konsequenten Planung der Langzeitarchivierung kann daher zu einer praktikablen Lösung für einen bestimmten Einsatzbereich führen.

Der nächste Abschnitt gibt einen Überblick des allgemein anerkannten Referenzmodelles für ein sicheres Langzeitarchiv. In Kapitel 3 werden wir ein Vorgehensmodell für die Planung von Langzeitarchivierungslösungen vorstellen, das die Auswahl der optimalen Strategie für einen gegebenen Kontext ermöglicht.

2.3 Das OAIS Modell

2.3.1 Einleitung und Entstehungsgeschichte

Das *Reference Model for an Open Archival Information System*, kurz OAIS-Modell, hat seinen Ursprung in der Raumfahrt, wo schon in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts große Datenmengen in digitaler Form vorlagen und archiviert werden mussten. Anfang der 80er Jahre gründeten mehrere Raumfahrtorganisationen das *Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS)*, das der NASA untersteht. Dieses stellte 1999 einen Entwurf für das Referenzmodell vor, der 2003 als ISO-Norm 14721:2003 standardisiert wurde [Int03]. Es beschreibt ein Archiv, bestehend aus einer Organisation

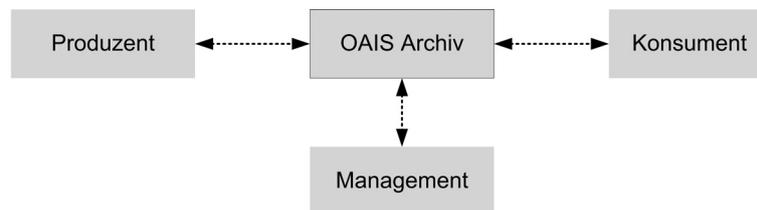


Abbildung 2.5: Das OAI Archiv und seine Umgebung

mit Personen und Systemen, das die Verantwortung für den Langzeiterhalt und die Langzeitverfügbarkeit von Informationen für eine bestimmte genau definierte Zielgruppe übernommen hat.

Die Spezifikation gibt einen allgemeinen Bezugsrahmen vor für konventionelle und elektronische Archive, einen umfassenden Standard für Begriffe und Abläufe, die in einem derartigen Archiv zwangsläufig wiederkehren und abgedeckt werden müssen. Damit unterstützt sie auch das Vergleichen verschiedener Archive und Archivsysteme. Das Modell hat eine enorme Akzeptanz erfahren. Jedoch ist der Abstraktionsgrad des Standards sehr hoch; die Konzepte sind lediglich theoretisch definiert, und die Umsetzung bleibt jedem Archiv selbst überlassen, das in dieser Sicht einen relativ hohen Freiheitsgrad besitzt.

Die Umgebungssicht auf ein OAI-Archiv ist in Abbildung 2.5 dargestellt. Einerseits muss das Archiv mit den Erzeugern von Information kooperieren und ihnen ermöglichen, Inhalte zu deponieren. Andererseits muss es geeignete Zugriffsmechanismen für die Konsumenten von Information zur Verfügung stellen. Das Management steuert das Archiv und bestimmt zum Beispiel, welche Informationen gesammelt werden sollen.

Die nächsten Abschnitte erläutern das Informationsmodell und geben einen Einblick in das funktionale Modell des OAI-Standards.

2.3.2 Das Informationsmodell

Abbildung 2.6 stellt die Bestandteile eines Information Package dar.

1. Die **Content Information** steht für das tatsächlich zu bewahrende Objekt, die Information an sich. Das beinhaltet sowohl die Daten als auch notwendige Informationen zum Verständnis dieser Daten.
2. Alle Informationen, die für den langfristigen Erhalt des Informationsgehaltes dieses Objektes als notwendig erachtet werden, sind im Konzept **Preservation Description Information (PDI)** zusammenge-

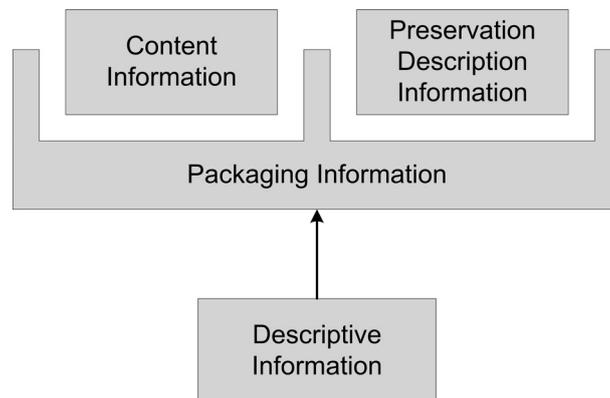


Abbildung 2.6: Information Packages: Konzepte und Beziehungen

fasst. Das umschließt Daten über die Herkunft und den Kontext des Objektes, eine eindeutige Identifikation sowie einen Mechanismus zur Sicherstellung der Unverändertheit des Inhaltes.

3. Diese beiden Pakete werden durch die **Packaging Information** verknüpft, die den genauen Bezug zwischen PDI und Content Information beschreibt.
4. **Descriptive Information** schließlich bezieht sich auf beschreibende Metadaten über das Information Package und dient in erster Linie dazu, das gewünschte Objekt auffindbar zu machen.

Je nach ihrer konkreten Ausprägung werden drei Arten von Information Packages unterschieden: Submission Information Package, Archival Information Package und Dissemination Information Package. Diese Pakete werden an unterschiedlichen Stellen des Archives erzeugt und dienen unterschiedlichen Zwecken; die prinzipielle Struktur entspricht jedoch dem gezeigten Schema.

1. Das **Submission Information Package (SIP)** wird vom Produzenten an das Archiv gesendet. Der genaue Inhalt muss mit dem Archiv abgestimmt werden.
2. Das **Archival Information Package (AIP)** wird zu Zwecken der Archivierung innerhalb des OAIS aus einem SIP erzeugt.
3. Als Antwort auf eine Anfrage eines Konsumenten wird schließlich aus dem entsprechenden AIP das **Dissemination Information Package (DIP)** generiert und an den Konsumenten geschickt.

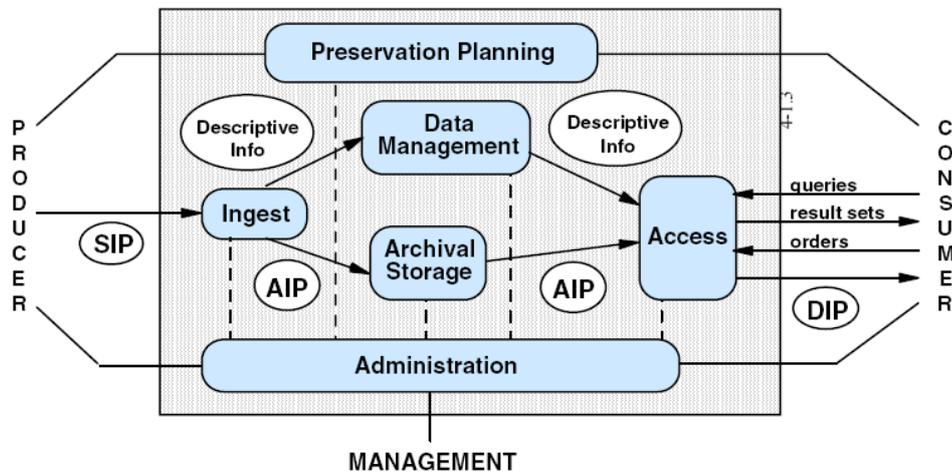


Abbildung 2.7: Funktionaler Überblick des OAIS Referenzmodells ([Con02], S.38)

2.3.3 Das funktionale Modell

Dieser Abschnitt beschreibt in groben Zügen die Prozesse, die auf diesen Informationspaketen operieren. Wie in Abbildung 2.7 dargestellt, besteht ein OAIS aus sechs funktionalen Einheiten: Ingest, Archival Storage, Data Management, Administration, Preservation Planning und Access.

- Der **Ingest** Prozess hat die Aufgabe, ein SIP von einem Produzenten zu empfangen und zu validieren. Daraufhin bereitet er es für die Speicherung vor und generiert ein entsprechendes AIP. Auch die Erzeugung der *descriptive information* fällt in diesen Prozess.
- Das fertige AIP wird daraufhin an den **Archival Storage** Prozess weitergegeben, der für die Speicherung und die Erhaltung des Datenstromes sowie die Abfrage zuständig ist. Dieser Bereich muss etwa auch garantieren, dass im Falle eines Systemausfalles die AIPs wieder vollständig rekonstruiert werden können.
- Die Funktion **Data Management** stellt die Services zur Verfügung, die für die Erstellung und Wartung der *descriptive information* notwendig sind. Außerdem fallen administrative Daten des Archives in ihre Zuständigkeit. Auch die Durchführung von Abfragen auf den Daten findet hier statt.

- Die Entität **Preservation Planning** hat die Aufgabe, die Umgebung des Archives zu beobachten und Empfehlungen abzugeben, die die langfristige Sicherstellung der Inhalte gewährleisten. Dabei muss sie sich auf die definierte Benutzergruppe der Konsumenten und ihre Bedürfnisse beziehen, aber auch auf technologische Gegebenheiten, Möglichkeiten und Einschränkungen. In Kapitel 3 gehen wir ausführlicher auf ein Vorgehensmodell für Preservation Planning ein.
- **Access** schließlich hat die Aufgabe, den Konsumenten den Zugriff auf die Information im Archiv zu ermöglichen. Das beinhaltet die Kommunikation mit den Konsumenten, Funktionen zum Durchsuchen des Inhaltes, eine Zugriffskontrolle, um spezielle Inhalte besonders zu schützen, die Koordination und erfolgreiche Durchführung von Abfragen sowie das Generieren und Versenden von DIPs.

Mittels dieser sechs Prozesse wird im OAIS Modell der Informationsfluss von Produzenten zum Archiv und vom Archiv zu den Konsumenten beschrieben. Dabei bleiben die implementierungsbezogenen Details außen vor. Das Modell dient weitgehend als Vorlage für die Strukturierung von Archiven und wird regelmäßig herangezogen, um konkrete Archive systematisch zu analysieren.

2.4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel wurde das Problemfeld der digitalen Langzeitarchivierung überblicksartig beschrieben. Nach einer Darstellung der grundlegenden Problematik digitaler Inhalte im Kontext der Archivierung und einem Abriss der wesentlichen Hindernisse, die die Lesbarkeit und das Verständnis digitaler Objekte gefährden können, verglichen wir im Überblick die relevanten Strategien und ihre Stärken und Schwächen.

Im Gegensatz zu heterogenen Sammlungen komplexer Inhalte wie Office-Dokumente, Emails oder interaktiver Inhalte, bei denen die Bewahrung der Interpretierbarkeit von Dateiformaten im Vordergrund stehen muss, ist diese Problematik im Fall der Langzeitarchivierung von digital vorliegenden Fotografien weniger schwerwiegend. Das hat im Wesentlichen zwei Gründe.

1. Die Homogenität der Objekte innerhalb einer Sammlung ist relativ hoch. Die meisten Fotosammlungen bestehen aus Dateien in den Formaten JPEG und (unterschiedlichen Versionen von) RAW.

2. Diese vorherrschenden Dateiformate sind wohlbekannt und gut dokumentiert; eine Vielzahl kommerzieller sowie frei verfügbarer Software-Werkzeuge, die auf diesen Dateiformaten operieren, sind erhältlich.

Im vorliegenden Fall ist die **Problemstellung daher in erster Linie in der zuverlässigen Speicherung des Bitstreams** zu sehen.

Das folgende Kapitel stellt ein Vorgehensmodell zur Planung von Strategien für die Langzeitarchivierung digitaler Inhalte vor, mit dem auf strukturierte und dokumentierte Weise potenzielle Lösungen nach einem auf der Nutzwertanalyse basierenden Verfahren evaluiert und analysiert werden können. Nach einem Überblick über die wichtigsten Speichertechnologien in Kapitel 4 beschreiben wir schließlich in Kapitel 5 die Ergebnisse der Anwendung dieses Verfahrens zur Analyse möglicher Lösungsstrategien für die Archivierung digitaler Fotos.

Kapitel 3

Planung von Langzeitarchivierung

3.1 Einleitung

Im letzten Kapitel wurden verschiedene Strategien der Langzeitarchivierung beschrieben. All diese Strategien haben ihre Stärken und Schwächen, ihren bevorzugten Einsatzbereich und ihre speziellen Erfordernisse.

Gleichermaßen unterscheidet sich das Bild, wenn man die Erfordernisse der Benutzer in unterschiedlichen Szenarien betrachtet. Eine Fülle von Faktoren beeinflusst die Entscheidung über eine zu wählende Strategie. Parameter wie die gewünschte Art des Zugriffes, die legale Situation, das zur Verfügung stehende Budget sowie technologische Gegebenheiten, Einschränkungen und Möglichkeiten haben Auswirkungen auf die Eignung der verschiedenen zur Wahl stehenden Alternativen. Um die entstehende Komplexität zu bewältigen und wohlüberlegte Entscheidungen zu treffen, wird ein strukturiertes Vorgehensmodell benötigt, mit dem unter kontrollierten Bedingungen evaluiert werden kann, welche Lösung für einen konkreten Aufgabenbereich am Besten geeignet ist.

Das Ziel ist es, alle möglichen Anforderungen in einem Rahmenwerk zu integrieren, zu aggregieren, damit die in Frage kommenden Alternativen zu evaluieren und schließlich eine Kenngröße zu schaffen, die eine Wahl auf einer dokumentierbaren und nachvollziehbaren Basis erlaubt.

Im Rahmen des EU-geförderten Forschungsprojekte DELOS¹ wurde 2005 ein auf einer adaptierten Version der Nutzwertanalyse[Bec78, HBS87] basierendes Verfahren entwickelt [RR05, RR04, SRR⁺06].

Unter intensiver Einbeziehung von unterschiedlichen Institutionen wie ei-

¹<http://www.dpc.delos.info/>

niger europäischer Nationalarchive und Nationalbibliotheken sowie der Berücksichtigung neuer Medien wird dieses Verfahren im Zuge des Projektes PLANETS² weiter entwickelt, getestet und verbessert [BSN⁺07, SBNR07, BKKR07].

Dieses Kapitel beschreibt das Verfahren in den Grundzügen und veranschaulicht die Anwendung an Hand eines konkreten Szenarios. Wir stellen dabei die einzelnen Arbeitsschritte vor und gehen im Speziellen auf die Erhebung der Anforderungen ein.

3.2 Planung von Langzeitarchivierung

In Abbildung 3.1 sind die elf Schritte des Ablaufes innerhalb der Evaluierung von Alternativen zu sehen, wie sie im Rahmen des PLANETS Projektes definiert wurden. Diese Schritte lassen sich entsprechend ihrer thematischen Zugehörigkeit in drei Phasen gliedern:

1. **Anforderungserhebung.** – In dieser ersten Phase werden die grundlegenden Parameter dokumentiert und die Anforderungen an potenzielle Strategien zur Langzeitarchivierung spezifiziert.
2. **Evaluierung der Alternativen.** – Die zweite Phase besteht aus der Auswahl der in Frage kommenden Strategien, ihrer experimentellen Anwendung auf ausgewählte Beispielobjekte und der Evaluierung der Alternativen bezüglich der definierten Anforderungen.
3. **Analyse der Ergebnisse.** – Die abschließende Phase vergleicht die Alternativen und analysiert ihre Stärken und Schwächen, um auf dieser Basis fundierte und gut dokumentierte Entscheidungen zu ermöglichen.

In der Folge werden die einzelnen Schritte theoretisch vorgestellt und anhand eines simplifizierten Beispiels verdeutlicht.

1. Define Basis

Im ersten Schritt wird der Kontext des Planungsvorhabens in semi-strukturierter Weise dokumentiert. Das beinhaltet die in Frage stehende Sammlung digitaler Objekte, deren Umfang und Beschaffenheit, aber auch andere Einflussfaktoren wie etwa gesetzliche Rahmenbedingungen, organisatorische Einschränkungen, etc.

2. Choose Records

Im zweiten Schritt werden repräsentative Beispielobjekte ausgewählt,

²<http://www.planets-project.eu>

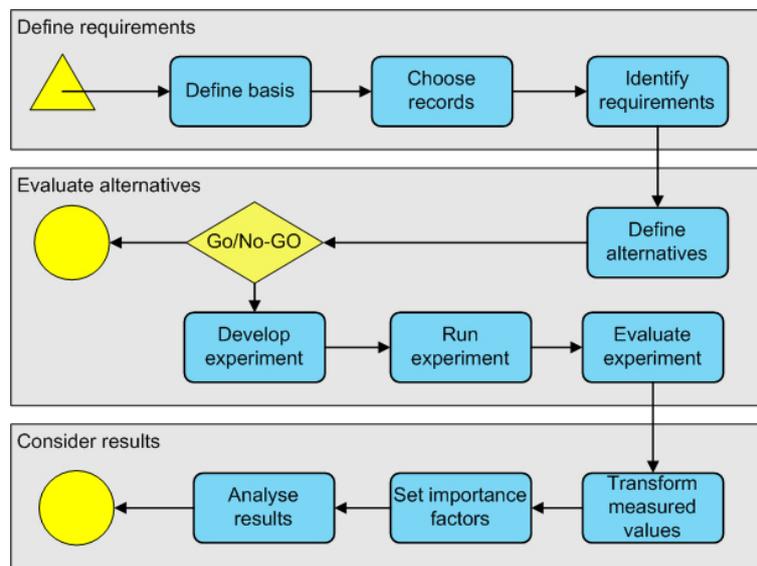


Abbildung 3.1: PLANETS Workflow zur Planung von Langzeitarchivierung

die die essenziellen Charakteristiken der gesamten Kollektion abdecken. Diese Beispielobjekte werden im späteren Verlauf zur Evaluierung potenzieller Lösungen herangezogen.

3. Identify Requirements

Das Ziel dieses entscheidenden Schrittes ist, die Anforderungen für eine Archivierungs-Strategie in klarer und unzweideutiger Weise zu dokumentieren. Dabei werden in einer Baumstruktur, dem so genannten *Objective tree* ('Zielbaum', 'Kriterienbaum'), allgemeine Ziele und detailliertere Anforderungen gesammelt und strukturiert. Diese Baumstruktur bildet die Basis der quantitativen Evaluierung und ermöglicht dadurch eine objektive Entscheidungsfindung.

Während sich die Kriterien im Allgemeinen je nach Kontext und Szenario relativ stark unterscheiden, können doch einige allgemein gültige Prinzipien beobachtet werden. Auf der obersten Ebene werden die Bäume normalerweise in vier Hauptkategorien unterteilt:

- *Objekteigenschaften* beschreiben das visuelle und kontextuelle Erlebnis des Benutzers bei der Betrachtung eines digitalen Objektes. Dabei werden üblicherweise die von Jeff Rothenberg [RB99] vorgeschlagenen fünf Aspekte eines digitalen Objektes herangezogen, die alle wesentlichen Eigenschaften umfassen: Inhalt, Ausse-

hen, Struktur, Verhalten und Kontext. Auf der untersten Ebene des Baumes befinden sich in diesem Fall Eigenschaften wie die Auflösung eines Bildes in Bildpunkten oder die Farbtiefe in Bit.

- Bei den *technischen Eigenschaften* unterscheiden wir zwischen jenen, die das Speicherformat, jenen, die das Speichermedium und jenen, die die Visualisierungsumgebung beschreiben. Diese Kriterien werden vom Anwender nicht unmittelbar wahrgenommen, wenn er mit dem digitalen Objekt zu tun hat, trotzdem sind sie notwendig, um das Objekt wieder so herzustellen, wie es im Original gewirkt hat, bzw. um integrierte Funktionalität zu erhalten.
- *Prozesseigenschaften* beziehen sich auf den Prozess der Archivierung selbst. Das beinhaltet unter anderem die Skalierbarkeit eines Verfahrens auf große Datenmengen oder die Komplexität eines Verfahrens.
- *Kosten* spielen normalerweise eine gewichtige Rolle beim Treffen der Entscheidungen. Sie können oft in technische und Personenkosten unterteilt werden sowie in Initialkosten und laufende Ausgaben.

Ein generischer Zielbaum ist in Tabelle 3.1 dargestellt. Dieser Referenzbaum teilt die Kriterien in der ersten Ebene in Charakteristika des zu speichernden digitalen Objekts, die technischen Attribute des darunter liegenden Files, Charakteristika des Speicher- bzw. Archivierungsprozesses und die dabei entstehenden Kosten. Die Eigenschaften des digitalen Objekts beschreiben alle Aspekte, die vom Benutzer direkt wahrgenommen werden und die notwendig sind, um das Objekt in seinem Zusammenhang zu verstehen. Daher ist die zweite Ebene in die Charakteristika ‘Inhalt’, ‘Aussehen’, ‘Struktur’, ‘Kontext’ und ‘Verhalten’ unterteilt.

Die Prozess-Charakteristika werden anhand des diskutierten Referenzmodells für ein ‘Open Archival Information System’ gegliedert, das den Archivierungsprozess in den Import der Objekts in eine Speicherumgebung, in die Bewahrung innerhalb dieser Umgebung und in das Wiederaufmachen strukturiert [Int03]. Daneben werden alle Managementprozesse in einem Punkt zusammen gefasst. Die Kosten schließlich werden im generischen Entscheidungsbaum in Personal- und Sachkosten geteilt.

Der hier vorgestellte Baum dient als Unterstützung für die Identifikation von Kriterien und wird jeweils an einzelnen Stellen erweitert, an

Ebene 1	Ebene 2	Beispiele für Ebene 3
Objekt-Eigenschaften	Inhalt	Text, Buchstaben ...
	Aussehen	Farben, Schriftarten ...
	Struktur	Logos, Seitenaufbau, ...
	Kontext	Erzeugung, Prozesse ...
	Verhalten	Makros, Interaktion
Technische Eigenschaften	File Format	offen, patentiert... ..
	Speichermedium	Garantie, Lesbarkeit ...
	Visualisierung	Bildschirm, Lautsprecher ...
Prozess-Eigenschaften	Import	Kontext, Sicherungskopien ...
	Bewahrung	Überprüfungen, Speicherumgebung ...
	Wiederöffnen	Arbeitsaufwand, Zugriffsrechte ...
	Verwaltung	Wahl einer Speicherstrategie ...
Kosten	Personal	Pro File, pro Stunde ...
	Sachkosten	Einkauf, Adaptierung ...

Tabelle 3.1: Ein generischer Kriterienbaum

anderen reduziert, falls das eher den Vorstellungen einer Organisation entspricht. Zur vollständigen Identifikation der Kriterien ist meist eine ausführliche Recherche von relevanter Literatur für das jeweilige Anwendungsgebiet sowie eine detaillierte Analyse der zu bewahrenden Objekte und Anforderungen erforderlich.

Abbildung 3.2 zeigt das breite Spektrum an Einflussfaktoren, die bei der Definition der Anforderungen berücksichtigt werden müssen. Die Zielbäume werden üblicherweise in Workshops erstellt, bei denen unterschiedliche Experten aus den betroffenen Gebieten mit Anwendern, Technikern und Archivierungsexperten zusammenarbeiten, um die relevanten Anforderungen zu ermitteln und zu strukturieren. Ein zentrales Element der Anforderungsanalyse in diesem Zusammenhang ist stets die quantitative Natur der Nutzwertanalyse. Jede Anforderung ist messbar und muss somit auch messbar gemacht werden. Daher wird jedem Kriterium in der untersten Ebene eine Skala zugewiesen, auf der die Erfüllung dieses Kriteriums gemessen wird. Soweit wie möglich sollten diese Kriterien objektiv und automatisch messbar sein, z.B. in Euro

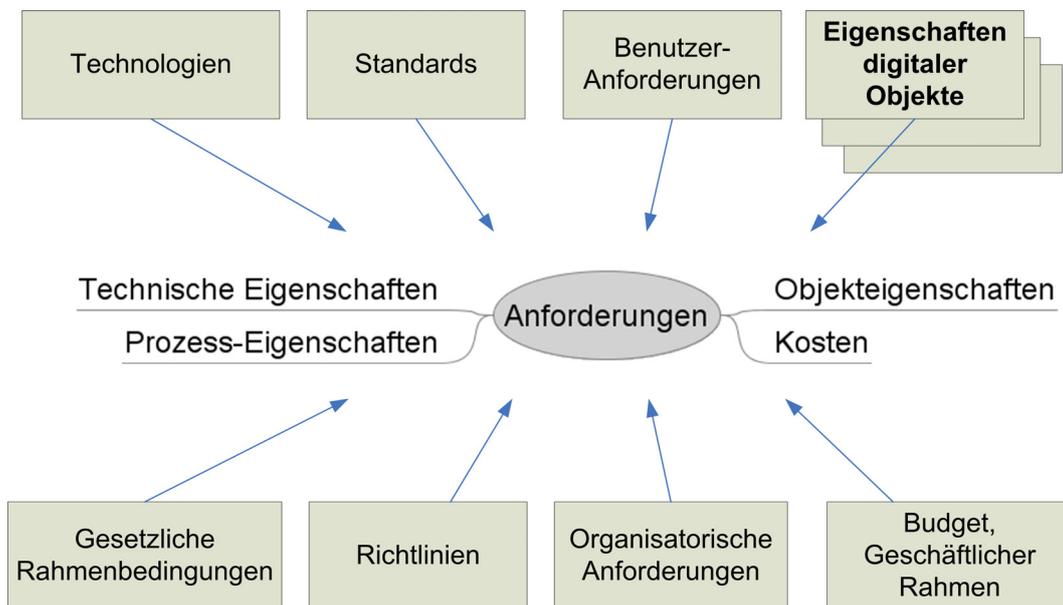


Abbildung 3.2: Einflussfaktoren auf die Entscheidungsfindung

pro Jahr oder Bildpunkten. In manchen Fällen müssen jedoch (semi-) subjektive Ordinal-Skalen zum Zuge kommen. Ein Beispiel dafür ist die Akzeptanz oder der Grad der Offenheit und Standardisierung eines Dateiformates.

Der erstellte Baum ist unabhängig von den betrachteten Alternativen; er dokumentiert die individuellen Anforderungen einer Institution oder Person in Bezug auf die langfristige Archivierung einer bestimmten Kollektion digitaler Objekte.

Typischerweise beinhalten entsprechende Bäume zwischen 20 und 150 Kriterien in 3 bis 5 Ebenen. Die Anzahl der Kriterien hängt vor allem stark von der Natur der betrachteten Objekte ab – je komplexer die Inhalte sind, die in den Objekten abgebildet sind, desto aufwendiger ist die Erstellung des Baumes. Diese Komplexität spiegelt sich dann auch in der Anzahl der Kriterien wider.

Als Beispiel wird ein sehr simpler Entscheidungsbaum verwendet, der nur dazu dient, den Ablauf des Verfahrens besser verständlich zu machen. Folgende Annahmen werden getroffen: Die zu bewahrenden digitalen Objekte sind im Word 95 Format, es soll die langfristige Haltbarkeit des Formats

Top level	Level 2
Objekt Charakteristika	Farbqualität
	Entstehungskontext
Technische Eigenschaften	Offene Spezifikation
Kosten	Importkosten pro File

Tabelle 3.2: Der für das Beispiel verwendete Kriterienbaum

evaluiert werden. Alle anderen Eigenschaften der Umgebung, wie das Speichermedium oder die Metadatenbank sollen dabei nicht verändert werden. Eine zweite Annahme ist, dass der Anwender nur die vier im Beispielbaum gezeigten Kriterien bei der Wahl des nächsten Speicherformats berücksichtigt. Der entsprechende Entscheidungsbaum ist in Tabelle 3.2 dargestellt, in welchem überhaupt keine Prozesseigenschaften angeführt werden, wodurch dieser Ast des Entscheidungsbaum verschwindet.

Den vier behandelten Kriterien werden messbare Einheiten zugeordnet. Dabei werden den Importkosten pro File Euro zugeteilt; ob eine Spezifikation veröffentlicht ist, wird mit ja oder nein beantwortet. Für das Kriterium Farbqualität eignet sich keine messbare Einheit, darum wird eine Bewertung durch den Anwender verwendet. Alternativ dazu könnte man versuchen, das Kriterium in weitere Einheiten zu gliedern, die dann eventuell messbar sind. Das gleiche gilt für den Entstehungskontext, der ebenfalls vom Anwender bewertet werden soll.

4. Define Alternatives

Dieser Schritt betrachtet in Frage kommende Alternativen und wählt diejenigen aus, die für eine Evaluierung in Frage kommen. Eine ausführliche Beschreibung jeder Lösung stellt ein klares Verständnis sicher.

Um das Beispiel nicht zu kompliziert werden zu lassen, werden drei Alternativen definiert: Migration der Word 95-Daten nach Word 2002, Migration nach PDF 1.4 mit Hilfe des Acrobat Distiller-Konverters 3.0, sowie die Aufbewahrung der digitalen Objekte in einem Computer-Museum. In diesem

Fall müsste die derzeit verwendete Hardwareumgebung konserviert werden.

5. **Go/No-Go**

Unter Berücksichtigung der definierten Anforderungen, der Alternativen und einer Einschätzung der benötigten Ressourcen wird entschieden, ob der Prozess der Evaluierung fortgesetzt, abgebrochen oder verschoben werden soll.

6. **Develop Experiment**

Um reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten, wird hier ein Entwicklungsplan für jede Alternative spezifiziert, der das Experimentumfeld und den Mechanismus der Evaluierung miteinschließt.

7. **Run Experiment**

In diesem Schritt werden die betrachteten Alternativen in einem der erstellten Definition folgenden kontrollierten Experiment probeweise auf die gewählten Beispielobjekte angewandt.

8. **Evaluate Experiments**

Die Ergebnisse der Experimente werden evaluiert, um festzustellen und zu dokumentieren, zu welchem Grad die Anforderungen im Zielbaum von den einzelnen Alternativen erfüllt werden.

Die Bewertung der Alternativen ergibt folgendes Bild: Die Farbqualität ist bei allen drei Alternativen gut erhalten geblieben, leichte Änderungen wurden nur bei PDF festgestellt. Darum wird PDF 1.4 mit 4 Punkten bewertet, die anderen beiden Alternativen mit 5 Punkten.

Der Kontext der Entstehung ist extern gespeichert und daher von der Migration der Datei nicht betroffen. Daher bleibt sie unverändert erhalten und wird für alle Alternativen mit 5 bewertet.

Bei den technischen Eigenschaften wird evaluiert, ob die Datei in einem offenen oder proprietären Datei-Format gespeichert wird. PDF 1.4 ist ein offenes Format, die beiden anderen Alternativen basieren jeweils auf einem proprietären Format und werden daher mit 'nein' bewertet.

Das letzte Kriterium sind schließlich die Importkosten pro File. Um diesen Wert korrekt zu erheben, müssten die Migrationen mehrmals durchgeführt und ein Mittelwert berechnet werden. Dieser Mittelwert wird dann mit dem Stundenlohn eines typischerweise mit solchen Aufgaben beschäftigten

Mitarbeiters multipliziert. Bei den Computer Museen ist hier kein Aufwand notwendig, da die bestehende Lösung übernommen wird. Laut Kalkulationen des niederländischen Nationalarchivs (Nationaal Archief) [SV04] dauert die Migration eines Texts unabhängig vom Zielformat rund eine halbe Minute. Das dafür notwendige technische Verständnis ist relativ gering, als Stundenlohn werden von uns 30 EURO angenommen. Die Kosten für den Import eines Files betragen damit rund 0,25 EURO, sowohl für die Migration auf MS Word 2002 als auch auf PDF 1.4 . Diese Zahlen beruhen auf der Annahme, dass der Migrationsprozess manuell und nicht automatisiert durchgeführt wird.

9. Transform Measured Values

Nach der Evaluierung der Kriterien im Zielbaum stellt sich das Problem, dass die Kriterien in unterschiedlichsten Skalen definiert sind. Um sie vergleichbar und aggregierbar zu machen, wird pro Skala eine Transformationstabelle spezifiziert, die die Werte der Messskala auf eine einheitliche Zielskala abbildet. Die Zielskala ist eine Zahl zwischen 0 und 5, wobei 5 der beste Wert ist, während 0 ein nicht akzeptables Resultat darstellt.

Die Umwandlung stellt für die vom Anwender beurteilten Kriterien kein Problem dar. Sowohl die Bewertung des Entstehungskontexts als auch der Farbqualität können unverändert übernommen werden. Schwieriger ist es für die beiden anderen Kriterien, für die eine Transformationstabelle, wie sie in Tabelle 3.3 zu sehen ist, festgelegt werden muss. Bei der offenen Spezifikation kann hier festgelegt werden, ob ein proprietäres Format entweder relativ schlecht oder nicht-akzeptierbar schlecht ist. Im ersten Fall wird einem 'nein' der Wert 1 zugewiesen, im zweiten der Wert 0. In diesem Beispiel ist ein proprietäres Format akzeptierbar, darum wird dem 'nein' der Wert 1 zugeteilt.

10. Set Importance Factors

Nicht alle Kriterien im Zielbaum sind von gleicher Relevanz. Daher wird in diesem Schritt eine relative Gewichtung der Kriterien auf allen Ebenen durchgeführt, um der unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Ziele Rechnung zu tragen.

Kriterium	Wert 5	Wert 4	Wert 3	Wert 2	Wert 1	N.A.
Offene Spezifikation	Ja	-	-	-	Nein	-
Importkosten/File[EURO]	0	0.1-0.5	0.6-1	1.1-1.5	1.6-2.6	> 2.6

Tabelle 3.3: Transformationstabelle für das Beispiel

Bei der Gewichtung des Beispielbaums haben sich die Techniker, Archivare und Finanzmitarbeiter auf folgende Gliederung geeinigt: Objekt-Eigenschaften 60 %, Technische Charakteristika und Kosten jeweils 20 %. Eine Gewichtung auf einer tieferen Ebene ergibt sich nur bei den Eigenschaften des digitalen Objekts, hier wird der Entstehungskontext mit 40 % und die Farbqualität mit 60 % gewichtet.

Nach der Multiplikation der Gewichtungen der Blätter mit ihren übergeordneten Knoten ergeben sich folgende endgültige Gewichte: Farbqualität 0.36, Entstehungskontext 0.24, offene Spezifikation 0.2 und Importkosten 0.2.

11. Analyse Results

Im abschließenden Schritt schließlich werden die Ergebnisse aller Alternativen berechnet und aggregiert, um eine Kennzahl zu schaffen, die zum Vergleich der Alternativen herangezogen werden kann.

Dabei können verschiedene Aggregationsmechanismen verwendet werden. Die wichtigsten sind Aufsummierung und Multiplikation.

- Bei der Aufsummierung werden die transformierten Ergebniswerte jeder Alternative mit dem relativen Gewicht des entsprechenden Kriteriums multipliziert und über die Hierarchie des Baumes hinweg aufsummiert. Dadurch ergibt sich auf jeder Ebene eine Kennzahl zwischen 0 und 5, die dem Erfüllungsgrad der entsprechenden Anforderung durch die betrachtete Alternative entspricht.
- Bei der Multiplikation dagegen werden die transformierten Werte mit dem relativen Gewicht potenziert und über die Hierarchie des Baumes hinweg multipliziert. Wiederum ergibt sich auf jeder Ebene eine Kennzahl zwischen 0 und 5. Der wesentliche Unterschied zur Aufsummierung besteht darin, dass ein einzelnes nicht-akzeptiertes Kriterium zu einem Totalausfall der Alternative

Kriterium \ Strategie	MS Word 2002	PDF 1.4	Computer Museum
Farbqualität	1.8	1.44	1.8
Entstehungskontext	1.2	1.2	1.2
Offene Spezifikation	0.2	1	0.2
Importkosten / File	0.8	0.8	1
Zielwert	4	4.44	4.2

Tabelle 3.4: Die aggregierten Werte pro Alternative

führt, da durch die Multiplikation der Wert 0 bis in den Wurzelknoten durchschlägt.

Die Aggregation ergibt Tabelle 3.4, in der sich die vorige Evaluierung deutlich widerspiegelt. Die Reihung der drei Alternativen ergibt, dass sich die Migration auf PDF 1.4 am besten für den nächsten Schritt zur langfristigen Datenspeicherung eignen würde. Den zweiten Platz belegt das Computer Museum, den letzten die Migration innerhalb von Word. (Diese Reihung gilt selbstverständlich nur unter den gegebenen Umständen, mit den hier festgelegten 4 Kriterien, der hier definierten Gewichtung und den Werten, die in dem Beispiellarchiv gelten.) Wie man sieht, wirkt sich das proprietäre Format relativ stark auf die Zielwerte aus, während die höheren Importkosten durch die relativ schwach sinkende Transformationstabelle nicht so sehr ins Gewicht fallen. Selbst wenn das proprietäre Format als 'Nicht akzeptierbar' eingestuft worden wäre, hätte sich in der Reihenfolge nichts geändert.

Wir erhalten also aggregierte Ergebniswerte für jeden Teilbaum des Zielbaumes und für jede Alternative. Ein erste Reihung der Alternativen kann auf den aufsummierten und multiplizierten Kennzahlen geschehen. Jedoch ist eine tiefgehende Analyse wesentlich aufschlussreicher und ermöglicht genauere Einblicke in die Stärken und Schwächen jeder Alternative.

Außerdem kann mittels Sensitivitätsanalyse ermittelt werden, zu welchem Grad die Reihung der Alternativen von kleineren Änderungen in der relativen Gewichtung der Anforderungen beeinflusst wird.

Das Ergebnis dieses Planungsprozesses ist eine konzise, objektive, und dokumentierte Reihung in Frage kommender Alternativen für ein betrachtetes Archivierungsproblem unter Berücksichtigung der spezifischen situationsbedingten Anforderungen.

Welche Lösung tatsächlich umgesetzt wird, hängt von den begleitenden Umständen ab. Aus der Nutzwertanalyse läßt sich aber eine klare Empfehlung ableiten, die mit direkt sichtbaren Argumenten hinterlegt und sorgfältig abgewogen ist und sich daher optimal als Entscheidungsgrundlage eignet. Durch die Darstellung sowohl allgemeiner als auch detaillierter Ergebniszahlen aus standardisierten und reproduzierbaren Testbedingungen wird eine solide Basis geschaffen, auf der wohlüberlegte und dokumentierte Entscheidungen getroffen werden können.

3.3 Zusammenfassung

Die große Anzahl an langfristigen Archivierungsstrategien, wie Migration, Emulation oder Computer Museen und deren Implementierungen, von denen keine unter allen Umständen besser als eine andere ist, machen die Entscheidung für eine von ihnen schwer. Um diese Entscheidung auf eine argumentierbare Basis zu stellen und die langfristige Bewahrung der Daten nicht zu einer Gefühlssache werden zu lassen, wurde das hier vorgestellte Verfahren zur Planung von Langzeitarchivierungsstrategien entwickelt. Es basiert auf einer adaptierten Version der Nutzwertanalyse und bietet die Möglichkeit, anhand eines klar definierten Prozesses und einer ausführlich beschriebenen Entscheidungsgrundlage in Form des Entscheidungsbaums die optimale Wahl für die jeweiligen Anforderungen und Möglichkeiten zu treffen. Trotz des relativ hohen Aufwands, der für die Entwicklung des Entscheidungsbaums verwendet werden muss, hat sich die adaptierte Nutzwertanalyse in mehreren praktischen Implementierungen für die Video- und Audio-Sammlung des österreichischen Phonogrammarchivs, für die elektronischen Akten des niederländischen Nationalarchivs, aber auch für elektronische Publikationen der österreichischen Nationalbibliothek sowie der Königlichen Bibliothek der Niederlande bewährt und die Basis für eine fundierte, argumentierbare und nachverfolgbare Entscheidung über die Art der langfristigen Datenspeicherung geschaffen.

Kapitel 4

Datenträger für Bit stream Preservation

4.1 Einleitung

Wie in Abschnitt 2.4 festgestellt, ist Bit Stream Preservation das Kernproblem bei der Archivierung digitaler Fotos im betrachteten Kontext. Dieses Kapitel gibt einen Überblick der existierenden Datenträgertechnologien, die für die Langzeitarchivierung digitaler Fotografien zumindest prinzipiell in Betracht kommen. Dabei vergleichen wir die vorgestellten Alternativen in erster Linie unter Berücksichtigung ihrer Eignung für die digitale LZA.

Die Lebenserwartungen verschiedener Medien, die als Träger für Information dienen können, unterscheiden sich naturgemäß drastisch. Eine grobe Gegenüberstellung bietet Tabelle 4.1, die aus [MD98] stammt und von [GRF00] übernommen wurde.

Neben der Lebenserwartung beeinflussen jedoch auch andere Faktoren die Entscheidung für oder wider ein Speichermedium. Gschwind et.al. identifizieren in [GRF02] folgende Kriterien. Sie unterscheiden dabei zwischen Anforderungen an das Hardware-System, also die Lesegeräte, und die Medien selbst.

1. Hardware-System

- (a) **Verbreitung.** – Ein großer Marktanteil ist noch kein Garant für langfristige Verfügbarkeit, jedoch ein wichtiger Faktor. Vor allem die Unterstützung durch verschiedene Hersteller schafft eine gewisse Unabhängigkeit von den Unbilden des Marktes, die Hersteller oft in kurzer Zeit verschwinden lassen.

Medium	Lebenserwartung in Jahren (abhängig von den Lagerungsbedingungen)
CD	5-200
Zeitungen	10-20
VHS Band	10-30
DAT	10-30
Magnetband	10-30
Mikrofilm	10-500
Kodachrome	100
Säurefreies Papier	100-500
HD-Rosetta	1000+
Ägyptische Steintafeln	2200+

Tabelle 4.1: Lebenserwartung verschiedener Medien[MD98]

- (b) **Verschleiß.** – Die Belastung der Medien während des Schreibens und (Prüf)lesens sollte möglichst gering sein.
- (c) **Zuverlässigkeit.** – Die Zuverlässigkeit wird oft in der sogenannten 'mean time to failure' (MTF) gemessen, die die durchschnittliche Betriebsdauer ohne Fehler angibt.
- (d) **Austauschbarkeit.** – Medien sollten möglichst problemlos von verschiedenen Geräten gelesen werden können.
- (e) **Versionskompatibilität.** – Prinzipiell wird eine Speichertechnologie im Laufe ihrer Existenz immer weiter ausgenutzt, bis die technischen Entwicklungen einen Sprung auf die nächste Generation vorteilhaft machen. Vor allem innerhalb einer Technologie ist daher Abwärtskompatibilität von großem Vorteil. So können etwa heutige Dual-Layer DVD-Brenner problemlos auch CDs lesen und beschreiben.
- (f) **Fehlertoleranz.** – Erkennung und Korrekturmöglichkeiten von Medienfehlern sind selbstverständlich wünschenswert.
- (g) **Robustheit** bezieht sich sowohl auf mechanische Eigenschaften als auch auf die Minimierung der Wahrscheinlichkeit, dass durch unsachgemäße Handhabung Defekte verursacht werden können.
- (h) **Automatisierung.** – Gerade bei großen Datenmengen ist etwa

das manuelle Austauschen von Medien oft nicht möglich.

2. Medien

- (a) **Robustheit.** – Je robuster sich die Medien erweisen gegenüber widrigen Umweltbedingungen, desto einfacher ist natürlich die Lagerung und desto niedriger die Fehlerwahrscheinlichkeit.
- (b) **Lebensdauer.** – Diese sollte sowohl bekannt als auch konstant sein, also keine zu großen Schwankungen aufweisen. Bei vielen Technologien besitzen heute die Medien bereits eine höhere Lebensdauer als die Lesegeräte.
- (c) **Prüfbarkeit.** – Die Verfügbarkeit (automatischer) Testmechanismen erleichtert die Handhabung und Verifikation der Datensicherung erheblich.
- (d) **Zuverlässigkeit.** – Vor allem die zuverlässige Vorhersagbarkeit des zu erwartenden Verfalls von Medien ist hier ein wesentlicher Faktor.
- (e) **Verbreitung.** – Wie bei den Hardware-Systemen, so ist auch bei den Medien eine hohe Verbreitung von großem Vorteil.
- (f) **Kapazität.** – Die Speicherkapazität pro Medium spielt eine gewichtige Rolle bei der Wahl des am Besten geeigneten Mediums; auch deshalb, weil die Handhabung einer Vielzahl von Medien im Regelfall sehr kostspielig ist.

Obwohl diese Kriterien prinzipiell Gültigkeit besitzen, ist zu beachten, dass sich die Aufstellung auf den Kontext der groß angelegten Digitalisierung und Archivierung von Kulturgütern im Umfeld von Museen, Archiven und Kulturinstitutionen bezieht und daher auf den vorliegenden Kontext nur bedingt in direktem Maße anwendbar ist. Kapitel 5 diskutiert die konkreten Anforderungen im betrachteten Szenario.

4.2 Digitale Speichertechnologien

Dieser Abschnitt stellt die wichtigsten Technologien für Datenträger vor, die heute noch im Einsatz sind und praktische Relevanz besitzen. Es sind dies

1. Festplatten,
2. Magnetische Bandlaufwerke,
3. Optische Datenträger,

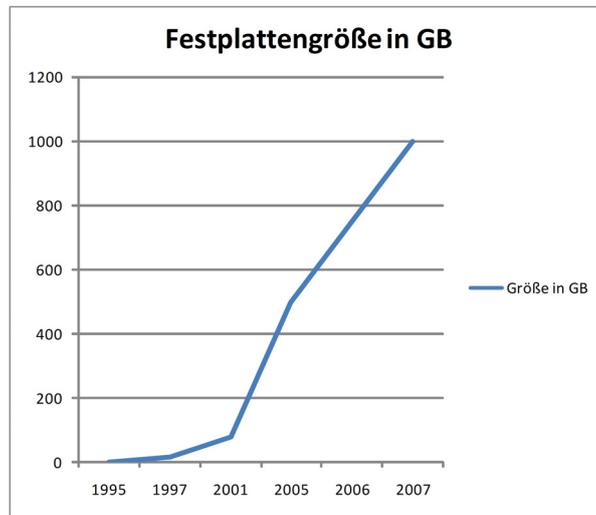


Abbildung 4.1: Wachstum von Festplattenkapazitäten seit 1995

4. Magneto-optische Speicher.

4.2.1 Festplatten

Festplatten sind heute die primäre Speichertechnologie für Computer. Grund dafür ist einerseits das rasante Wachstum der Kapazitäten, andererseits der konstante Preisverfall, der diese Massenspeicher für Heimanwender erschwinglich gemacht hat. Abbildung 4.1 zeigt das exponentielle Wachstum der Kapazitäten in 3,5 Zoll-Festplatten. Der gewählte Beginn dieses Zeitraumes entspricht in etwa dem Aufkommen der Digitalfotografie.

Während Festplatten heute zwar kostengünstig sind und hohe Speicherdichte mit hoher Geschwindigkeit verbinden, sind sie doch anfällig auf Störungen. Eine Festplatte, die einmal fallen gelassen wurde, wird oftmals nicht mehr funktionieren, und bei einer Überhitzung innerhalb des PCs können Daten genauso verloren gehen wie durch einfache Lagerung im Schrank, ohne regelmäßig auf die Daten zuzugreifen.

Beim Suchmaschinenriesen Google sind über 100.000 Festplatten in konstantem Einsatz. Einige Mitarbeiter des Konzerns haben in einer Langzeitstudie fast ein Jahr lang Überwachungsdaten von Festplatten gesammelt und berichten in [PWB07] über die beobachteten Trends. Dabei ist bemerkenswert, dass Platten mit hohem Leerlauffaktor zu Beginn und Ende ihrer Lebenszeit fehleranfällig wurden. Außerdem zeigten sich neue Platten anfällig auf niedrige Betriebstemperaturen zwischen 15 und 30 Grad, während ältere

Laufwerke vor allem bei Temperaturen über 45 Grad gefährdet waren. Bei über einem Drittel der Laufwerke kam der Ausfall überraschend, ohne erkennbare Probleme im Vorfeld.

Vorteile

- **Weit verbreitete Technologie.** – Jeder Computer enthält eine oder mehrere Festplatten; die Laufwerke sind überall erhältlich.
- **Preisgünstig.** – Der Preis pro Gigabyte beträgt zur Zeit etwa 0,17€, wobei das Lesegerät im Medium integriert ist.
- **Hohe Geschwindigkeit.** – Mit Datentransferraten von über 50MB/s sind Festplatten allen alternativen Technologien in Sachen Geschwindigkeit zur Zeit hoch überlegen. Dadurch sind auch Kopiervorgänge entsprechend zügig abzuwickeln.
- **Hohe Speicherdichte.** – Aktuelle Festplatten fassen ein Terabyte, also 1000 Gigabyte. Das sind etwa 80.000 Fotos im RAW-Format bei 10 Megapixeln, die auf einem einzigen Medium Platz finden.
- **Handhabung.** – Auf Grund des Speichervolumens pro Medium, das wesentlich höher ist als etwa bei optischen Medien, ist das Umkopieren großer Datenmengen relativ einfach, da das manuelle Wechseln der Medien ausfällt oder reduziert wird.
- **Hohe Kompatibilität.** – Auf Grund der hohen Verbreitung sind Festplatten sehr gut kompatibel und können im Allgemeinen problemlos an andere Systeme angeschlossen werden. Auf eine Sicht von 5-10 Jahren ist ein problemloser oder relativ einfacher Anschluss zu erwarten.

Nachteile

Die letztgenannte Zahl von 5-10 Jahren weist schon auf den primären Schwachpunkt der Festplattentechnologie hin: den zeitlichen Horizont.

- **Kurzfristiger Horizont.** – Auf Grund der Kurzlebigkeit der Technologie ist ein Umkopieren etwa alle 3-5 Jahre unbedingt notwendig.
- **Ausfälle** können die Freude an der einfachen Handhabung ebenfalls deutlich trüben. Im Sinne der Datensicherheit ist eine Risikostreuung über redundante Speicherung unabdingbar.

- **Kontinuierliche Wartung.** – Eine Festplatte muss regelmäßig im Betrieb sein, um Ausfällen vorzubeugen. Eine Lagerung über lange Zeit in einem Archivraum ist nicht möglich und führt normalerweise zum Totalausfall der Platte.

4.2.2 Magnetische Bandlaufwerke

Magnetbänder werden seit über 50 Jahren zur Datenspeicherung verwendet. In diesem Zeitraum hat sich die grundlegende Technologie stetig verändert. Geschwindigkeit und Datendichte betragen heute ein Vielfaches von früher, und die Handhabung hat sich durch den Umstieg von offenen Spulen auf sogenannte Cartridges in den 80er Jahren deutlich vereinfacht. Vor allem mittlere und größere Unternehmen setzen zur Datensicherung häufig Bandroboter ein, um die Kopiervorgänge zu automatisieren.

Beim Speichern großer Datenmengen können die Kosten von Magnetbändern wesentlich niedriger sein als bei Festplatten oder anderen Optionen. Aus diesem Grund wird die Bandsicherung traditionellerweise vor allem in großen Computersystemen eingesetzt. In erster Linie dienen Magnetbänder als Medium zur Datensicherung mit hohen Kapazitäten für Archive. Die höchste Datenmenge pro Medium ohne Kompression beträgt zur Zeit etwa 800 Gigabyte [Wik07b].

Ein Nachteil der Bandlaufwerke im Vergleich zu Festplatten und optischen Datenträgern ist die hohe Zugriffszeit auf einzelne Dateien auf Grund des Bandsystemes. Die rapide Entwicklung im Festplattenmarkt, was Speicherdichte und Preis belangt, hat den Marktanteil der Bandsicherungssysteme beträchtlich reduziert. Dennoch bleibt Bandsicherung ein wesentlicher Faktor in den meisten IT-Konzepten größerer Organisationen.

In einer von der US-amerikanischen National Archives and Records Administration (NARA) beauftragten Studie[Wei02, Nav05] wurden sechs technische Eigenschaften von Magnetbändern, die für die Langzeitarchivierung als entscheidend betrachtet wurden, detailliert untersucht:

- Magnetische Eigenschaften und Mikrostrukturen der Aufnahmemedien,
- Physikalische und Aufnahmeeigenschaften,
- Chemie der Bindematerialien und
- Fehlerkorrekturmechanismen.

Eine Verdoppelung der Raumtemperatur von 20°C auf 40°C führte dabei zu einer Reduktion der Lebenserwartung um einen Faktor 100. Während

bei noch höheren Belastungen die Lebenserwartung der meisten betrachteten Bandtechnologien unter einem Jahr lag, halten die Bänder bei fachgerechter Lagerung doch generell länger als die dazugehörigen Lesegeräte. Somit muss die Lebensdauer der Geräte als der primäre limitierende Faktor gesehen werden.

Vorteile

- **Erprobte Technologie zur Datensicherung.** – Die Sicherung auf Magnetband ist die vorherrschende Methode zur Datensicherung bei mittleren und größeren Organisationen. Daher ist auch beachtliche Erfahrung in dieser Hinsicht vorhanden.
- **Hohe Datenvolumen.** – Auf hohe Speicherkapazitäten bezogen liegt der Preis für Magnetbänder nach wie vor unter dem von Festplatten.

Nachteile

- **Hohe Einstiegshürde.** – Die Einstiegspreise für auf Magnetband basierende Sicherungssysteme sind hoch. Zudem betrachten viele potentielle Anwender Magnetbänder als eine exotische oder veraltete Technologie.
- **Robustheit.** – Um zu verhindern, dass die Magnetisierung einer Stelle des Bandes sich auf eine andere Schicht in der Spule auswirkt, müssen die Bänder regelmäßig umgespult werden. Ein Sturz aus einem Regal kann außerdem zu Lesefehlern und dem Reißen der Bänder führen.
- **Eingeschränkter Zugriff.** – Magnetbänder sind nicht immer sofortig auslesbar, da sie oft getrennt oder bestenfalls im Bandroboter aufbewahrt werden und der Zugriff auf die auf einem Band enthaltenen Daten nur sequentiell möglich ist. Die Bänder sollen außerdem einerseits staubfrei und in klimatisierten Räumen gelagert werden, andererseits aber erst nach einer Akklimatisierungsphase ausgelesen werden. Das kann im Zugriffsfall für deutliche Verzögerung sorgen.
- **Nutzungsdauer ist abhängig vom Zugriff.** – Je nach der Häufigkeit der Benutzung kann ein Austausch der Medien schon nach einem Jahr notwendig werden. ([RE04], S.35)
- **Marktzyklen.** – Die relativ hohe Geschwindigkeit des Technologiewandels bewirkt, dass für nur wenige Jahre alte Medien oft bereits

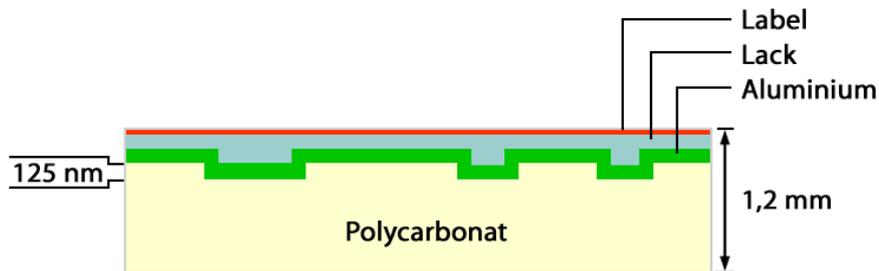


Abbildung 4.2: Querschnitt einer CD [Wik07a]

keine Lesegeräte mehr erhältlich sind. Das ist ein potentiell drastisches Risiko für die Langzeitarchivierung.

4.2.3 Optische Datenträger

Auch optische Medien sind zur Zeit äußerst weit verbreitet - sie finden sich in nahezu jedem Haushalt, und fast jeder Computer besitzt ein optisches Laufwerk. Mehrere Generationen von optischen Medien sind in diesem Zusammenhang von Belang:

1. Die Compact Disc,
2. Die Digital Versatile Disc (DVD) in verschiedenen Varianten, sowie
3. neue Entwicklungen wie die HD-DVD oder die Blu-ray Disc.

Die **Compact Disc** oder **CD** wurde Anfang der 1980er Jahre als Massenspeicher für Musik von Philips, Polygram und Bayer entwickelt und löste im Verlauf der 1990er Jahre endgültig die Schallplatte als führendes Medium ab. Sie speichert je nach Variante zwischen 650 und 800 MB auf einer 12cm großen aus deren Großteil aus Polycarbonat bestehenden Scheibe in einer etwa 6km langen Spirale als Erhöhungen und Vertiefungen in der Länge von jeweils 0,9 Tausendstel Millimeter. Es gibt außerdem eine Miniaturvariante mit 8cm Durchmesser und einem Drittel der Speicherkapazität. Abbildung 4.2 zeigt den schematischen Querschnitt einer CD. Das Aluminium stellt dabei die Reflektionsschicht dar, von der der Strahl des abtastenden Lasers zurückgeworfen wird.

Es kursieren manche Anekdoten um die Herkunft der Abmessungen von CDs und somit auch DVDs - wikipedia schreibt dazu: *Nach einigen Differenzen schlug Sony vor, dass die neue CD zumindest Ludwig van Beethovens*

Neunte Sinfonie in voller Länge erfassen sollte. Dieser Vorschlag hing mit Sonys damaligem Vizepräsidenten Norio Ohga zusammen, der ein ausgebildeter Opernsänger war und sich schon immer wünschte, Beethovens Neunte ohne störendes Wechseln des Tonträgers hören zu können. Ohgas Lieblingsversion, dirigiert von Herbert von Karajan, dauert 66 Minuten, die Techniker hielten sich an die damals längste zur Verfügung stehende Version von Wilhelm Furtwängler. Die Aufnahme aus dem Jahre 1951 dauert exakt 74 Minuten. 74 Minuten bedeuteten 12 cm Durchmesser des optischen Datenträgers. Die Entwickler von Philips reagierten mit Skepsis, da eine so große Scheibe nicht in die Anzugtaschen passen würde. Daraufhin maßen Sony-Entwickler Anzüge aus aller Welt aus, mit dem Ergebnis, dass für 12 cm überall Platz ist. Damit hatte Beethoven einen neuen Standard festgelegt. Eine ähnliche Version der Geschichte wird von Philips offiziell verbreitet; der Einfluss von Beethoven auf die CD-Spieldauer wird jedoch teilweise auch bestritten.¹

Das CD-Format wurde bald in der Form der CD-ROM auch als Speichermedium für digitale Daten genutzt und im *Yellow Book* Standard und später der ISO-Norm ISO/IEC 10149 und dem ECMA-Standard 130[ECM96] definiert. 1988 präsentierte dann die japanische Firma Taiyo Yuden die erste beschreibbare CD, CD-R (Recordable). Die CD-R Standardisierung erfolgte 1990 durch den *Orange Book* Standard. Während bei der CD-ROM die bits in einem Pressverfahren in die Platte eingearbeitet werden und somit mechanisch vorliegen, werden sie beim 'Brennen' einer CD als unterschiedliche Helligkeiten 'eingebrennt'. Diese unterschiedliche Art der Herstellung wirkt sich gravierend auf die Haltbarkeit aus.

Diverse weitere Varianten wurden entwickelt, auf die jedoch hier mangels Relevanz nicht näher eingegangen wird. Die Optical Storage Technology Association (OSTA) hat einen Leitfaden zum Verständnis der Technologie und der zur Verfügung stehenden Varianten herausgegeben [Ben03].

Die **Digital Versatile Disc** oder **DVD** als direkte Weiterentwicklung der CD war die Antwort auf den zunehmenden Speicherbedarf und vor allem die Anforderungen von Videoinhalten, die einen enormen Speicherhunger bewirken. Mit einer Speicherkapazität von zwischen 4,7 und 8,54 GB speichert eine DVD ein Mehrfaches der Datenmenge einer CD.

Auch die DVD wurde bald in beschreibbaren Varianten auf den Markt gebracht. Die Hersteller der beschreibbaren DVDs sind jedoch in drei Lager gespalten, deren Medien inkompatibel sind:

1. DVD-R/DVD-RW,
2. DVD+R/DVD+RW, und

¹http://de.wikipedia.org/wiki/Compact_Disc

	CD	DVD	HD-DVD	Blu-ray disc
Speicherkapazität	0,68-0,8 GB	4,7-8,5 GB	15-51 GB	23,3-50 GB
Datenrate (1x)	1,23 MB/s	11,08 MB/s	36,55 MB/s	35,97 MB/s
Lesetempo (1x)	150KB/s	1,35 MB/s	5,61-6,61 MB/s	4,92-5,28 MB/s
Dicke der Schutzschicht	0,6mm	0,6mm	0,6mm	max. 0,1mm
Schichtdicken-Abweichung	k.A.	30 μ m	13 μ m	3 μ m

Tabelle 4.2: Vergleich optischer Speichermedien [Wik07d]

3. DVD-RAM.

Die meisten heute verkauften Geräte können jedoch sowohl DVD-R(W) als auch DVD+R(W) lesen und schreiben. Wir beschränken uns in dieser Darstellung auf das einmal beschreibbare Format DVD-R. DVD+R wurde als konkurrierendes Format entworfen und bietet einige Verfeinerungen, die für den Normalkonsumenten nicht ins Gewicht fallen; jedoch konzentrieren sich die Anstrengungen, die Lebensdauer beschreibbarer DVDs zu optimieren, auf den DVD-R Standard, der auch schon länger erprobt ist und vom DVD Forum² offiziell anerkannt wurde. Auch zu beschreibbaren DVDs gibt es einen Leitfaden [Ben04].

Jüngere Weiterentwicklungen optischer Medien sind die **High Density DVD (HD DVD)**³ und die **Blu-ray disc**⁴. Beide Technologien basieren auf blauem Laser und bieten wesentlich höhere Datendichten von bis zu 50 GB pro Medium. Tabelle 4.2 stellt die technischen Eigenschaften optischer Speichermedien dar. Da für die aufkommenden Technologien noch kaum Erfahrungswerte für die Langzeitarchivierung vorliegen, werden sie hier nicht weiter behandelt. Es bleibt abzuwarten, inwiefern die Lebenserwartung der Medien sowie der Technologien sie für eine langfristige Speicherung in Frage kommen lässt. Generell kann jedoch angemerkt werden, dass höhere Speicherdichte mit hoher Wahrscheinlichkeit auch eine höhere Anfälligkeit auf mechanische Beschädigungen mit sich zieht.

²http://de.wikipedia.org/wiki/DVD_Forum

³http://de.wikipedia.org/wiki/HD_DVD

⁴http://de.wikipedia.org/wiki/Blu-ray_Disc

Die Haltbarkeit optischer Medien

Schon 1995 untersuchte Stinson die Lebenserwartung von beschreibbaren Kodak CD-Rs. Die Ergebnisse dieser Studie waren sehr optimistisch: *... 95% of properly recorded discs stored at the recommended dark storage condition (25° C, 40% RH) will have a lifetime of greater than 217 years* [SAZ95]. Dies bestätigte Angaben von Kodak, die voraussagten, dass die Lebenserwartung der damaligen Produkte unter normaler Lagerung in Büro- oder Privaträumen mindestens 100 Jahre betrage. Wenige Jahre danach zeigte sich jedoch, dass diese Zahlen in der Praxis nur bedingt von Belang waren – es häuften sich Berichte über nicht mehr auslesbare Medien.

Verschiedene Studien zur Lebenserwartung optischer Medien wurden im Folgenden durchgeführt [Nat07a, Nav05]. Das US-amerikanische National Institute of Standards and Technology (NIST) gab eine Reihe von Studien in Auftrag, die sich mit der Stabilität der Daten auf CD-ROMs und CD-Rs unter verschiedenen Lagerungsbedingungen befassten und unter Verwendung beschleunigter Alterungsprozesse versuchten, Modelle für die Vorhersage der Lebenserwartungen verschiedener Medientypen zu entwickeln. Es wurden außerdem Verfahren entwickelt zur Standardisierung dieser Tests [Nat05]. Die ISO-Norm 18927:2002 definiert Verfahren zur Schätzung der Lebenserwartung von Informationen, die auf beschreibbaren CDs gespeichert ist [Int02c], die Norm 18921:2002 definiert Verfahren für CD-ROMs [Int02a].

Hartke entwickelte Kennzahlen zur Messung der langfristigen Haltbarkeit von CD-Rs [Har01]; die Ergebnisse einer Studie, die beschreibbare CDs und DVDs untersuchte, berücksichtigt, werden von Iraci in [Ira05] beschrieben. Die Schlussfolgerungen decken sich großteils mit denen anderer. CD-Rs mit bestimmten Eigenschaften erweisen sich als sehr gut haltbar; die beschreibbaren DVDs werden als unbrauchbar verworfen, jedoch mit einem wichtigen Zusatz: *It is hoped that if the phthalocyanine dye is used for DVD-Rs in the future, then the discs will show the excellent aging stability of their CD-R counterpart.*⁵

Alle durchgeführten Studien zeigen sich einig darüber, dass sehr hohe Schwankungen innerhalb der Discs eines einzigen Herstellers, sogar eines bestimmten Produktes vorkommen können. Jedoch erweist sich, dass bestimmte Technologien für Trägermaterialien und selektive Schicht einheitlich um Vielfaches bessere Werte erzielen als andere. Abbildung 4.3 zeigt beispielhaft die extreme Schwankung der Stabilität bei der Verwendung verschiedener Trägermaterialien. Die mit 'S2' beschriftete Kurve steht für Medien mit Phthalocyanin und unbekannter Beschichtung; CD-Rs in der Gruppe 'S4' verwenden ebenfalls Phthalocyanin mit einer Silver/Gold-Beschichtung. Diese

⁵[Ira05], S.148

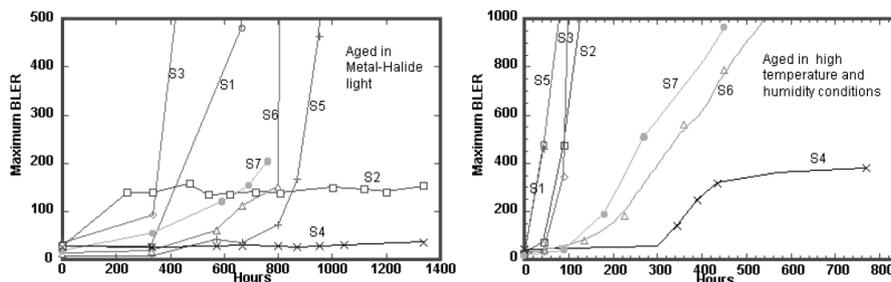


Fig. 3. Maximum BLER increase in CD-R when exposed to (A) M-H and (B) extreme temperature/humidity.

Abbildung 4.3: Stabilitätskurven unterschiedlicher CD-R Materialien [SLZ⁺04]

Kombination wird auch einheitlich von anderen Studien empfohlen und wird mittlerweile von mehreren Herstellern als Archivmedium angeboten.

Slattery berichtet in [SLZ⁺04] über eine der von NIST durchgeführten Studien, die ebenfalls mit beschleunigten Lebenszyklen die Stabilität von CD-R und DVD-R Medien untersuchte. Eine der Schlussfolgerungen lautet: *It is demonstrated here that CD-R and DVD-R media can be very stable ... these media types will ensure data is available for several tens of years and therefore may be suitable for archival uses.* Er fügt jedoch auch hinzu: *Unfortunately, it is very difficult for customers to identify these more stable media.*

Die Auswahl der geeigneten Medien ist also einer der kritischen und schwierigsten Punkte. Außerdem ist auch die fachgerechte Lagerung nicht unbedingt trivial, und die Risiken bleiben damit bestehen. Eine Untersuchung der UNESCO kommt 2006 zu dem Schluss, dass die Verwendung optischer Medien zur Archivierung nicht empfohlen ist und stattdessen professionelle Technologien zur Datensicherung, wie sie in der IT zum Einsatz kommen, zu bevorzugen sind [KB06]. Falls optische Medien verwendet werden, ist die Auswahl sowie die fachgerechte Prüfung und richtige Lagerung essentiell.

Gold-beschichtete Archiv-Medien

Als Reaktion auf zunehmende Berichte von unlesbaren CDs und unter Berücksichtigung der oben erwähnten Studien begannen einige Hersteller, auf Phthalocyanin basierende und mit Gold beschichtete Medien zu entwickeln, die eine wesentlich längere Haltbarkeit haben sollten. Bereits 2002 stellte Kodak die *Archival Gold* CD-R vor [KOD02], die nach eigenen Tests über 100 Jahre halten sollte. Später folgten andere Hersteller wie Delkin [pMfP04] und

Memorex [His06].

Zuerst beschränkte sich die Verfügbarkeit dieser oft mit “archival grade” bezeichneten Produkte auf CD-Rs. Folglich kommt Gschwind im Jahr 2000 zum Schluss, dass DVDs *zurzeit noch nicht als Langzeitspeichermedium empfohlen werden [können]*⁶. Noch 2004 urteilt Rohde-Enslin in [RE04]: *... kann die DVD-Technologie zur Zeit weder für eine lang- noch für eine mittelfristige Datenarchivierung empfohlen werden.* Ähnliche Schlussfolgerungen zieht auch Iraci in der oben beschriebenen Studie.

Mittlerweile jedoch sind auch DVD-Rs mit der besagten Technologie verfügbar [pMfP05b, Bla05, Del07]. Die tatsächliche Lebensdauer dieser Medien auf lange Sicht ist jedoch noch nicht erwiesen.

Zusammenfassung

Beschreibbare CDs und DVDs sind eine im Alltag erprobte Technologie mit nicht zu unterschätzenden Tücken und Varianten. Die letztliche Eignung für die Langzeitarchivierung ist umstritten; jedoch ist der preisliche Vorteil nicht von der Hand zu weisen. Die sorgfältige Auswahl und Prüfung der verwendeten Medien und eine fachgerechte Lagerung müssen essentielle Elemente einer Strategie darstellen.

Beschreibbare CDs mit guter Haltbarkeit sind am Markt verfügbar. DVD-Rs mit ähnlichen Technologien und den damit verbundenen Behauptungen der Hersteller sind verfügbar, jedoch ist ihre Haltbarkeit nicht in gleichem Maße erprobt wie die der CD-R Technologie.

Essentiell ist in jedem Falle die sachgemäße Lagerung der optischen Medien. Es gibt hierzu umfangreiche Empfehlungen einer aus verschiedenen Quellen, die sich größtenteils überdecken [RE04, KB06], sowie den internationalen Standard ANSI/PIMA IT9.25 [ANS98]. Die folgende Aufzählung von Prinzipien ist somit nicht als vollständig zu werten.

- Schutz vor direktem Sonnenlicht
- Schutz vor Hitze und hoher Luftfeuchtigkeit
- Vermeidung von schnellen Schwankungen von Temperatur oder Luftfeuchtigkeit
- Absolute Vermeidung von Biegen und Kratzen
- Unbedingte Vermeidung von Klebeetiketten

⁶[GRF02], S.18

- Ausschließliche Verwendung von lösungsmittelfreien Stiften auf Wasserbasis zur Beschriftung, und nur auf dem durchsichtigen inneren Ring der Medien, da ungeeignete Stifte die Trägermaterialien kompromittieren können
- Lagerung in senkrechter Position
- Die Medien sollten sich niemals berühren
- Prüfung der Lesbarkeit nach jedem Schreibvorgang, vorzugsweise mit einem anderen Laufwerk als dem Brenner
- Vermeidung von wiederbeschreibbaren Medien, da diese wesentlich anfälliger sind für Datenverluste
- Umkopieren der Daten alle 2-3 Jahre

Vorteile von CDs

- **Weit verbreitete Technologie.** – Nahezu jeder Computer enthält ein Laufwerk, das CDs und DVDs lesen und schreiben kann; die Laufwerke sind überall erhältlich.
- **Preisgünstiger Einstieg.** – Die Laufwerkstechnologie ist äußerst günstig und in den meisten Fällen bereits vorhanden. Außerdem ist die Technologie allgemein bekannt und akzeptiert.

Nachteile von CDs

- **Skalierung.** – Die Einstiegshürde ist zwar relativ niedrig, andererseits ist die Preiskurve mit Vorsicht zu betrachten, da die sogenannten 'archival grade' Medien relativ kostspielig sind und der Preis pro Gigabyte mit steigender Datenmenge nicht fällt, sondern auf Grund des Aufwandes von Handhabung und Lagerung sogar steigen kann.
- **Geringe Speicherkapazität.** – Weniger als ein Gigabyte pro Medium ist für viele heutige Zwecke nicht mehr ausreichend.
- **Risiko bei der Medienauswahl.** – Auch die sorgfältigste Auswahl und Überprüfung schützt nicht vollständig vor unangenehmen Überraschungen, wenn etwa der Hersteller den Produktionsstandort einer Produktlinie verlegt und am neuen Standort die veränderten Bedingungen zu Qualitätsproblemen führen. Eine Risikostreuung durch den Einsatz von Medien verschiedener Hersteller ist daher empfehlenswert, führt jedoch zu weiterem Mehraufwand.

Vorteile von DVDs

- **Speicherkapazität.** – Im Vergleich zu CDs reduziert sich auf Grund der höheren Speicherkapazität die Anzahl der benötigten Medien um mehr als das Fünffache.
- **Preis.** – Auf Grund der höheren Kapazität pro Medium sind DVDs hier den CDs überlegen.

Nachteile von DVDs

- **Mangelnde Langzeiterfahrung.** – Im Gegensatz zu CDs sind die Erfahrungen bezüglich der langfristigen Haltbarkeit von DVDs noch relativ vage; ein Restrisiko ist nicht auszuschließen.
- Damit ist auch das **Risiko der Medienauswahl** bei DVDs noch höher einzuschätzen als bei CDs.

4.2.4 Magneto-optische Speicher

Neben den bekannten magnetischen und optischen Formaten wurden auch Hybridvarianten der **magneto-optischen Speicher** (MO) entwickelt. Diese Medien wurden eine Zeitlang zur Datensicherung in Firmen favorisiert, besitzen jedoch in der heutigen Praxis kaum Relevanz. Als Nachfolger der klassischen MO-Medien hat sich **Ultra Density Optical (UDO)** etabliert. Der Hersteller Plasmon⁷ garantiert für diese Medien eine Lesbarkeit von 50 Jahren. Auch für MO-Medien existiert ein ISO-Standard zur Abschätzung der Lebensdauer[Int02b]. Auf Grund der für den hier behandelten Kontext astronomischen Preise sind diese Technologien derzeit jedoch für die betrachteten Zielgruppen ungeeignet und werden daher nicht weiter berücksichtigt.[Wik07c, Gie05, Gie04]

4.3 Zusammenfassung

Es gibt kein ‘ultimatives’ Speichermedium. Immer schon haben sich Medientechnologien gewandelt – auch aus geschäftlichen Gründen: *Der Drang und Zwang der Industrie, Geld zu verdienen, wird auf absehbare Zeit stets neue Speichermedien mit neuen Lese- und Abspielgeräten hervorbringen. Wer das “endgültige” Speichermedium findet, der verdient nur ein einziges Mal.* ([RE04], S.29)

⁷<http://www.plasmon.com>

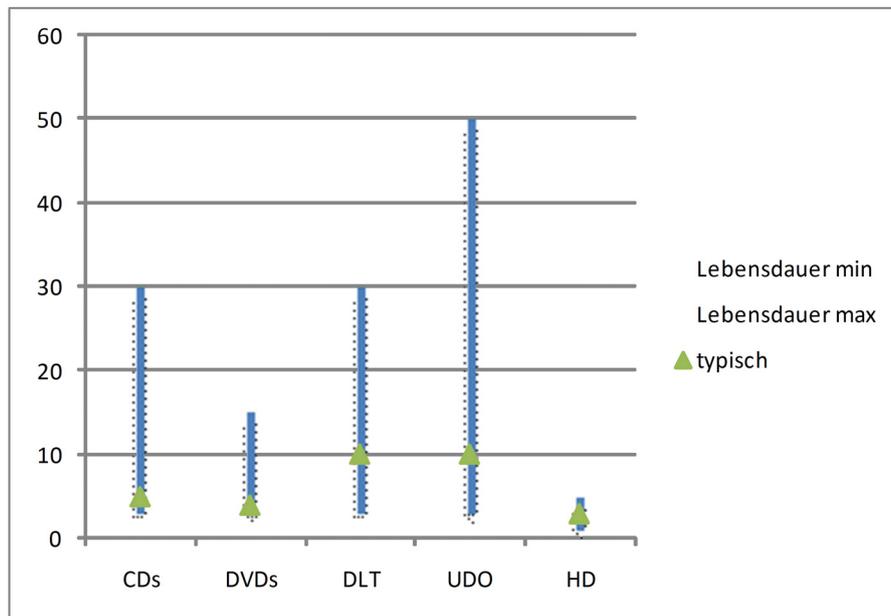


Abbildung 4.4: Lebenserwartung digitaler Speichertechnologien

Abbildung 4.4 stellt die typischerweise zu erwartende Nutzungsdauer digitaler Speichertechnologien dar. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die prinzipielle Lesbarkeit der verwendeten Medien nur einer der Faktoren ist, die die Lebensdauer einer Technologie bestimmen und somit ein Umkopieren der Daten erforderlich oder wünschenswert machen; ebenso bedeutsam ist die Verfügbarkeit und Kompatibilität von Lesegeräten.

Die Auswahl des geeigneten Speichermediums stellt sich also sehr komplex dar. Brown beschreibt 2003 einen Ansatz zur Bewertung von Speichermedien im Kontext eines Nationalarchives in [Bro03]. Die Bewertung erfolgt nach folgenden Kriterien:

1. **Langfristigkeit** – Eine minimale Lebensspanne von 10 Jahren wird verlangt.
2. **Kapazität** – Um so wenige Medien wie möglich zu lagern, ist eine hohe Kapazität pro Medium erforderlich.
3. **Fehlertoleranz**. – Fehlererkennung, Integritätstest und Datenwiederherstellungstechniken werden verlangt.
4. **Überalterung**. – Ausgereifte, im Markt stabil verankerte und offene Standard-Technologien werden bevorzugt.

5. **Kosten** werden pro Gigabyte gemessen.
6. **Robustheit** gegen physische Beschädigung wird als ein wesentliches Kriterium gesehen.

In vergleichbarer Art und Weise wenden wir im nächsten Kapitel das in Kapitel 3 vorgestellte Verfahren zur Evaluierung von Langzeitarchivierungsstrategien an, um unterschiedliche Lösungen auf ihre Eignung für den zur Diskussion stehenden Problembereich zu untersuchen.

Kapitel 5

Evaluierung ausgewählter Strategien

5.1 Einleitung

In den vorangegangenen Kapiteln dieser Studie haben wir das Problem der digitalen Langzeitarchivierung aus unterschiedlichen Sichtweisen betrachtet. Kapitel 1 umriss den Problembereich und skizzierte den Aufbau der Studie; danach stellten wir in Kapitel 2 das Feld der digitalen Langzeitarchivierung im Allgemeinen vor. Dabei wurde klar, dass die tatsächliche Herausforderung im Bereich der Archivierung von digitalen Fotos in erster Linie in der Sicherung des Datenstromes besteht. Außerdem ist keine der bekannten Lösungen für alle relevanten Szenarien, Benutzergruppen und Gegebenheiten hinsichtlich Kosten, Aufwand und Zugriff auf die digitalen Objekte optimal. Kapitel 3 stellte ein Verfahren zur Evaluierung zur Wahl stehender Lösungen vor, während Kapitel 4 Hintergrundinformationen zu existierenden Speicherlösungen diskutierte und deren jeweiligen Stärken und Schwächen analysierte.

Das vorliegende Kapitel nun führt diese Aspekte zusammen und evaluiert mit dem vorgestellten Verfahren zur Planung von Langzeitarchivierungslösungen die in Frage kommenden Strategien.

Dabei ist bei näherer Betrachtung rasch ersichtlich, dass die Zielgruppe der 'Digitalfotografen' nur auf den ersten Blick eine homogene ist. Während technologieaverse Benutzer die Digitalkamera in erster Linie verwenden, weil es kaum mehr Filmkameras gibt oder die sofortige Sichtbarkeit der Fotos einen Anreiz darstellt – und daher auch an technischen Details uninteressiert sind – ist für den professionellen Fotografen am anderen Ende des Spektrums eine reibungslose Organisation von vielen tausenden Dateien im Rohdaten-

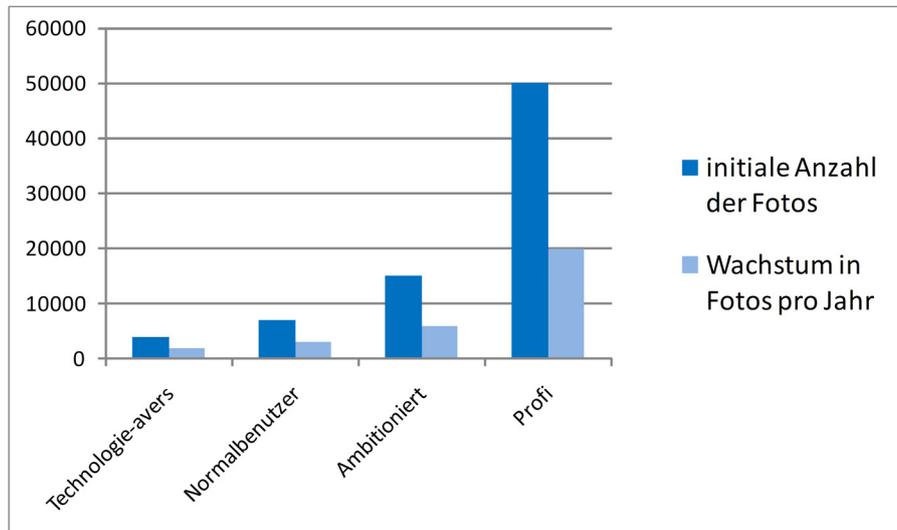


Abbildung 5.1: Größen charakteristischer Fotosammlungen

format seiner zwei digitalen Spiegelreflexgehäuse, an denen er fünf verschiedene Objektive einsetzt, von wesentlicher Bedeutung für die Sicherung seiner Geschäftstüchtigkeit. In diesem Sinne ist auch seine Schmerzgrenze bezüglich der Investition in die Sicherstellung seiner wertvollen Fotografien wohl wesentlich höher anzusetzen als bei einem typischen Anwender, der sich in erster Linie auf die zuverlässige Wahrung von wichtigen persönlichen Erinnerungen für die ferne Zukunft verlassen können will.

Zwischen diesen Extremen befinden sich die durchschnittlichen Benutzer. Aber auch deren Bandbreite ist beachtlich und reicht vom jüngeren Publikum, das abendliche Partyfotos mit Kompaktkameras auf Webseiten mit Freunden teilen möchte, bis zu ambitionierten Hobbyfotografen, die die Fotos ihrer digitalen Spiegelreflexausrüstung im Kreis der Familie oder Freunde abends an die Wand projizieren.

Keine Lösung kann für alle dieser unterschiedlichen Benutzergruppen optimal sein. Daher unterscheiden wir in diesem Kapitel die folgenden vier Benutzergruppen.

1. Technologie-averse Nutzer,
2. Durchschnittliche Nutzer,
3. Ambitionierte Hobbyfotografen und
4. Professionelle Fotografen.

Diese Nutzergruppen unterscheiden sich in einer Reihe von Kennzahlen und Nutzungsprofilen, die im nächsten Abschnitt diskutiert werden. Abbildung 5.1 zeigt beispielhaft den deutlichen Anstieg in der Größe typischer Kollektionen digitaler Fotos in den betrachteten Benutzergruppen.

Die tatsächliche Größe der einzelnen Zielgruppen bzw. deren Entwicklung müsste durch separate Marktstudien erhoben werden. Durch die fortschreitende Entwicklung im Technologiebereich werden die Marktanteile dieser Gruppen vermutlich schwanken, da nachwachsende Generation tendenziell technologie-freundlicher und technikvertrauter sind und andererseits der digitale Kameramarkt nur noch im Bereich der Spiegelreflexfotografie im Wachsen begriffen ist [pMfP06].

5.1.1 Zielgruppen

Dieser Abschnitt stellt die betrachteten Zielgruppen kurz vor und beschreibt ihre wesentlichen Charakteristika sowie die getroffenen Annahmen, auf denen die nachfolgend aufbauende Definition der Anforderungen basiert.

Dabei ist die Beschreibung des Szenarios jeweils als stellvertretende Darstellung eines prägnanten Beispiels zu verstehen. Selbstverständlich gibt es auch innerhalb der betrachteten Nutzergruppen noch deutliche Abweichungen; die getroffenen Einteilungen stellen einen Versuch dar, einen repräsentativen Mittelwert zu dokumentieren und die Zuteilung konkreter Szenarien in die passende Nutzergruppe zu erleichtern.

Technologie-averse Nutzer

In diesem Szenario dient die digitale Fotografie in erster Linie als Ersatz für die analoge Fotografie. Es wird davon ausgegangen, dass entweder kein Rechner im Haushalt vorhanden ist oder ein vorhandenes Gerät aus mangelndem Interesse und mangelnder Ausbildung nicht oder nur wenig benutzt wird.

Tabelle 5.1 dokumentiert die Eckdaten einer typischen Person aus dieser Nutzergruppe. Fotos werden dabei nur als Fotos betrachtet, es erfolgt normalerweise keine digitale Nachbearbeitung; im Besonderen die Nutzung der Fotos ist vorzugsweise analog ausbelichtet. Eine Organisation der Fotos erfolgt wie im analogen Bereich ausschließlich über eine chronologische Ordnung; insofern ist das Aufnahmedatum als einziges Element der Metadaten essentiell.

Die Datenmenge ist bei dieser Nutzergruppe üblicherweise nicht sehr groß, da die Gewohnheiten beim Fotografieren sich eher an der Analogfotografie orientieren und das Auswahlverhalten stärker ausgeprägt ist.

Durchschnittsnutzer

Im Gegensatz zu Angehörigen der ersten Gruppe nutzt eine typische Person aus der Gruppe der Durchschnittsnutzer den eigenen PC relativ intensiv und besitzt normale Expertise, unter anderem im Umgang mit Bürosoftware, Emails und dem Internet. Nutzer dieser Gruppe sind prinzipiell in der Lage, Sicherungen ihrer Datenbestände durchzuführen, tun das jedoch nur in unregelmäßigen Abständen oder gar nicht.

Jedoch nutzen sie die Möglichkeiten der digitalen Fotografie, retuschieren etwa Rote-Augen-Effekte, wie sie gerade bei den typischerweise verwendeten Kompaktkameras recht häufig auftreten, und kennen Basis-Metadaten wie den verwendeten Weißabgleich oder die Sensor-Empfindlichkeit.

Wie aus Tabelle 5.2 ersichtlich und in Abbildung 5.1 dargestellt ist, besitzt der Durchschnittsnutzer auch eine bereits deutlich größere Sammlung digitaler Fotos als ein Nutzer aus Gruppe 1. Da jedoch die Nutzung in gleicher Weise privat und zur Schaffung privater Erinnerungen dient – und dementsprechend auch der Wert der Ausrüstung nur unwesentlich höher ist – muss davon ausgegangen werden, dass auch Nutzer aus dieser Gruppe eine niedrige Akzeptanzgrenze bezüglich Aufwand und Kosten langfristiger Sicherung aufweisen.

Ambitionierte Amateure

Ambitionierte Amateure, also Hobbyfotografen, fotografieren meist mit einer Spiegelreflexkamera oder zumindest einer anspruchsvollen Kompaktkamera. Damit kennen sie auch das Rohdatenformat, verwenden es aber relativ selten, da sie nicht unbedingt aufwendige Nachbearbeitungen vornehmen möchten. Dennoch ist ein starkes Qualitätsbewusstsein vorhanden und insbesondere auch der Wunsch, einmal belichtete Fotos auf unveränderte Weise aufzubewahren (1:1-Archivierung), um später erneut Änderungen vornehmen zu können. Weiters verwendet ein ambitionierter Fotograf normalerweise eine relativ leistungsfähige Software zur Organisation der recht großen Bildersammlung und hat dementsprechend auch Interesse an der Bewahrung technischer Metadaten. Auch hier ist der Fokus der Verwendung jedoch in erster Linie im privaten Bereich zu sehen, wie auch in Tabelle 5.3 ersichtlich ist.

Professionelle Fotografen

Diese Zielgruppe unterscheidet sich in der Ausrichtung grundlegend von den drei bisher betrachteten Interessensgruppen. Für professionelle Fotografen und Medienkünstler stellen ihre Fotos die Geschäftsbasis dar, die Grundlage ihrer Existenz und der täglichen Arbeit.

In diesem Sinne setzen sie meist auf eine umfassende digitale Nachnutzung mit dem damit einhergehenden Anfall großer Datenmengen und benötigen daher auch eine entsprechende Effizienz in der Verwaltung der Kollektion. Dennoch ist ihr Investitionsvolumen mehr oder weniger stark eingeschränkt. Tabelle 5.4 dokumentiert beispielhaft mögliche Charakteristiken und Datenmengen dieser Zielgruppe.

Das Problemfeld der Behandlung von RAW-Formaten wird in dieser Arbeit ausgeklammert; um hierzu genaue Empfehlungen abzugeben, ist eine getrennte, in die Tiefe gehende Untersuchung der speziellen Eigenheiten verschiedener Formate notwendig.

Die Perspektive professioneller Nutzer liegt somit in erster Linie in einer Ausbalancierung von Nutzen und Risiko im Rahmen der Möglichkeiten und Gelegenheiten ihres Berufes.

Im weiteren Teil dieses Kapitels stellen wir einen Kriterienbaum auf, der für jede Zielgruppe abhängig von den jeweiligen Gegebenheiten unterschiedlich gewichtet ist. Danach evaluieren wir ausgewählte Ansätze nach dem in Kapitel 3 vorgestellten Vorgehensmodell auf ihre Eignung für die jeweiligen Zielgruppen und diskutieren die Ergebnisse.

5.2 Kriterien für die Langzeitarchivierung digitaler Fotografien

Abbildung 5.2 zeigt die wesentlichen Kriterien, ohne Maßeinheiten und ungewichtet. Für die vorliegende Situation wird die in Kapitel 3 besprochene Baumstruktur leicht abgewandelt, sodass auf der obersten Ebene die Kriterien *Zugriff und Verwendung*, *Prozess*, *Kosten* und *Objekteigenschaften* definiert sind. Diese Anforderungen werden dann wie folgt weiter unterteilt.

1. Die **Objekteigenschaften** sind im Regelfall das wichtigste Element bei der Betrachtung von Strategien zur Langzeitarchivierung. Auch bei der Archivierung von digitalen Fotos sind die Objekteigenschaften naturgemäß sehr hoch zu gewichten; im Gegensatz zu anderen Objekttypen wie etwa den in Kapitel 3 besprochenen elektronischen Publikationen ist jedoch die Definition der Kriterien in diesem Fall relativ einfach. Einerseits soll der Bildinhalt so unverfälscht wie nur möglich archiviert werden, andererseits können technische und beschreibende Metadaten von Interesse sein. Daher werden Objekteigenschaften unterteilt in *Inhalt* und *Metadaten*.



Abbildung 5.2: Kriterien für die LZA digitaler Fotos

- (a) Der **Inhalt** wiederum wird unterteilt in die Farbtreue und die originalgetreue Archivierung.
- i. Das ja/nein-Kriterium **Farbtreue** (*Qualitätsverlust möglich*) bezieht sich auf einen möglichen Informationsverlust von Farbinformationen beim Transfer auf analoge Medien, aber auch beim Migrieren auf unterschiedliche Farbmodelle oder Bildformate in der digitalen Welt.
 - ii. **1:1-Archivierung** ist ebenfalls als ja/nein-Kriterium spezifiziert und modelliert den Wunsch mancher Fotografen, das Bild in absolut unveränderter Form als *digitales Negativ* zu erfassen, um jederzeit auf das Original zurückgreifen zu können.
- (b) Neben dem Inhalt stellen die **Metadaten** oft einen bedeutenden Wert dar. Dieser ist natürlich stark vom Kontext abhängig. Metadaten werden hier unterteilt in technische und beschreibende Informationen.
- i. Beschreibende oder **deskriptive Metadaten** enthalten Informationen über das Motiv, den Inhalt des Fotos – zum Beispiel fällt eine Beschreibung der Gelegenheit und des Ortes der Aufnahme in diese Kategorie. Diese Metadaten sind meist von Hand editiert und im Falle eines Verlustes entsprechend aufwendig zu rekonstruieren.
 - ii. **Technische Metadaten** dagegen werden zum weitaus größtem Teil automatisch von der Kamera und der verarbeitenden Software generiert und beschreiben sowohl den Vorgang des

Fotografierens, wie etwa verwendete Belichtungszeiten und ähnliche Parameter, als auch vorgenommene Manipulationen und Bearbeitungsschritte in der Software nach der Aufnahme. Je nach Kontext der Benutzung sind diese Daten fast irrelevant oder von enormer Bedeutung.

2. Das Kriterium **Zugriff und Verwendung** beschreibt die unterschiedlichen Präferenzen und Anforderungen von Benutzern, was die Organisation, das Wiederauffinden und Betrachten sowie die spätere Verwertung von Fotografien betrifft.

(a) Die Kriterien **Wiederfinden nach**

- i. Datum,
- ii. Gelegenheit sowie
- iii. Motiven und Personen

entsprechen den Bedürfnissen der verschiedenen Benutzergruppen, auf die Fotos in bekannter Weise chronologisch oder auch thematisch sortiert (Fotos mit Türen, Strand, Landschaft...) zuzugreifen. Je nach der Perspektive der Benutzer steht hier der möglichst automatisierte Zugriff oder aber die in der Tradition der Analogfotografie stehende chronologische Organisation im Vordergrund.

(b) Die Beurteilung der Anforderung **schnelle Präsentation im privaten Bereich** muss sich an den vorauszusetzenden Gegebenheiten orientieren, z.B. am Vorhandensein digitaler Wiedergabegeräte und der Vertrautheit mit diesen.

(c) Das **Versenden per Internet/Handy** wird mittlerweile von vielen Benutzern an der Digitalfotografie hoch geschätzt, während eine

(d) direkte **Publikation und Verwertung** in erster Linie für professionelle Fotografen von Bedeutung ist.

3. **Kosten** können unterteilt werden in

- (a) **Initialkosten**, gemessen in €,
- (b) regelmäßig **laufende Kosten** in €, bezogen auf die jährlich anfallende Datenmenge, sowie
- (c) den **Investitionszyklus**, also die erwartete Frequenz in Jahren, mit der ein **Medienwechsel** notwendig wird. Grund dafür kann

sein, dass die verwendete Technologie veraltet oder die Medien unlesbar zu werden drohen. Dieses Kriterium entspricht dem Wunsch der Benutzer, die archivierten Daten möglichst lange unangetastet zu lassen, ohne sich um die Notwendigkeit einer Datenträgermigration Gedanken machen zu müssen.

4. Die **Prozesscharakteristiken** schließlich beinhalten

- (a) Den notwendigen **Aufwand zur Sicherung**. Dieser setzt sich zusammen aus den Kriterien *initial*, *laufend* und *Verifikation*.
- i. Der **initiale Aufwand** entspricht der Zeit in Stunden, die beim ersten Anwenden einer Sicherungsstrategie auf dem angenommenen Datenvolumen notwendig ist.
 - ii. Der **laufende Aufwand** umfasst die in Minuten gemessene Zeit zur Durchführung der regelmäßig vorgenommenen Sicherung neu angefallener Fotografien, sowie die **Anzahl der regelmäßig zu wartenden Datenträger**. Das zweite Kriterium bezieht sich auf notwendige Wartungsmaßnahmen für digitale Datenträger.
 - iii. Das Kriterium **Verifikation** schließlich, bestehend aus der Frequenz in Monaten und dem Aufwand in Minuten, bezieht sich auf die sich bei den meisten Medien ergebende Notwendigkeit, die Inhalte regelmäßig zu verifizieren. So muss etwa eine Festplatte regelmäßig in Betrieb sein, damit sie nicht ausfällt, und DVDs müssen regelmäßig geprüft werden, um Ausfälle zu entdecken, während Magnetbänder regelmäßig umgespult werden müssen. Je seltener eine derartige Maßnahme notwendig ist, um so angenehmer für den Benutzer. Bei der Ausbelichtung auf analoge Medien etwa ist es, angemessene Lagerung vorausgesetzt, ausreichend, die Feuchtigkeit der Aufbewahrungsbehälter in längeren Abständen zu kontrollieren, um sicherzustellen, dass die Fotos in gutem Zustand bleiben.
Der Aufwand in Minuten ist dabei als Summe über die gesamte Sammlung von Medien zu sehen. Daher ist dieser Aufwand auch stark abhängig von der Anzahl der Medien – eine einzelne Festplatte kann wesentlich schneller verifiziert werden als 200 DVDs.
- (b) Ein weiteres Kriterium des Prozesses der Archivierung besteht in der erwarteten **Komplexität**. Diese wird auf einer subjektiven Skala mit den Werten *einfach*, *mittel*, *komplex* bewertet.

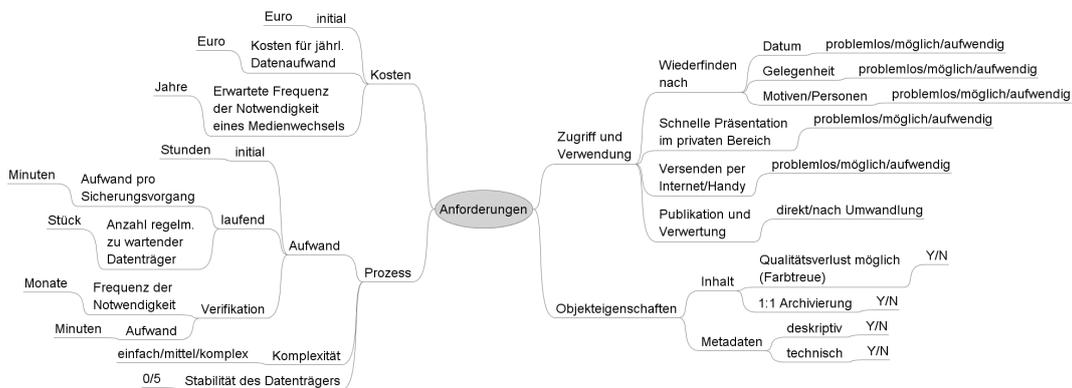


Abbildung 5.3: Vollständiger Kriterienbaum mit Skalen

- (c) Die **Stabilität des Datenträgers** schließlich als ein wesentliches Kriterium wird auf einer Skala von 0 bis 5 bewertet. Die Grundlage dieser Bewertung sind die in Kapitel 4 besprochenen wissenschaftlichen Untersuchungen und Studien zur langfristigen Stabilität verschiedener Typen von Datenträgern.

Abbildung 5.3 zeigt den vollständigen Baum mit den definierten Skalen. Dieser Baum mit der prinzipiellen Definition der Kriterien ist für alle betrachteten Nutzergruppen gültig; jedoch unterscheiden sich die Charakteristiken der Szenarien. Dies wird berücksichtigt durch die unterschiedliche Gewichtung der Kriterien sowie die unterschiedlichen Transformationsregeln, die pro Nutzergruppe eigens spezifiziert werden.

Die unterschiedliche Gewichtung auf der obersten Ebene der Anforderungen ist in Abbildung 5.4 dargestellt. Deutlich zu sehen ist etwa die sinkende Gewichtung der Kosten mit zunehmender Professionalisierung sowie die unterschiedliche Gewichtung der Objekteigenschaften, die vor allem bei durchschnittlichen und ambitionierten Benutzern sehr hoch ist. Tabelle 5.5 zeigt die vollständige Kriterienliste mit dem jeweils absoluten Gewicht, das sich aus der Multiplikation über die Ebenen des Baumes ergibt. Die Zahlen stehen also jeweils für den Einfluss jedes einzelnen Kriteriums auf den gewichteten Summenwert an der Wurzel des Baumes. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch ein Kriterium mit scheinbar minimalem Einfluss durchaus über die Akzeptanz einer Strategie entscheiden kann – dann nämlich, wenn die Akzeptanzgrenze nicht erreicht wird und somit nach der Transformation der Wert 0 in die Multiplikation eingeht.

Ein Vergleich der Gewichtung einzelner Faktoren in unterschiedlichen Szenarien, wie in Abbildung 5.5 zu sehen, verdeutlicht die Verschiebung der

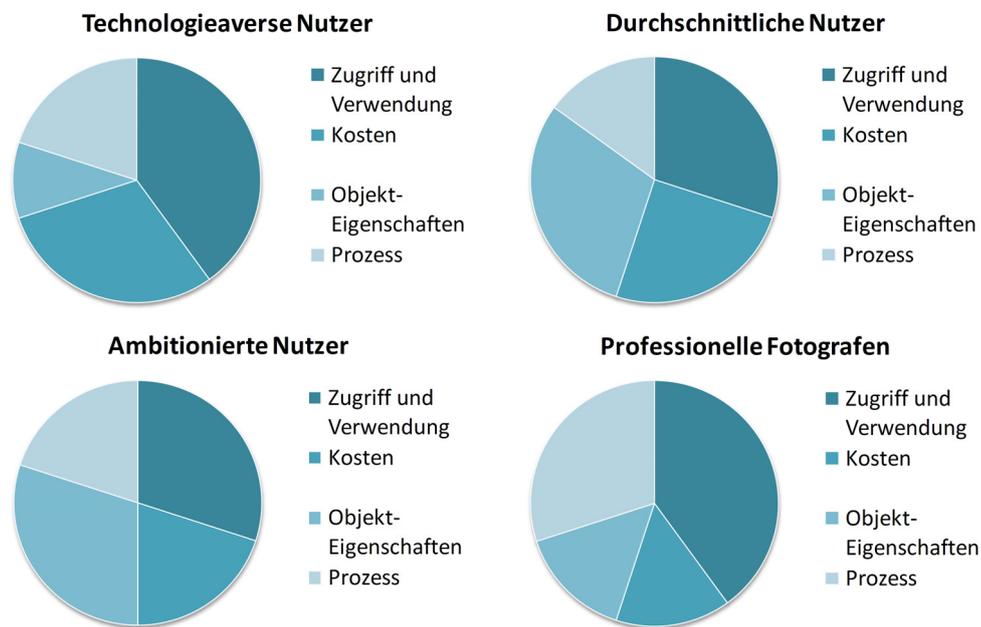


Abbildung 5.4: Gewichtung der Anforderungen auf der obersten Ebene

Anforderungen und Präferenzen hin von der reinen Sicherung privater Erinnerungen zu einer Optimierung der digitalen Arbeitsprozesse.

Die vollständigen Transformationsregeln sind im Anhang zu finden; Tabelle 5.6 zeigt pro Benutzergruppe die absoluten Akzeptanzgrenzen, bei deren Überschreitung eine Alternative in Bezug auf das jeweilige Kriterium als unzureichend eingestuft wird. Zum Beispiel dürfte ein Initialaufwand über 20 Stunden von durchschnittlichen Benutzern als inakzeptabel empfunden werden, während ambitionierte Fotografen durchaus bereit sind, mehr Zeit in eine Sicherung ihres Hobbys zu investieren. Die direkte Verwertung ohne Umwandlung ist nur für den professionellen Fotografen ein absolutes Muss und somit bei Nichterfüllung ein Ausschlussgrund.

Diese Akzeptanzgrenzen sind naturgemäß subjektiv und werden sich im konkreten Fall je nach Einzelperson teilweise gravierend unterscheiden. Die vorgenommene Dokumentation der Annahmen ist daher essentiell, um im Einzelfall entscheiden zu können, ob ein entsprechendes Kriterium tatsächlich als Ausschlussgrund zu werten ist. Die abschließende Analyse und Visualisierung der Ergebnisse hilft wesentlich bei dieser Einschätzung und der darauf basierenden Entscheidungsfindung.

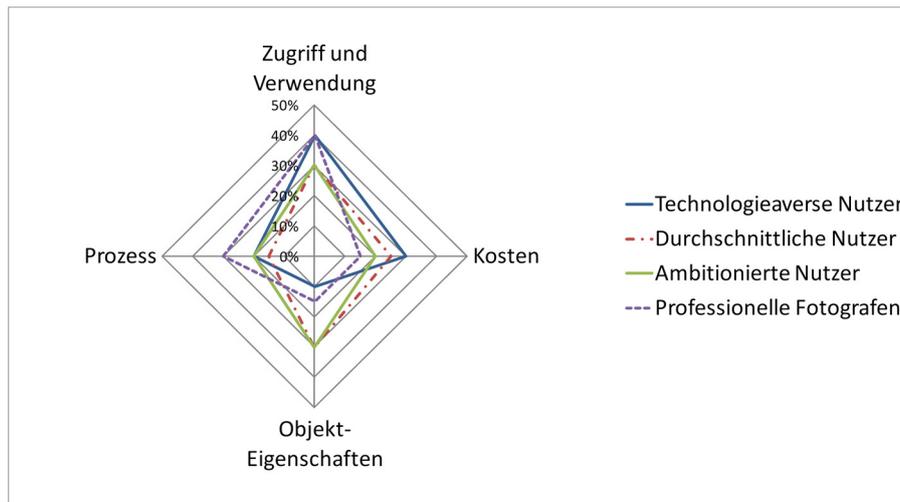


Abbildung 5.5: Anforderungsprofile der betrachteten Zielgruppen

Im nächsten Abschnitt beschreiben wir die evaluierten Ansätze sowie die Ergebnisse der Evaluierung für die jeweiligen Benutzergruppen, um daraus schließlich konkrete Handlungsempfehlungen abzuleiten.

5.3 Evaluierung ausgewählter Ansätze

5.3.1 Ausgewählte Strategien

Die folgenden Strategien werden zur Evaluierung für jede Benutzergruppe ausgewählt:

1. Die **Sicherung auf einer externen Festplatte** ist eine naheliegende Strategie; die Größe der Festplatte muss dabei zugeschnitten sein auf die anfallende Datenmenge und variiert zwischen 80 Gigabyte für die Gruppen 1 und 2 bis hin zu 2 Terabyte für die Gruppe professioneller Fotografen.
2. Die **Sicherung mittels Bandlaufwerk** entspricht der gängigen Praxis zur externen Sicherung der Datenbestände in mittleren und großen Organisationen; auch hier muss die Speicherkapazität der Medien und somit das Lesegerät auf die Datenmenge angepasst werden. Konkret bedeutet das für die Gruppen 1 und 2 eine Kapazität pro Band von 40 Gigabyte, während für die Gruppen 3 und 4 Medien mit einer Kapazität von 160 Gigabyte evaluiert werden.

3. Eine weitere Alternative ist **Sicherung auf DVDs**, konkret auf *archival grade* DVD-R Medien mit Phthalocyanin-Goldbeschichtung. Dabei sollte grundsätzlich eine zweifache Sicherung auf zwei verschiedenen Medientypen unterschiedlicher Hersteller erfolgen, um die Risiken von Produktionsfehlern und Anfälligkeiten auf Umwelteinflüsse zu streuen.
4. Die **reine Ausbelichtung aller Fotos auf Papier** wird hier für das Format 10x15 evaluiert, da größere Formate bei einer hohen Anzahl von Fotos sehr kostspielig werden. Die Ergebnisse der Evaluierung sind bei Berücksichtigung des Preises jedoch prinzipiell auf andere Formate übertragbar.
5. Die **Sicherung mittels Festplatte kombiniert mit der Ausbelichtung aller Fotos** stellt eine Verbindung digitaler und analoger Ansätze dar und bietet somit maximale Risikostreuung; hier werden die oben beschriebenen Strategien gemeinsam ausgeführt.
6. Die **reine Ausbelichtung eines Teiles der Sammlung** vermeidet den Kostenpunkt der Ausbelichtung aller Fotos zum Preis der erhöhten Komplexität – es ist eine Auswahl der Fotos notwendig. Der Prozentsatz der ausgewählten Fotos wird für die Gruppen mit 1 und 2 mit 20 Prozent gewählt, für die Gruppen 3 und 4 werden auf Grund der höheren Anzahl der Fotos 10 Prozent angenommen.
7. Die **Sicherung mittels Festplatte kombiniert mit der Ausbelichtung eines Teiles der Sammlung** als letzte evaluierte Strategie versucht das Risiko für den wertvollsten Teil der Sammlung zu minimieren, während die Vorteile des digitalen Zugriffes gewahrt bleiben sollen.

Mikrofilme und andere fortgeschrittene Methoden wie eine hochgradig verteilte Speicherung sind für die vorgesehenen Zielgruppen nicht erreichbar oder nicht finanzierbar und werden daher von der Evaluierung ausgeschlossen.

Bei den Nutzergruppen 2-4 wird davon ausgegangen, dass der primäre Speicherplatz, also der Festplattenspeicher im PC, bereits vorhanden ist; die angegebenen Kosten beziehen sich somit auf die zur Sicherung notwendigen Anschaffungen. Bei Nutzergruppe 1 wird davon ausgegangen, dass die Anschaffung eines PCs zum Einsatz digitaler Speicherstrategien notwendig ist.

Größe der Sammlung	
initiale Anzahl der Fotos	1000-4000 Fotos
Wachstum in Fotos pro Jahr	1000-2000 Fotos
Eigenschaften eines typischen Fotos	
Auflösung in Megapixel	6 Megapixel
Größe in MB	2,5 MB
Datenmenge	
initial	6-10 GB
Wachstum pro Jahr	2,5-5 GB
Entstehung der Fotos	
Kamera	Einfache digitale Kompaktkamera (point-and-shoot)
Ungefährer Wert der Ausrüstung	200-400€
JPEG	ja (voreingestellt)
RAW	nein
relevante Metadaten	Aufnahmedatum
Organisation	
chronologisch	ja
Motiv-tags: Kinder, Urlaub ...	nein
thematische tags	nein
geschäftliche tags: Verwendung für ...	nein
Software	keine
Zielgruppe der Fotos	
Familie	ja
Freunde	ja
Bekannte im weiten Sinn	nein
Öffentlichkeit	nein
Hauptziele der Archivierung	Teilen der Fotos mit Personen in nahem Umfeld Einfacher Zugriff auf persönliche Fotos geringes Risiko bei langfristiger Vernachlässigung
Perspektive	Persönlicher Nutzen und geringer Aufwand

Tabelle 5.1: Charakteristiken für die Zielgruppe technologieaverser Nutzer

Größe der Sammlung	
initiale Anzahl der Fotos	5000-10000 Fotos
Wachstum in Fotos pro Jahr	1000-5000 Fotos
Eigenschaften eines typischen Fotos	
Auflösung in Megapixel	8 Megapixel
Größe in MB	3 MB
Datenmenge	
initial	15-30 GB
Wachstum pro Jahr	3-15 GB
Entstehung der Fotos	
Kamera	Digitale Kompaktkamera
Ungefährer Wert der Ausrüstung	300-500€
JPEG	ja (voreingestellt)
RAW	nein
relevante Metadaten	Aufnahmedatum, tags
Organisation	
chronologisch	ja
Motiv-tags: Kinder, Urlaub	ja
thematische tags	nein
geschäftliche tags: Verwendung für ...	nein
Software	einfach (Windows Bildbetrachter, Picasa)
Zielgruppe der Fotos	
Familie	ja
Freunde	ja
Bekannte im weiten Sinn	nein
Öffentlichkeit	nein
Hauptziele der Archivierung	Teilen der Fotos mit Personen über geographische Grenzen hinweg Einfacher Zugriff auf persönliche Fotos normalgroße Ausbelichtung für persönliche Zwecke
Perspektive	Persönlicher Nutzen und vertretbare Kosten

Tabelle 5.2: Charakteristiken für die Zielgruppe durchschnittlicher Nutzer

Größe der Sammlung	
initiale Anzahl der Fotos	10000-30000 Fotos
Wachstum in Fotos pro Jahr	5000-10000 Fotos
Eigenschaften eines typischen Fotos	
Auflösung in Megapixel	10 Megapixel
Größe in MB	4 MB
Datenmenge	
initial in GB	40-120 GB
Wachstum pro Jahr in GB	20-40 GB
Entstehung der Fotos	
Kamera	anspruchsvolle Kompaktkamera oder Spiegelreflexsystem mit Objektiven, evtl. kompaktes Zusatzgerät
Ungefährer Wert der Ausrüstung	500-2500€
JPEG	ja, meistens (95%)
RAW	teilweises Verständnis und Verwendung (5%)
relevante Metadaten	Großteil der EXIF tags, Bearbeitungsschritte in Software, zusätzliche tags
Organisation	
chronologisch	ja
Motiv-tags: Kinder, Urlaub	ja
thematische tags	evtl.
geschäftliche tags: Verwendung für ...	nein
Software	einfach bis fortgeschritten (Picasa, Lightroom)
Zielgruppe der Fotos	
Familie	ja
Freunde	ja
Bekannte im weiten Sinn	ja
Öffentlichkeit	nur eingeschränkt
Hauptziele der Archivierung	
	Teilen der Fotos mit Personen über geographische Grenzen hinweg Einfacher Zugriff auf persönliche Fotos Wiederverwendung von Fotos, spätere Bearbeitung großformatige Ausbelichtung für private Zwecke
Perspektive	Persönlicher Nutzen und vertretbare Kosten

Tabelle 5.3: Charakteristiken für die Zielgruppe ambitionierter Amateure

Größe der Sammlung	
initiale Anzahl der Fotos	30000-100000 Fotos
Wachstum in Fotos pro Jahr	10000-30000 Fotos
Eigenschaften eines typischen Fotos	
Auflösung in Megapixel	12 Megapixel
Größe in MB	15 MB
Datenmenge	
initial in GB	450-1500 GB
Wachstum pro Jahr in GB	150-450 GB
Entstehung der Fotos	
Kamera	Umfangreiche DSLR-Ausrüstung, Kompaktkamera als Zusatz
Ungefährer Wert der Ausrüstung	mindestens 2000€, nach oben offen
JPEG	ja, simultan für schnellen Zugriff
RAW	ja, primäres Format
relevante Metadaten	vollständige EXIF tags, evtl. inkl. GPS Bearbeitungsschritte in Software, zusätzliche tags
Organisation	
chronologisch	ja
Motiv-tags: Kinder, Urlaub	ja
thematische tags	ja
geschäftliche tags: Verwendung für ...	ja
Software	professionelles Fotomanagement
Zielgruppe der Fotos	
Familie	bedingt
Freunde	bedingt
Bekannte im weiten Sinn	ja
Öffentlichkeit	ja
Hauptziele der Archivierung	
	Sicherung der Geschäftsbasis Optimierung der Organisation, Verbesserung des Workflows Verwertungsmöglichkeiten großformatige Ausbelichtung in verkaufbarer Qualität
Perspektive	Kosten-Nutzen

Tabelle 5.4: Charakteristiken für die Zielgruppe professioneller Fotografen

Kriterium	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Zugriff und Verwendung	0,4	0,3	0,3	0,4
Wiederfinden nach Datum	0,12	0,09	0,09	0,24
Gelegenheit	0,05	0,04	0,04	0,07
Motiven/Personen	0,06	0,03	0,03	0,07
Schnelle Präsentation im privaten Bereich	0,01	0,03	0,03	0,1
Versenden per Internet/Handy	0,24	0,09	0,09	0,04
Publikation und Verwertung	0,02	0,09	0,06	0,04
Kosten	0,02	0,03	0,06	0,08
initial	0,3	0,25	0,2	0,15
Frequenz Medienwechsel	0,06	0,1	0,08	0,06
Kosten jährl. Datenaufwand	0,18	0,05	0,04	0,03
Objekteigenschaften	0,06	0,1	0,08	0,06
Inhalt	0,1	0,3	0,3	0,15
Farbtreue	0,08	0,21	0,21	0,09
1:1 Archivierung	0,04	0,15	0,15	0,06
Metadaten	0,04	0,06	0,06	0,03
deskriptiv	0,02	0,09	0,09	0,06
technisch	0,01	0,08	0,06	0,04
Prozess	0,01	0,01	0,03	0,02
Aufwand	0,2	0,15	0,2	0,3
initial	0,06	0,06	0,08	0,12
laufend	0,02	0,02	0,02	0,04
Anzahl zu wartender Datenträger	0,02	0,02	0,03	0,05
Aufwand pro Sicherungsvorgang	0,01	0,01	0,02	0,02
Verifikation	0,01	0,01	0,02	0,02
Frequenz	0,02	0,02	0,02	0,04
Aufwand	0,01	0,01	0,01	0,02
Komplexität	0,01	0,01	0,01	0,02
Stabilität des Datenträgers	0,07	0,03	0,04	0,06
	0,07	0,06	0,08	0,12

Tabelle 5.5: Gewichtung der Kriterien pro Benutzergruppe

Kriterium	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Initialkosten	500€	500€	500€	1500€
Kosten pro Jahr	200€	200€	300€	500€
Frequenz des Medienwechsels	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre
Initialaufwand	40 Stunden	20 Stunden	40 Stunden	80 Stunden
Aufwand pro Sicherung	3 Stunden	3 Stunden	3 Stunden	4 Stunden
Aufwand Verifikation	3 Stunden	3 Stunden	3 Stunden	3 Stunden
Anzahl zu wartender Datenträger	20 Stück	40 Stück	40 Stück	40 Stück
direkte Verwertung ohne Umwandlung	nein	nein	nein	ja

Tabelle 5.6: Akzeptanzgrenzen pro Benutzergruppe

Strategie	Gewichtete Summe	Gewichtete Multiplikation
Externe Festplatte	2,62	0,00
Bandlaufwerk	2,86	0,00
DVD	2,46	0,00
Belichtung	3,80	3,26
Festplatte und Belichtung	3,00	0,00
Belichtung 20%	3,92	3,52
Festplatte und Belichtung 20%	3,19	0,00

Tabelle 5.7: Ergebnisse der Evaluierung für technologieaverse Nutzer

5.3.2 Ergebnisse

In diesem Abschnitt beschreiben wir die Ergebnisse der Evaluierung und gehen auf spezifische Schwachpunkte der einzelnen Strategien in den unterschiedlichen Szenarien ein. Die vollständige Dokumentation aller Evaluierungen mit konkreten Ergebniswerten, Transformationsregeln und vollständiger visueller Darstellung der Ergebnisse für den gesamten Kriterienbaum ist im Anhang zu finden.

Technologieaverse Nutzer

Die Ergebnisse der Evaluierung für die Gruppe technikaverser Nutzer ist in Tabelle 5.7 und Abbildung 5.6 dargestellt. Das Ergebnis favorisiert klar die Ausbelichtung auf Fotopapier, mit einer Bewertung von 3,52 für die gesamte Ausbelichtung und 3,26 für eine teilweise Belichtung (B20). Der Hauptgrund dafür ist in erster Linie die Einstiegshürde in die Computerwelt im Allgemeinen. Der initiale Aufwand wurde mit 80 Stunden relativ hoch geschätzt, um einer notwendigen Einarbeitungszeit Rechnung zu tragen; auch die Kosten für eine Erstsanschaffung der entsprechenden Ausrüstung sind in der Evaluierung berücksichtigt. Auch wenn keine Erstsanschaffung eines Computers anfällt, ist die hohe Einarbeitungszeit als Ausschlussgrund zu werten. Unter der Annahme, dass sowohl Initialkosten als auch Initial-Aufwand wesentlich niedriger sind, etwa bei Mithilfe anderer Personen oder einem Dienstleistungsservice, ist kein Ausschlussgrund der digitalen Alternativen mehr gegeben, und der Abstand zu den rein analogen Strategien verkürzt sich deutlich (Band: 2,8). Trotzdem wird die Ausbelichtung nach wie vor bevorzugt gewertet.

Ob nun die gesamte Sammlung ausbelichtet werden soll oder nur der wich-



Abbildung 5.6: Visualisierung der Ergebnisse für Gruppe 1

tigste Teil, ist Frage der Sammlungsgröße, persönlicher Präferenzen sowie der Organisation der Sammlung.

Durchschnittliche Nutzer

Bereits deutlich unterschiedlich zeigt sich das Bild bei der Evaluierung möglicher Strategien für durchschnittliche Benutzer, die in Zahlen vermutlich die größte Gruppe darstellen. In diesem Szenario ist weder eine Neuanschaffung noch eine grundsätzliche Einarbeitung vorauszusetzen; es besteht eine prinzipielle Vertrautheit mit digitalen Inhalten. In diesem Sinne ist die Speicherung auf einer externen Festplatte als eindeutig favorisierte Lösung zu sehen (4,28). Sowohl die Sicherung auf Band (4,14) als auch auf DVD (3,88) sind alternativ möglich; letztlich werden persönliche Vorlieben sowie der Grad der Aversion gegenüber unbekannteren Strategien wie der Bandsicherung wohl eine entscheidende Rolle spielen.

Abbildung 5.7 visualisiert die gewichtete Multiplikation eines Teiles der Kriterien; da die Kosten für den jährlichen Aufwand der Ausbelichtung aller Fotos über der Schmerzgrenze des angenommenen durchschnittlichen Benut-

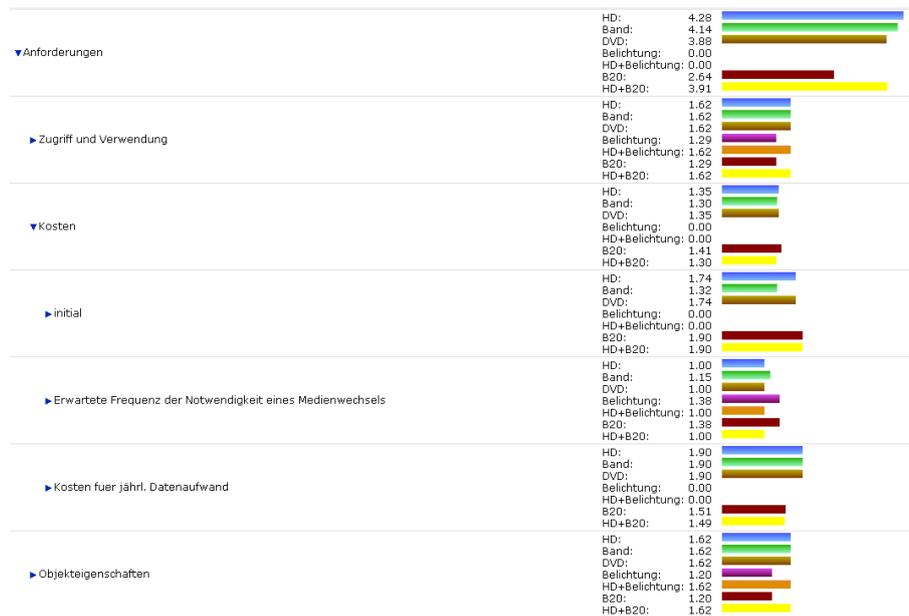


Abbildung 5.7: Visualisierung der Ergebnisse für Gruppe 2

zers liegen, wird dieses Kriterium mit 0 bewertet und führt zu einem Totalausfall der entsprechenden Strategien. Die Sicherung auf Festplatte (*hard disk*, HD) liegt relativ deutlich vor der Sicherung auf DVDs und Band sowie der kombinierten Sicherung auf Festplatte und einer Ausbelichtung von 20% der Fotos. Grund dafür sind wieder in erster Linie die Kosten, sowie die erhöhte Komplexität des Sicherungsprozesses bei der Kombination mehrerer Strategien.

Die Kombination digitaler und analoger Strategien kann jedoch bei entsprechender Risikoaversion durchaus eine geeignete Wahl darstellen - vor allem die Ausbelichtung des wichtigsten Teiles der Sammlung, gewertet mit 3,91 und somit höher als die reine Sicherung auf DVDs, kann manchen Personengruppen wohl die nötige Spur Gewissheit über die Sicherheit der Daten vermitteln, die bei digitalen Inhalten auf Grund eines mangelnden Vertrauens oft nach wie vor nicht gegeben ist.

Ambitionierte Fotografen

In dieser Benutzergruppe verschiebt sich das Verhältnis weiter zugunsten der digitalen Strategien, da einerseits die schiere Anzahl der Fotos eine vollständige Ausbelichtung im Regelfall unbezahlbar macht und somit ein Ausschlusskriterium darstellt, andererseits aber auch die Auswahl der ‘besten’ 10 Prozent

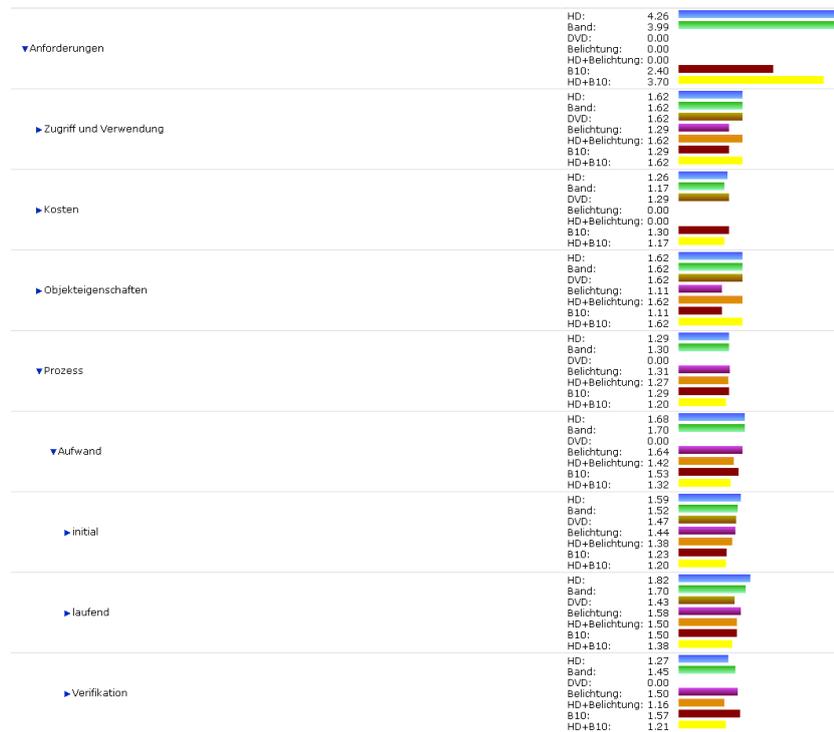


Abbildung 5.8: Visualisierung der Ergebnisse für Gruppe 3

alles andere als trivial ist. Abbildung 5.8 verdeutlicht die Gründe für den Ausfall der Sicherung auf DVDs – die Anzahl der notwendigen Datenträger, die regelmäßig überprüft werden müssen, bewirkt, dass der Aufwand zur regelmäßigen Verifikation mit geschätzten 300 Minuten deutlich über der definierten Schmerzgrenze liegt.

Die Archivierung auf einer externen Festplatte weist mit 4,26 die höchste Bewertung auf. Die Sicherung auf Band (3,99) ist je nach persönlicher Präferenzen durchaus empfehlenswert; die niedrigeren Initialkosten bei der Sicherung auf Festplatte sind der ausschlaggebende Grund für die höhere Bewertung. Hier hängt die Entscheidung letztlich von individuellen Möglichkeiten und der anfallenden Datenmenge ab.

Professionelle Fotografen

Das Bild, das sich in der Gruppe der professionellen Nutzer ergibt, unterscheidet sich sehr deutlich von den vorigen. Die großen Datenmengen bewirken, dass im Wesentlichen fast alle Alternativen als nicht durchführbar zu betrachten sind; die Sicherung auf Band wird dafür sehr hoch bewertet, und

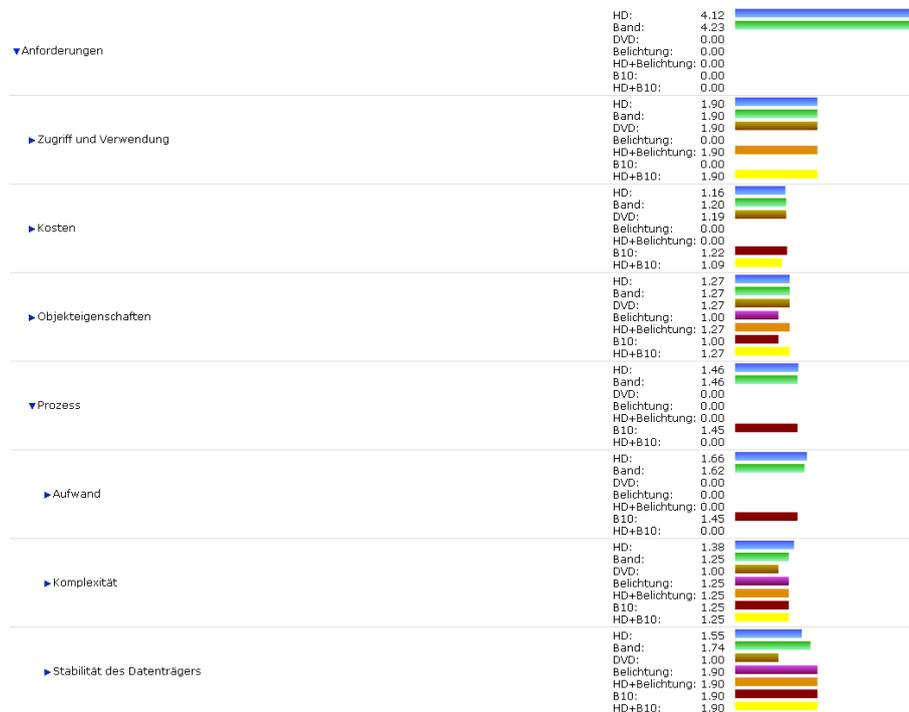


Abbildung 5.9: Visualisierung der Ergebnisse für Gruppe 4

die Sicherung auf externen Festplatten ist ebenfalls als mögliche Strategie zu sehen. Die Gründe dafür sind im Bereich der Kosten und des Aufwandes zu sehen:

- Die Sicherung auf Band ist mit steigender Datenmenge die günstigste Lösung; auch die Haltbarkeit von Bändern ist unter den digitalen Alternativen die längste.
- Die Sicherung auf DVDs ist auf Grund der notwendigen Anzahl von Medien für eine Einzelperson undurchführbar; eine Überschlagsrechnung ergibt von Beginn an über 300 regelmäßig zu überprüfende Medien, mit über 120 weiteren pro Jahr.
- Eine Ausbelichtung aller Fotos ist preislich indiskutabel; die Ausbelichtung eines Teiles ist prinzipiell durchführbar, jedoch erfüllt die reine Ausbelichtung das Kriterium des direkten digitalen Zugriffes nicht, der für Fotografen im heutigen Markt meist als unverzichtbar gesehen wird.

Somit bleibt als bevorzugte Lösung die externe Sicherung auf Magnetbändern (4,23). Externe Festplatten weisen jedoch mit 4,12 eine fast idente Bewertung

auf und können je nach Finanzlage und Datenmenge eine gute Alternative darstellen.

5.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel haben wir das in Kapitel 3 vorgestellte Verfahren zur Evaluierung von Langzeitarchivierungsstrategien benutzt, um unterschiedliche Lösungen auf ihre Eignung für den zur Diskussion stehenden Problembereich zu untersuchen. Dazu wurde ein allgemeiner Kriterienbaum definiert, dessen Zweige je nach Szenario unterschiedlich gewichtet und bewertet wurden. Die Analyse der Ergebnisse erlaubt die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die jeweiligen Benutzergruppen.

Die empfohlenen Strategien für die Benutzergruppen lauten:

1. **Technologieaverse Nutzer:** Ausbelichtung eines Prozentsatzes der wichtigsten Fotos oder eventuell der gesamten Sammlung,
2. **Durchschnittliche Nutzer:** Speicherung auf externer Festplatte; je nach Risikoaversion und Datenmenge zusätzliche Ausbelichtung eines Teiles der Fotos,
3. **Ambitionierte Fotografen:** Speicherung auf externer Festplatte oder eventuell Magnetband,
4. **Professionelle Fotografen:** Speicherung auf Magnetband oder externer Festplatte.

Die Größe der Benutzergruppen und ihre voraussichtliche Entwicklung muss durch konkrete Markterhebungen festgestellt werden. Es ist anzunehmen, dass die Größe der ersten Gruppe eher sinken wird, während die Gruppe der Nutzer digitaler Spiegelreflexkameras laut der Marktentwicklung nach wie vor wächst.

Für jede Benutzergruppe sind Lösungen gefragt, die spezifisch auf die Besonderheiten der jeweiligen Situation eingehen und eine optimal zugeschnittene Lösung bieten. Während prinzipiell solche Lösungen existieren, sind doch auch Lücken und Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen. Das abschließende Kapitel zeigt Handlungsbedarf und Spielräume für Services auf, die den Bedürfnissen der Zielgruppen entsprechen und ihnen einen Mehrwert bieten können.

Strategie	Gewichtete Summe	Gewichtete Multiplikation
Externe Festplatte	4,51	4,28
Bandlaufwerk	4,34	4,14
DVD	4,26	3,88
Belichtung	2,40	0,00
Festplatte und Belichtung	3,61	0,00
Belichtung 20%	3,10	2,64
Festplatte und Belichtung 20%	4,29	3,91

Tabelle 5.8: Ergebnisse der Evaluierung für durchschnittliche Nutzer

Strategie	Gewichtete Summe	Gewichtete Multiplikation
Externe Festplatte	4,48	4,26
Bandlaufwerk	4,30	3,99
DVD	4,17	0,00
Belichtung	2,31	0,00
Festplatte und Belichtung	3,78	0,00
Belichtung 10%	2,82	2,40
Festplatte und Belichtung 10%	4,13	3,70

Tabelle 5.9: Ergebnisse der Evaluierung für ambitionierte Fotografen

Strategie	Gewichtete Summe	Gewichtete Multiplikation
Externe Festplatte	4,36	4,12
Bandlaufwerk	4,35	4,23
DVD	3,66	0,00
Belichtung	2,17	0,00
Festplatte und Belichtung	3,79	0,00
Belichtung 10%	2,63	0,00
Festplatte und Belichtung 10%	4,07	0,00

Tabelle 5.10: Ergebnisse der Evaluierung für professionelle Nutzer

Kapitel 6

Zusammenfassung und Ausblick

Diese Studie hat das Problemfeld der Langzeitarchivierung digitaler Fotografien systematisch untersucht, um zu fundierten Empfehlungen für eine Reihe identifizierter Benutzergruppen zu gelangen.

Kapitel 2 behandelte nach einer Einführung in die Problemstellung und die Thematik der digitalen Langzeitarchivierung aktuelle Initiativen und Forschungsprojekte sowie weiterführende Literatur. Das darauffolgende Kapitel 3 beleuchtete die Planung von Langzeitarchivierungslösungen, die einen zentralen Kernpunkt der Problematik darstellt. Wir stellten ein systematisches Verfahren zur Beurteilung und Auswahl des am besten geeigneten Verfahren unter mehreren zur Auswahl stehenden Lösungen vor und erläuterten seine Anwendbarkeit auf die Langzeitarchivierung digitaler Fotografien. Kapitel 4 beschrieb existierende Datenträgertechnologien und verglich die verschiedenen Medien unter dem Gesichtspunkt der langfristigen Haltbarkeit. In Kapitel 5 schließlich wurde das zuvor beschriebene Verfahren angewandt, um zu Empfehlungen für vier typische Anwendungsszenarien für die Langzeitarchivierung von Fotografien zu gelangen. Diese Szenarien ergeben sich auf Grund der unterschiedlichen Anforderungen der wesentlichen Zielgruppen, die sich auf dem breiten Spektrum der digitalen Fotografie verteilen. Die vier betrachteten Benutzergruppen sind:

1. Fotografie-Liebhaber mit geringem technischen Wissen, die keinen Computer besitzen,
2. Durchschnittsnutzer mit prinzipiellen Kenntnissen der digitalen Fotografie, die den eigenen Computer regelmäßig benutzen,
3. Ambitionierte Hobbyfotografen, die ein ausgeprägteres Qualitätsbewusstsein und höhere Ansprüche aufweisen, sowie

4. Professionelle Fotografen mit entsprechender Ausrüstung und Anforderungen.

Die betrachteten Alternativen sind:

1. Sicherung auf einer externen Festplatte, deren Größe auf die anfallende Datenmenge zugeschnitten ist;
2. Sicherung mittels Bandlaufwerk;
3. Sicherung auf DVDs, konkret jeweils auf zwei verschiedene *archival grade* DVD-R Medien unterschiedlicher Hersteller mit Phthalocyanin-Goldbeschichtung;
4. Reine Ausbelichtung aller Fotos auf Papier im Format 10x15;
5. Sicherung mittels Festplatte kombiniert mit der Ausbelichtung aller Fotos als Verbindung digitaler und analoger Ansätze mit maximaler Risikostreuung;
6. Reine Ausbelichtung eines Teiles der Sammlung, wobei der Prozentsatz der Fotos für die Gruppen mit 1 und 2 mit 20 Prozent, für die Gruppen 3 und 4 mit 10 Prozent gewählt wird; sowie
7. Sicherung mittels Festplatte kombiniert mit der Ausbelichtung eines Teiles der Sammlung.

Basierend auf den Anforderungen der einzelnen Szenarien und der Bewertung der Strategien ergeben sich folgende Empfehlungen für die jeweiligen Benutzergruppen:

1. **Technologieaverse Nutzer:** Ausbelichtung eines Prozentsatzes der wichtigsten Fotos (Strategie 6) oder eventuell der gesamten Sammlung (Strategie 4),
2. **Durchschnittliche Nutzer:** Speicherung auf externer Festplatte (Strategie 1); je nach Risikoaversion und Datenmenge zusätzliche Ausbelichtung eines Teiles der Fotos (Strategie 7),
3. **Ambitionierte Fotografen:** Speicherung auf externer Festplatte (Strategie 1) oder eventuell Magnetband (Strategie 2),
4. **Professionelle Fotografen:** Speicherung auf Magnetband (Strategie 2) oder externer Festplatte (Strategie 1).

Diese Schlussfolgerungen decken sich mit einer verwandten Untersuchung über die Haltbarkeit optischer Medien, die zu folgendem Schluss kommt:

While recordable optical discs are viable tools in the access to and dissemination of digital information of all kinds, it is strongly recommended that professional data storage methods, as developed by the IT industry, should be used. All digital carriers are to some extent unreliable, however, data tape and hard disc systems are made reliable because technological testing, copying and management systems are implemented to support the data carrier and the quality of its content, maintain and manage the integrity of the data. These systems are feasible for storing critical data even under climatically and financially sub-optimal conditions. No viable automatic testing and management system exists to make optical disc reliable, and consequently any archival use of optical systems must depend on a manual approach using people and testing equipment as described in this publication. ([KB06], S. ii)

Die Empfehlung für professionelles Datenmanagement bedeutet jedoch für die meisten Nutzer im Moment eine große Hürde; die Abschätzungen der Aufwände, die auch in der vollständigen Dokumentation im Anhang ersichtlich sind, sind relativ hoch.

Es ist bekannt, dass professionelle Datenmanagementmethoden erst bei hohen Datenmengen, dort jedoch sehr gut skalieren. Daher ist die Zusammenlegung von Speicherplatz und die Ausnutzung dadurch bedingter Synergien gefragt, um die sichere Speicherung von Digitalfotos für Einzelpersonen und kleine Unternehmen erschwinglich und praktikabel werden zu lassen.

In diesem Sinne sind **digitale Services** gefragt, die sowohl technologieaversen Nutzern als auch fortschrittlichen Fotografen mit hohen Datenvolumen einen Mehrwert bieten. Eine Möglichkeit besteht etwa darin, Dienste zur sicheren Speicherung von digitalen Fotos anzubieten, die über einen spezifizierten Zeitraum den Zugriff auf diese Daten gewährleisten. Das muss selbstverständlich verbunden sein mit entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen und dem Schutz der Fotos vor unerlaubtem Zugriff.

Während für einen technologieaversen Nutzer ohne eigenen PC jede Speicherung der Daten – etwa verbunden mit der Ausbelichtung zur persönlichen Verwendung – sehr wertvoll sein kann, ist die maximale Investitionssumme wohl eher niedrig. Im Gegensatz dazu kann es für einen ambitionierten Fotografen sehr beruhigend sein, sich nicht um die langfristige Speicherung seiner Daten sorgen zu müssen; für diese Zielgruppe ist, dem Datenvolumen entsprechend, auch ein höherer Preis vorstellbar. Jedoch ist ein unterschiedliches Servicemodell gefragt, das sowohl den höheren Datenmengen Rechnung trägt und entsprechende Preisstaffelung anbietet als auch der deutlich anderen Nutzungsweise entgegenkommt.

Im Lichte dieser Schlussfolgerungen werden die folgenden weiteren Schrit-

te empfohlen:

- Durchführung einer **Markstudie zur Erhebung der Zielgruppengrößen** und ihrer voraussichtlichen Entwicklung.
- **Ermittlung potentieller digitaler Dienste, vor allem für die Gruppen der Durchschnittsnutzer und ambitionierten Fotografen** – diese haben den höchsten Bedarf an Serviceleistungen. Dabei ist besonders auf ein ansprechend gestaffeltes Preismodell und das Entgegenkommen seitens der Nutzungsgewohnheiten der Zielgruppen zu achten, zum Beispiel mit einem kombinierten Angebot von Ausbeleuchtung und digitaler Archivierung.
- Detaillierte Erhebung der Anforderungen an **Services für professionelle Fotografen**, für die digitale Fotos die Geschäftsbasis sind, deren Verlust ein existenzbedrohendes Risiko darstellt. Für diese Gruppe sind professionelle Langzeitarchivierungslösungen, aufbauend auf dem OAIS-Referenzmodell und Risikomanagementmethoden, wie sie im Bereich digitale Langzeitarchivierung bereits entwickelt werden¹, gefragt.

¹<http://www.repositoryaudit.eu/>

Literaturverzeichnis

- [ANS98] ANSI/NAPM. *IT9.25-1998 Optical disc media – Storage*, 1998.
- [Bec78] Arnim Bechmann. Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung. *Beiträge zur Wirtschaftspolitik*, 2, 1978.
- [Ben03] Hugh Bennett. *Understanding CD-R & CD-RW*. Optical Storage Technology Association (OSTA), 2003. http://www.osta.org/technology/pdf/cdr_cdrw.pdf.
- [Ben04] Hugh Bennett. *Understanding Recordable & Rewritable DVD*. Optical Storage Technology Association (OSTA), 2004.
- [BKKR07] Christoph Becker, Günther Kolar, Josef Küng, and Andreas Rauber. Preserving interactive multimedia art: A case study in preservation planning. In *International Conference on Asian Digital Libraries (ICADL'07)*, December 10-13 2007.
- [Bla05] Arthur G. Blanck. Archival media for the masses. White paper, Delkin Devices, 2005. http://www.delkin.com/pdf/user_guides/archivalgold_whitepaper.pdf.
- [Bor03] Uwe M. Borghoff. *Langzeitarchivierung : Methoden zur Erhaltung digitaler Dokumente*. dpunkt Verlag Heidelberg, 2003.
- [Bro03] Adrian Brown. Selecting storage media for long-term preservation. Digital Preservation Guidance Note 2, The National Archives, June 2003.
- [BSN⁺07] Christoph Becker, Stephan Strodl, Robert Neumayer, Andreas Rauber, Eleonora Nicchiarelli Bettelli, and Max Kaiser. Long-term preservation of electronic theses and dis-

- sertations: A case study in preservation planning. In *Proceedings of the 9th Russian Conference on Digital Libraries (RCDL'2007, Pereslavl, Russia, 2007.*
- [cip07] Camera and Imaging Products Association. Webseite, Oktober 2007. <http://www.cipa.jp/english/index.html>.
- [Con02] Consultative Committee for Space Data Systems. *Reference Model for an Open Archival Information System (OAIS)*. CCSDS 650.0-B-1, 2002.
- [Del07] Delkin Devices. *Archival Gold Longevity Test*. online November 2007. http://www.delkin.com/pdf/user_guides/archivalgold_testresults.pdf.
- [Dix03] Douglas Dixon. DVD rot - DVD longevity and reliability. Manifest Technology, September 2003. http://www.manifest-tech.com/media_dvd/dvd_compatibility.htm.
- [ECM96] ECMA. Data Interchange on Read-only 120 mm Optical Data Disks (CD-ROM). Standard ECMA-130, Juni 1996. <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-130.htm>.
- [GG98] Arno Günzl and Rudolf Gschwind. Was bleibt, ist das Umkopieren: Ein digitales Langzeitarchiv für Fotosammlungen. *Rundbrief Fotografie*, Sonderheft 3:27–30, 1998.
- [Gie04] Hartmut Gieselmann. Blaues Gedächtnis. *c't Magazin für Computertechnik*, 6:196–200, 2004.
- [Gie05] Hartmut Gieselmann. Blaue Riesen. *c't Magazin für Computertechnik*, 11:90, 2005.
- [GRF00] Rudolf Gschwind, Lukas Rosenthaler, and Franziska Frey. *Neue Technologien und Kulturgüter*. Abteilung für wissenschaftliche Photographie, Institut für physikalische Chemie, Universität Basel, Mai 2000.
- [GRF02] Rudolf Gschwind, Lukas Rosenthaler, and Franziska Frey. *Digitale Archivierung von fotografischen Sammlungen – ein Grundlagenbericht*. erstellt für das Bundesamt für Zivilschutz, Bern, April 2002.

- [Har01] Jerome L. Hartke. *Measures of CD-R Longevity*. Media Sciences, Inc., 2001. <http://www.mscience.com/longev.html>, online September 2007.
- [HBS87] Horst Hanusch, Peter Biene, and Manfred Schlumberger. *Nutzen-Kosten-Analyse*. Franz Vahlen Verlag, 1987.
- [His06] Dennis Hissink. Memorex Pro Gold Archival CD and DVD. [letsgodigital.org](http://www.letsgodigital.org), Jänner 2006. http://www.letsgodigital.org/en/news/articles/story_5790.html.
- [HVDDVEM05] J.R. Hoeven, R.J. Van Der Diessen, and K. Van En Meer. Development of a universal virtual computer (UVC) for long-term preservation of digital objects. *Journal of Information Science*, Vol. 31 (3):196–208, 2005.
- [Int02a] International Standards Organisation. *Imaging materials – Compact discs (CD-ROM) – Method for estimating the life expectancy based on the effects of temperature and relative humidity*. ISO 18921:2002, 2002.
- [Int02b] International Standards Organisation. *Imaging materials - Information stored on magneto-optical (MO) discs – Method for estimating the life expectancy based on the effects of temperature and relative humidity*. ISO 18926:2006, 2002.
- [Int02c] International Standards Organisation. *Imaging materials - Recordable compact disc systems - Method for estimating the life expectancy based on the effects of temperature and relative humidity*. ISO 18927:2002, 2002.
- [Int03] International Standards Organization. *Space data and information transfer systems – Open archival information system – Reference model (ISO 14721:2003)*, 2003.
- [Ira05] Joe Iraci. The relative stabilities of optical disc formats. *International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*, 26:134–150, 2005.
- [KB06] National Library of Australia Kevin Bradley. *Risks Associated with the Use of Recordable CDs and DVDs as Reliable*

- Storage Media in Archival Collections - Strategies and Alternatives*. UNESCO Memory of the World Programme, Subcommittee on Technology, 2006. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001477/147782e.pdf>.
- [KOD02] KODAK. Lifetime of Kodak CD-R Ultima media. Webseite, März 2002. <http://www.kodak.com/global/en/service/faqs/faq1632.shtml>.
- [LKR⁺00] Gregory W. Lawrence, William R. Kehoe, Oya Y. Rieger, William H. Walters, and Anne R. Kenney. Risk management of digital information: A file format investigation. CLIR Report 93, Council on Library and Information Resources, June 2000.
- [Lor02] R.A. Lorie. The UVC: A method for preserving digital documents: Proof of concept. Technical report, IBM and Koninklijke Bibliotheek (KB) Netherlands, 2002.
- [MD98] M. MacLean and B. Davis, editors. *Time and Bits: Managing Digital Continuity*. Getty Information Institute, 1998.
- [MT02] Robin McKie and Vanessa Thorpe. Digital Domesday Book lasts 15 years not 1000. The Observer, 3. März 2002. <http://books.guardian.co.uk/news/articles/0,6109,661585,00.html>.
- [Nat] National Library of Australia. PADI: Preserving Access to Digital Information. Website. <http://www.nla.gov.au/padi>.
- [Nat05] National Institute of Standards and Technology. NIST/Library of Congress (LoC) Optical disc longevity testing procedure. NIST Special Publication 500-263, 2005.
- [Nat07a] National Library of Australia. Optical discs. PADI - Preserving Access to Digital Information, September 2007. <http://www.nla.gov.au/padi/topics/53.html>.
- [Nat07b] National Library of Australia. Physical format digital material. PADI - Preserving Access to Digital Information, September 2007. <http://www.nla.gov.au/padi/topics/52.html>.

- [Nav05] Vivek Navale. Predicting the life expectancy of modern tape and optical media. *RLG DigiNews*, 9(4), August 2005. <http://digitalarchive.oclc.org/da/ViewObject.jsp?objid=0000068919&reqid=36631\#article3>.
- [OvDvW04] Erik Oltmans, Raymond J. van Diessen, and Hilde van Wijngaarden. Preservation functionality in a digital archive. In *Proceedings of the Joint Conference on Digital Libraries, June 7-11, Tuscon, Arizona, USA*, pages 279–286. ACM, 2004.
- [pMfP04] photoscala: Magazin für Photographie. Archival Gold CD-R hält 300 Jahre, Oktober 2004. <http://www.photoscala.de/node/521>.
- [pMfP05a] photoscala: Magazin für Photographie. Analoge Fotografie im freien Fall. Webseite, November 2005. <http://www.photoscala.de/node/view/1316>.
- [pMfP05b] photoscala: Magazin für Photographie. Delkin Archival Gold DVD-R, Juli 2005. <http://www.photoscala.de/node/1111>.
- [pMfP06] photoscala: Magazin für Photographie. Digitalkameramarkt: Ende des Wachstums in Sicht, DSLRs weiter gefragt. Webseite, Dezember 2006. <http://www.photoscala.de/node/2457>.
- [Pre06a] Associated Press. Canon to stop making single-lens camera. Webseite, Mai 2006. <http://www.digitalimagingmag.com/publication/article.jsp?id=1699&pubId=3>.
- [Pre06b] Associated Press. Nikon to stop making most film cameras. Webseite, Jänner 2006. <http://www.msnbc.msn.com/id/10835599/>.
- [PWB07] Eduardo Pinheiro, Wolf-Dietrich Weber, and Luiz Andre Barroso. Failure trends in a large disk drive population. In *Proceedings of the 5th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST'07)*, February 2007.
- [RB99] Jeff Rothenberg and Tora Bikson. Carrying authentic, understandable and usable digital records through time. Technical report, Report to the Dutch National Archives and Ministry of the Interior, 1999.

- [RE04] Stefan Rohde-Enslin. *Nicht von Dauer: Kleiner Ratgeber für die Bewahrung digitaler Daten in Museen*, volume 1 of *nestor Ratgeber*. nestor – Institut für Museumskunde, 2004. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0008-20041103017>.
- [Res06] Thilo Resenhoeft. Nikon verabschiedet die analoge Fotografie. Stern online, Jänner 2006. http://www.stern.de/computer-technik/technik/553838.html?nv=ct_mt.
- [Rot99] J. Rothenberg. *Avoiding Technological Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation*. Council on Library and Information Resources, January 1999. <http://www.clir.org/pubs/reports/rothenberg/contents.html>.
- [RR04] Carl Rauch and Andreas Rauber. Preserving digital media: Towards a preservation solution evaluation metric. In *Proceedings of the 7th International Conference on Asian Digital Libraries (ICADL 2004)*, pages 203–212, Shanghai, P.R. China, December 13-17 2004. Springer.
- [RR05] Carl Rauch and Andreas Rauber. Anwendung der Nutzwertanalyse zur Bewertung von Strategien zur langfristigen Erhaltung digitaler Objekte. *Zeitschrift für Bibliotheksweisen und Bibliographie*, 52(3-4):172–180, May - August 2005.
- [SAZ95] Douglas Stinson, Fred Ameli, and Nick Zaino. Lifetime of KODAK Writable CD and Photo CD Media. Eastman Kodak Company, 1995. <http://www.cd-info.com/CDIC/Technology/CD-R/Media/Kodak.html>.
- [SBNR07] Stephan Strodl, Christoph Becker, Robert Neumayer, and Andreas Rauber. How to choose a digital preservation strategy: Evaluating a preservation planning procedure. In *Proceedings of the 7th ACM IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL '07)*, pages 29–38, June 2007.
- [SL04] Ute Schwens and Hans Liegmann. *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation*, chapter Langzeitarchivierung digitaler Ressourcen, pages 567–570. Saur Verlag München, 2004. <http://www.langzeitarchivierung.de/downloads/digitalewelt.pdf>.

- [SLZ⁺04] Oliver Slattery, Richang Lu, Jian Zheng, Fred Byers, and Xiao Tang. Stability comparison of recordable optical discs – a study of error rates in harsh conditions. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 109(5):517–524, 2004.
- [SRR⁺06] Stephan Strodl, Andreas Rauber, Carl Rauch, Hans Hofman, Franca Debole, and Giuseppe Amato. The DELOS Testbed for choosing a digital preservation strategy. In *Proceedings of the 9th International Conference on Asian Digital Libraries (ICADL'06)*, pages 323–332, Kyoto, Japan, November 27-30 2006. Springer.
- [SV04] Jacqueline Slats and Remco Verdegem. Practical experiences of the dutch digital preservation testbed. *VINE: The Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 34(2):56–65, 2004.
- [vdHvW05] Jeffrey van der Hoeven and Hilde van Wijngaarden. Modular emulation as a long-term preservation strategy for digital objects. In *5th International Web Archiving Workshop (IWAW05)*, 2005.
- [Web05] Colin Webb. *Guidelines for the Preservation of Digital Heritage*. Information Society Division United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) – National Library of Australia, 2005. <http://www.unesco.nl/images/guidelines.pdf>.
- [Wei02] R. D. Weiss. *Environmental Stability Study and Life Expectancies of Magnetic Media for Use with IBM 3590 and Quantum Digital Linear Tape Systems*. Final Report to the National Archives and Records Administration, delivered by Arkival Technology Corporation under contract NAMA-01-F-0061, 2002. <http://www.archives.gov/research/electronic-records/magnetic-media-study.pdf>.
- [Wik07a] Wikipedia. Compact disc. Webseite, online Oktober 2007. http://de.wikipedia.org/wiki/Compact_Disc.
- [Wik07b] Wikipedia. Magnetic tape data storage, November 2007. http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_tape_data_storage.

- [Wik07c] Wikipedia. Ultra density optical, November 2007. http://de.wikipedia.org/wiki/Ultra_Density_Optical.
- [Wik07d] Wikipedia. Vergleich optischer Datenträger, November 2007. http://de.wikipedia.org/wiki/Vergleich_optischer_Datentr%C3%A4ger.
- [WO04] H. Van Wijngaarden and E. Oltmans. Digital preservation and permanent access: the UVC for images. In *Proceedings of Imaging Science & Technology Archiving Conference*, San Antonio, USA, April 13 2004. http://www.kb.nl/hrd/dd/dd_links_en_publicaties/publicaties/uvc-ist.pdf, accessed March 20, 2007.

Anhang A

Dokumentation der Evaluierung technologieaverser Nutzer

Project Report for Fotostudie technologieaverse Nutzer

Report creation date: Dec 4, 2007 10:53:04 PM

Project name: Fotostudie technologieaverse Nutzer
Current Project State: Analyzed
Project description: Evaluierung für die Gruppe technologieaverser Nutzer
Author of the project: Christoph Becker, Andreas Rauber
Organization: TU Wien, Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme

- [Basis](#)
- [Sample Records](#)
- [Requirements](#)
- [Alternatives](#)
- [Go-Decision](#)
- [Experiments](#)
- [Evaluation & Transformation](#)
- [Results: Weighted multiplication](#)
- [Results: Weighted sum](#)

Number of objects: 1000-4000 Fotos initial, 1000-2000 p.A., Annahme: 4000/2000. Annahme Datenmenge: 10GB, 5 GB p.A.
Document types: 100% JPEG 6 MP, 2.5 MB
Environment: Digitale Kompaktkamera (point-and-shoot)
Description: Beispiel

Name	Short name	Data
Foto	Foto	No data

[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Node	Weight	Total weight	Single	Scale	Restriction	Unit
▼ Anforderungen technologieaverser Nutzer	1	1				
▼ Zugriff und Verwendung	0.4	0.4				
▼ Wiederfinden nach	0.3	0.12				
▼ Datum	0.4	0.05	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Gelegenheit	0.5	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Motiven/Personen	0.1	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Schnelle Präsentation im privaten Bereich	0.6	0.24	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Versenden per Internet/Handy	0.05	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Publikation und Verwertung	0.05	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	direkt, nach Umwandlung	
▼ Kosten	0.3	0.3				
▼ initial	0.2	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Euro
▼ Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	0.6	0.18	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Jahre
▼ Kosten fuer jährl. Datenaufwand	0.2	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Euro
▼ Objekteigenschaften	0.1	0.1				
▼ Inhalt	0.8	0.08				
▼ Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)	0.5	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	

▼ 1:1 Archivierung	0.5	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ Metadaten	0.2	0.02				
▼ deskriptiv	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ technisch	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ Prozess	0.2	0.2				
▼ Aufwand	0.3	0.06				
▼ initial	0.3	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Stunden
▼ laufend	0.4	0.02				
▼ Anzahl regelm. zu wartender Datenträger	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Stück
▼ Aufwand pro Sicherungsvorgang	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Minuten
▼ Verifikation	0.3	0.02				
▼ Frequenz der Notwendigkeit	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Monate
▼ Aufwand	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Minuten
▼ Komplexität	0.35	0.07	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	einfach, mittel, komplex	
▼ Stabilität des Datenträgers	0.35	0.07	<input checked="" type="checkbox"/>	Restricted integer	between 0 and 5	

Name	Description	Mandatory resources	Invocation parameters	Enhancements
------	-------------	---------------------	-----------------------	--------------

HD externe Festplatte 80GB, getrennt aufbewahrt
 Band externe Bandsicherung auf Quantum DLT 40GB
 DVD zweifache Sicherung auf archival-grade DVDs mit Plextor Brenner
 Belichtung Ausbelichtung *aller* Fotos auf Papier
 HD+Belichtung Kombination analog+digital: Ausbelichtung aller Fotos und externe Festplatte
 B20 Belichtung der wichtigsten Fotos (20%)
 HD+B20 Kombination analog+digital: Ausbelichtung der wichtigsten Fotos (20%) und externe Festplatte

Decision: GO
Reason: Evaluierung aller Alternativen ist möglich
Action needed: keine

Alternative	Experiment description	Run description
-------------	------------------------	-----------------

HD
 Band
 DVD
 Belichtung
 HD+Belichtung
 B20
 HD+B20

Wiederfinden nach > Datum

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	möglich	problemlos	-> 5.0	HD	3

Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
Band	möglich			Band	3
DVD	möglich			DVD	3
Belichtung	problemlos	möglich	-> 3.0	Belichtung	5
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 0.0	HD+Belichtung	5
B20	problemlos			B20	5
HD+B20	problemlos			HD+B20	5

Wiederfinden nach > Gelegenheit

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	möglich			
Band	möglich			
DVD	möglich	problemlos	-> 5.0	
Belichtung	möglich	möglich	-> 3.0	
HD+Belichtung	möglich	aufwendig	-> 0.0	
B20	möglich			
HD+B20	möglich			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3
Band	3
DVD	3
Belichtung	3
HD+Belichtung	3
B20	3
HD+B20	3

Wiederfinden nach > Motiven/Personen

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	aufwendig			
Band	aufwendig			
DVD	aufwendig	problemlos	-> 5.0	
Belichtung	aufwendig	möglich	-> 3.0	
HD+Belichtung	aufwendig	aufwendig	-> 1.0	
B20	aufwendig			
HD+B20	aufwendig			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	1
Band	1
DVD	1
Belichtung	1
HD+Belichtung	1
B20	1
HD+B20	1

Zugriff und Verwendung > Schnelle Präsentation im privaten Bereich

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	möglich			
Band	möglich			
DVD	möglich	problemlos	-> 5.0	
Belichtung	problemlos	möglich	-> 3.0	
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 1.0	
B20	problemlos			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3
Band	3
DVD	3
Belichtung	5
HD+Belichtung	5
B20	5

Alternatives	Single	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD+B20	problemlos	HD+B20	5

Zugriff und Verwendung > Versenden per Internet/Handy

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	möglich			
Band	möglich			
DVD	möglich	problemlos	-> 5.0	
Belichtung	aufwendig	möglich	-> 3.0	
HD+Belichtung	möglich	aufwendig	-> 1.0	
B20	aufwendig			
HD+B20	möglich			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3
Band	3
DVD	3
Belichtung	1
HD+Belichtung	3
B20	1
HD+B20	3

Zugriff und Verwendung > Publikation und Verwertung

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	direkt			
Band	direkt			
DVD	direkt	direkt	-> 5.0	
Belichtung	nach Umwandlung	nach Umwandlung	-> 2.0	
HD+Belichtung	direkt			
B20	nach Umwandlung			
HD+B20	direkt			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	2
HD+Belichtung	5
B20	2
HD+B20	5

Kosten > initial

Results

Alternatives	Single	Transformer	Threshold	Target value
HD	550.0			
Band	750.0	500.0 Euro	-> 1	
DVD	550.0	250.0 Euro	-> 2	
Belichtung	400.0	150.0 Euro	-> 3	
HD+Belichtung	950.0	80.0 Euro	-> 4	
B20	80.0	50.0 Euro	-> 5	
HD+B20	630.0	Threshold stepping: Linear		

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	0
Band	0
DVD	0
Belichtung	1.4
HD+Belichtung	0
B20	4
HD+B20	0

Kosten > Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels

Results

Alternatives	Single	Transformer	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)

Alternatives	Single			Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3.0	3.0 Jahre	-> 1	HD	1
Band	5.0	5.0 Jahre	-> 2	Band	2
DVD	3.0	10.0 Jahre	-> 3	DVD	1
Belichtung	50.0	30.0 Jahre	-> 4	Belichtung	5
HD+Belichtung	3.0	50.0 Jahre	-> 5	HD+Belichtung	1
B20	50.0	Threshold stepping: Linear		B20	5
HD+B20	3.0			HD+B20	1

Kosten > Kosten fuer jährl. Datenaufwand

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3.125	200.0 Euro	-> 1	HD	5
Band	3.125	100.0 Euro	-> 2	Band	5
DVD	4.25	50.0 Euro	-> 3	DVD	5
Belichtung	200.0	20.0 Euro	-> 4	Belichtung	1
HD+Belichtung	203.125	10.0 Euro	-> 5	HD+Belichtung	0
B20	40.0	Threshold stepping: Linear		B20	3.33
HD+B20	43.125			HD+B20	3.23

Inhalt > Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	No	Yes	-> 2.0	HD	5
Band	No	No	-> 5.0	Band	5
DVD	No			DVD	5
Belichtung	Yes			Belichtung	2
HD+Belichtung	No			HD+Belichtung	5
B20	Yes			B20	2
HD+B20	No			HD+B20	5

Inhalt > 1:1 Archivierung

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	1
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5

Alternatives	Single	Alternatives	Single (=Aggregated)
B20	No	B20	1
HD+B20	Yes	HD+B20	5

Metadaten > deskriptiv

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	1
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5
B20	No			B20	1
HD+B20	Yes			HD+B20	5

Metadaten > technisch

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	1
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5
B20	No			B20	1
HD+B20	Yes			HD+B20	5

Aufwand > initial

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	60.0	40.0 Stunden	-> 1	HD	0
Band	80.0	20.0 Stunden	-> 2	Band	0
DVD	70.0	10.0 Stunden	-> 3	DVD	0
Belichtung	8.0	5.0 Stunden	-> 4	Belichtung	3.4
HD+Belichtung	68.0	2.0 Stunden	-> 5	HD+Belichtung	0
B20	40.0	Threshold stepping: Linear		B20	1
HD+B20	100.0			HD+B20	0

laufend > Anzahl regelm. zu wartender Datenträger

Results	Transformer	Transformed Results
---------	-------------	---------------------

Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	1.0			HD	5
Band	2.0	20.0 Stück	-> 1	Band	4.5
DVD	6.0	10.0 Stück	-> 2	DVD	2.8
Belichtung	0.0	5.0 Stück	-> 3	Belichtung	5
HD+Belichtung	1.0	3.0 Stück	-> 4	HD+Belichtung	5
B20	0.0	1.0 Stück	-> 5	B20	5
HD+B20	1.0	Threshold stepping: Linear		HD+B20	5

laufend > Aufwand pro Sicherungsvorgang

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	60.0			HD	3
Band	120.0	180.0 Minuten	-> 1	Band	2
DVD	60.0	120.0 Minuten	-> 2	DVD	3
Belichtung	120.0	60.0 Minuten	-> 3	Belichtung	2
HD+Belichtung	180.0	30.0 Minuten	-> 4	HD+Belichtung	1
B20	150.0	10.0 Minuten	-> 5	B20	1.5
HD+B20	210.0	Threshold stepping: Linear		HD+B20	0

Verifikation > Frequenz der Notwendigkeit

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	1.0			HD	1
Band	12.0	1.0 Monate	-> 1	Band	4
DVD	6.0	3.0 Monate	-> 2	DVD	3
Belichtung	36.0	6.0 Monate	-> 3	Belichtung	5
HD+Belichtung	1.0	12.0 Monate	-> 4	HD+Belichtung	1
B20	36.0	24.0 Monate	-> 5	B20	5
HD+B20	1.0	Threshold stepping: Linear		HD+B20	1

Verifikation > Aufwand

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	30.0			HD	4
Band	90.0	180.0 Minuten	-> 1	Band	2.5
DVD	60.0	120.0 Minuten	-> 2	DVD	3
Belichtung	30.0	60.0 Minuten	-> 3	Belichtung	4
HD+Belichtung	60.0	30.0 Minuten	-> 4	HD+Belichtung	3
		15.0 Minuten	-> 5		

Alternatives	Single	Threshold stepping: Linear	Alternatives	Single (=Aggregated)
B20	15.0		B20	5
HD+B20	45.0		HD+B20	3.5

Prozess > Komplexität

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	komplex			HD	1
Band	komplex			Band	1
DVD	komplex	einfach	-> 5.0	DVD	1
Belichtung	einfach	mittel	-> 3.0	Belichtung	5
HD+Belichtung	komplex	komplex	-> 1.0	HD+Belichtung	1
B20	mittel			B20	3
HD+B20	komplex			HD+B20	1

Prozess > Stabilität des Datenträgers

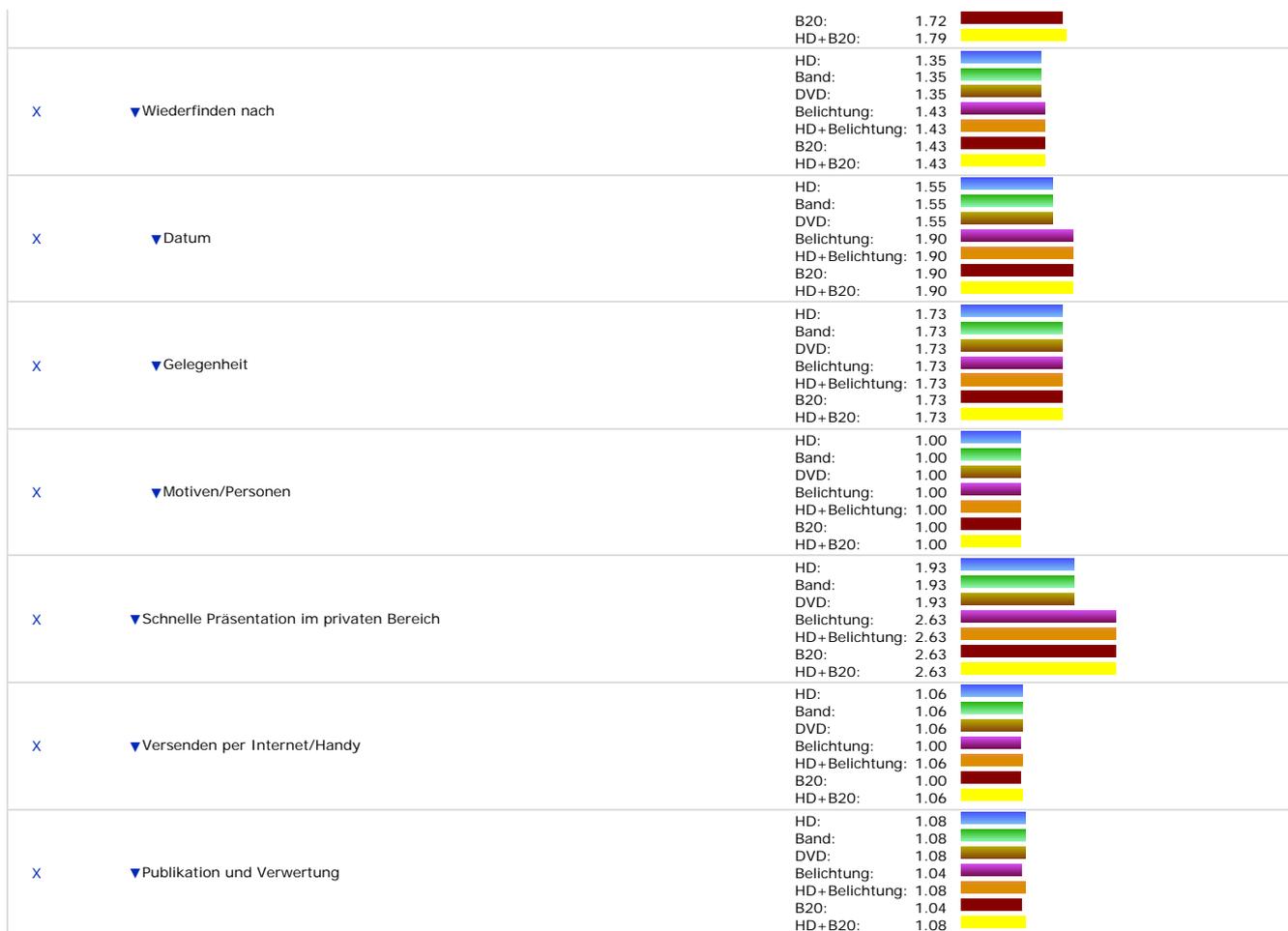
Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3			HD	3
Band	4	1.0	-> 1	Band	4
DVD	1	2.0	-> 2	DVD	1
Belichtung	5	3.0	-> 3	Belichtung	5
HD+Belichtung	5	4.0	-> 4	HD+Belichtung	5
B20	5	5.0	-> 5	B20	5
HD+B20	5	Threshold stepping: Steps		HD+B20	5

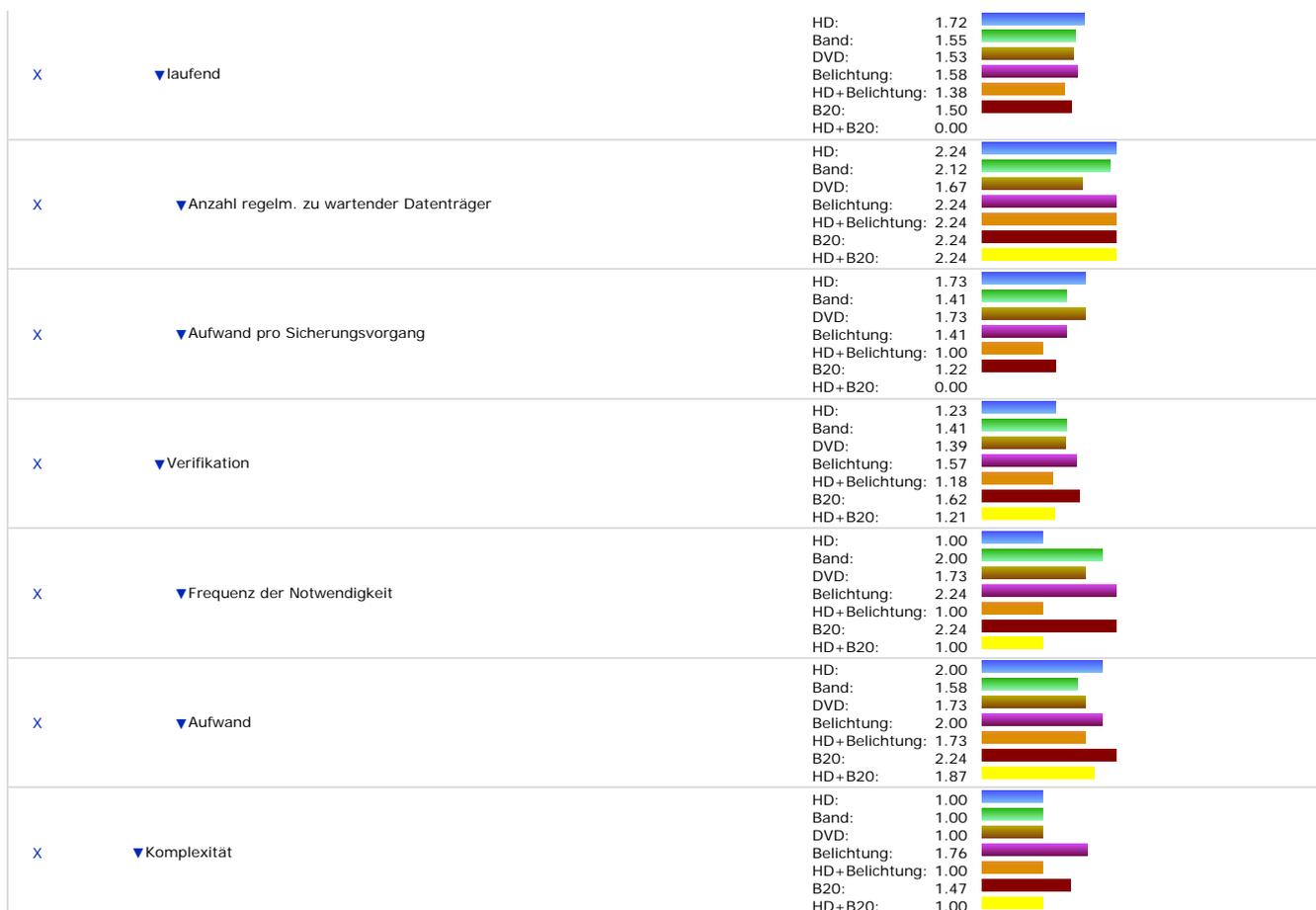
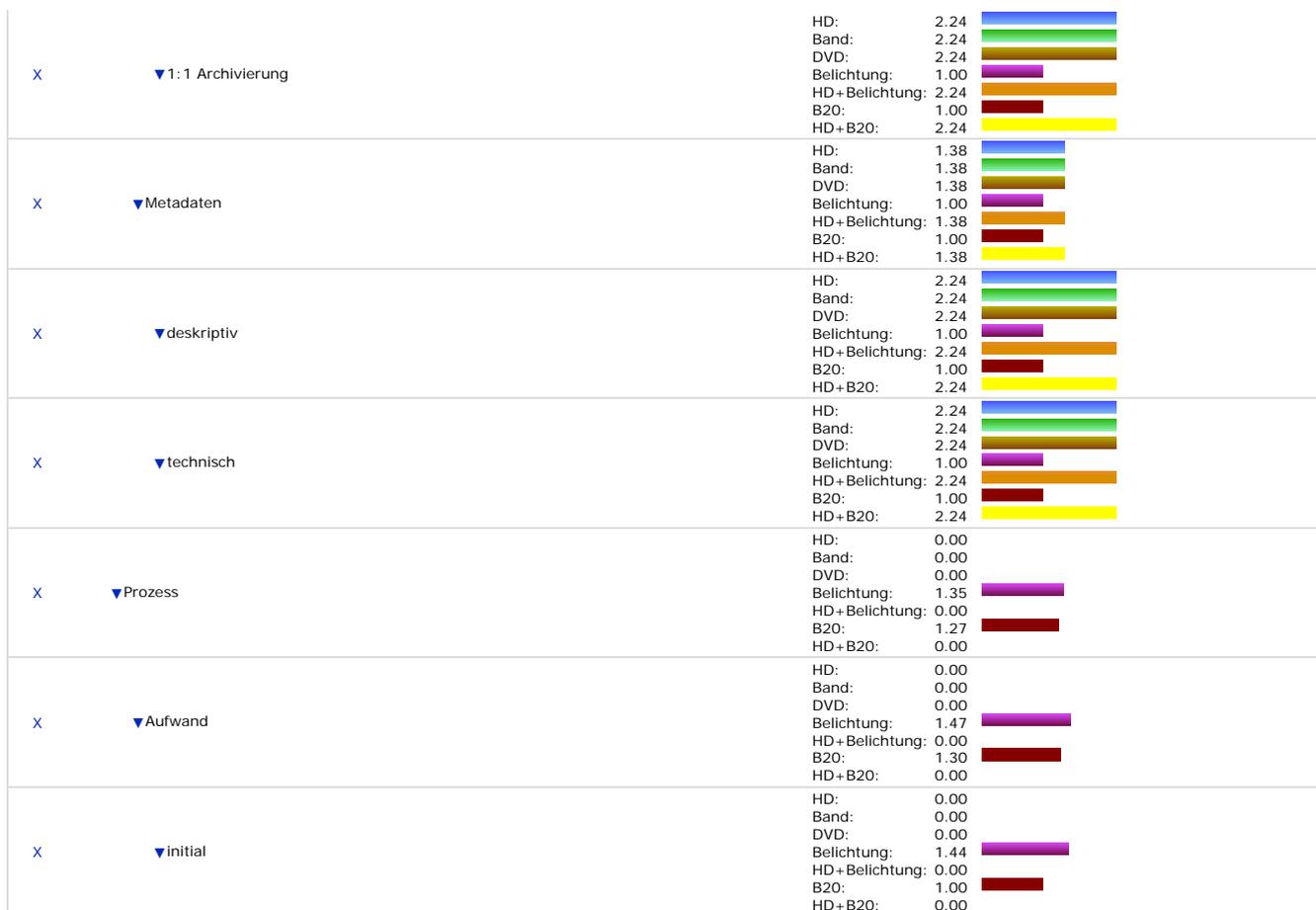
Result-Tree with all Alternatives, Aggregation method: Weighted multiplication

[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Anforderungen technologieaverser Nutzer

Focus	Name	Result
▼	Anforderungen technologieaverser Nutzer	HD: 0.00 Band: 0.00 DVD: 0.00 Belichtung: 3.26 HD+Belichtung: 0.00 B20: 3.52 HD+B20: 0.00
X	▼ Zugriff und Verwendung	HD: 1.55 Band: 1.55 DVD: 1.55 Belichtung: 1.72 HD+Belichtung: 1.79





X	▼ Stabilität des Datenträgers	HD: 1.47 Band: 1.62 DVD: 1.00 Belichtung: 1.76 HD+Belichtung: 1.76 B20: 1.76 HD+B20: 1.76
---	-------------------------------	---

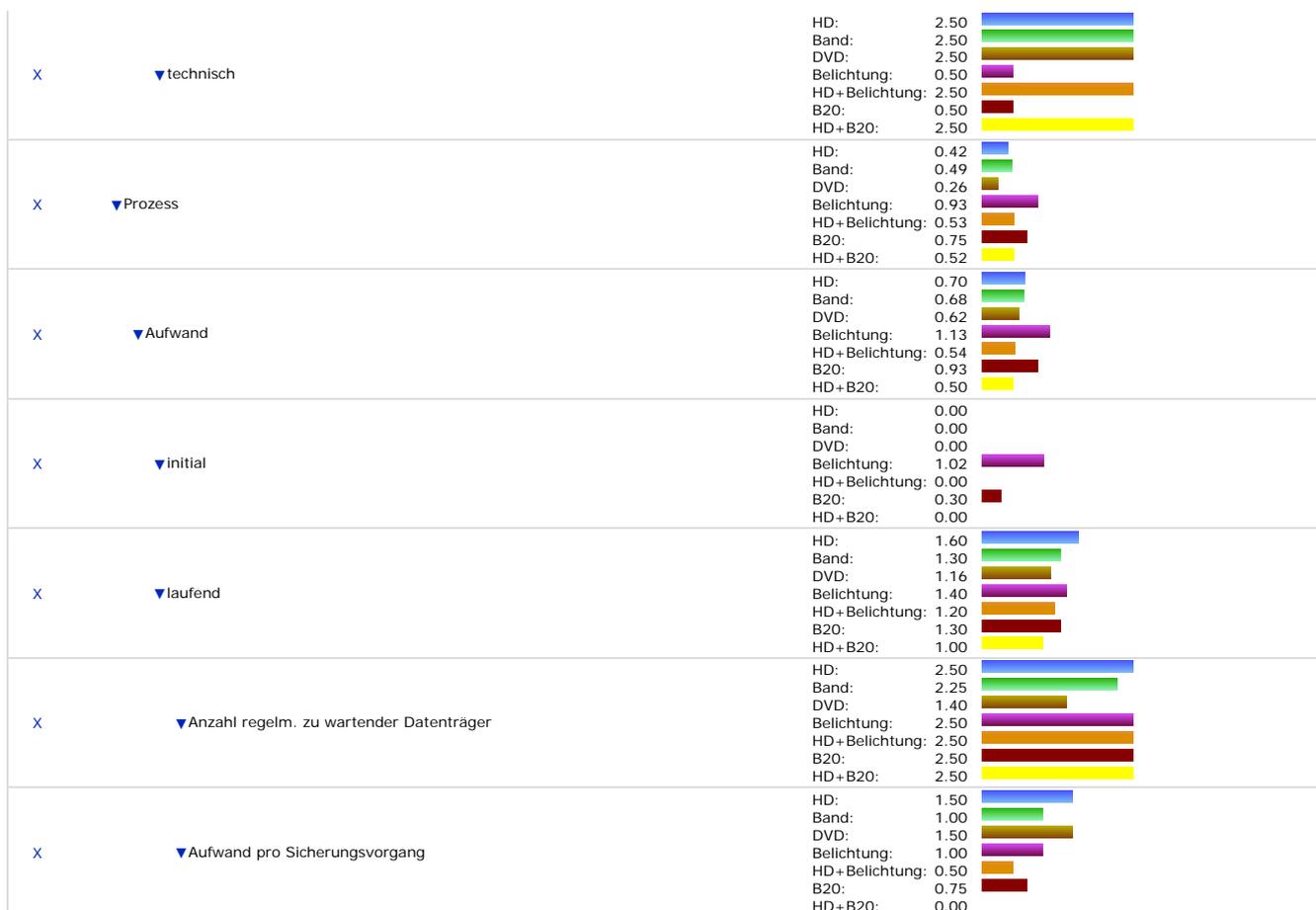
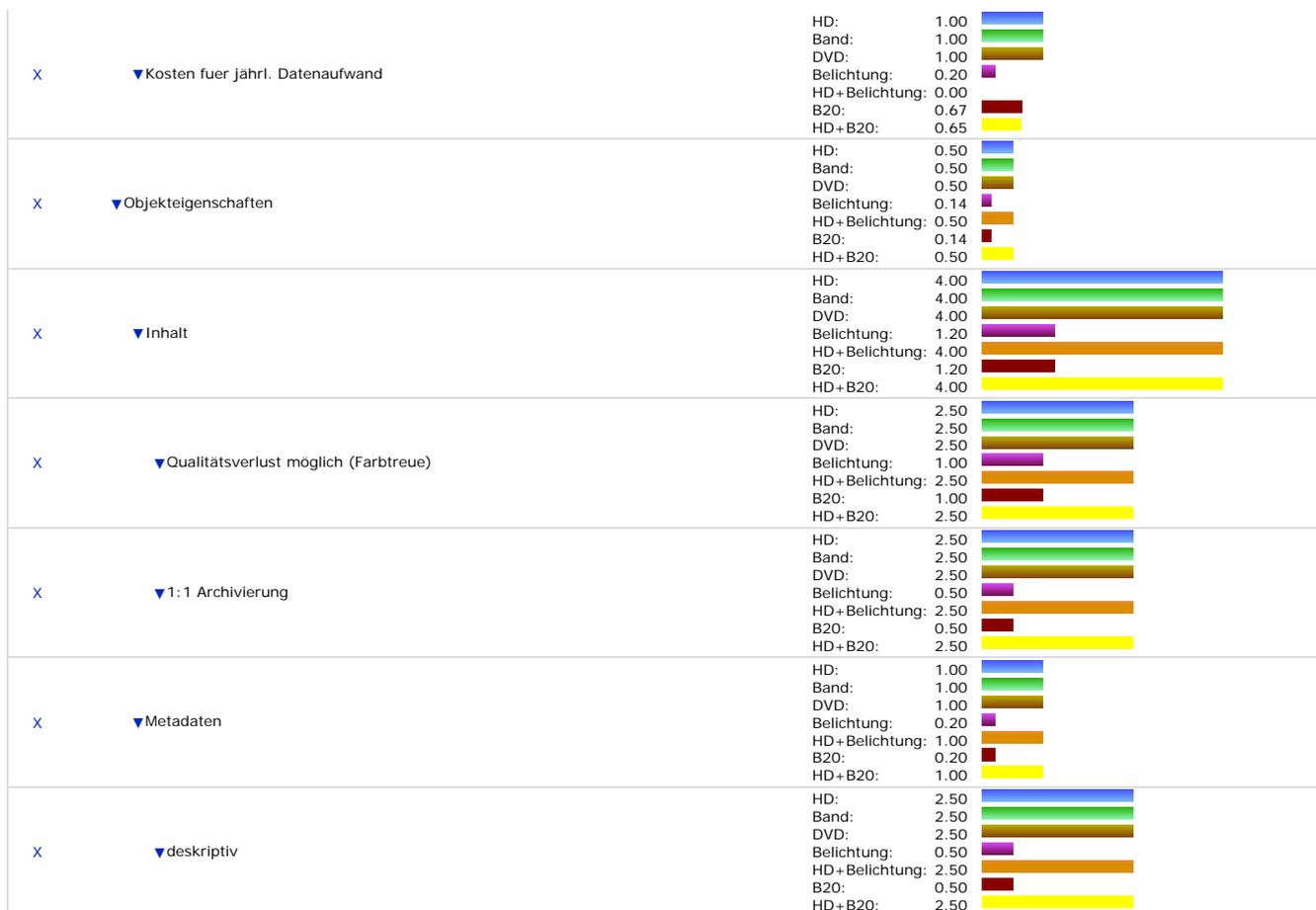
Result-Tree with all Alternatives, Aggregation method: Weighted sum

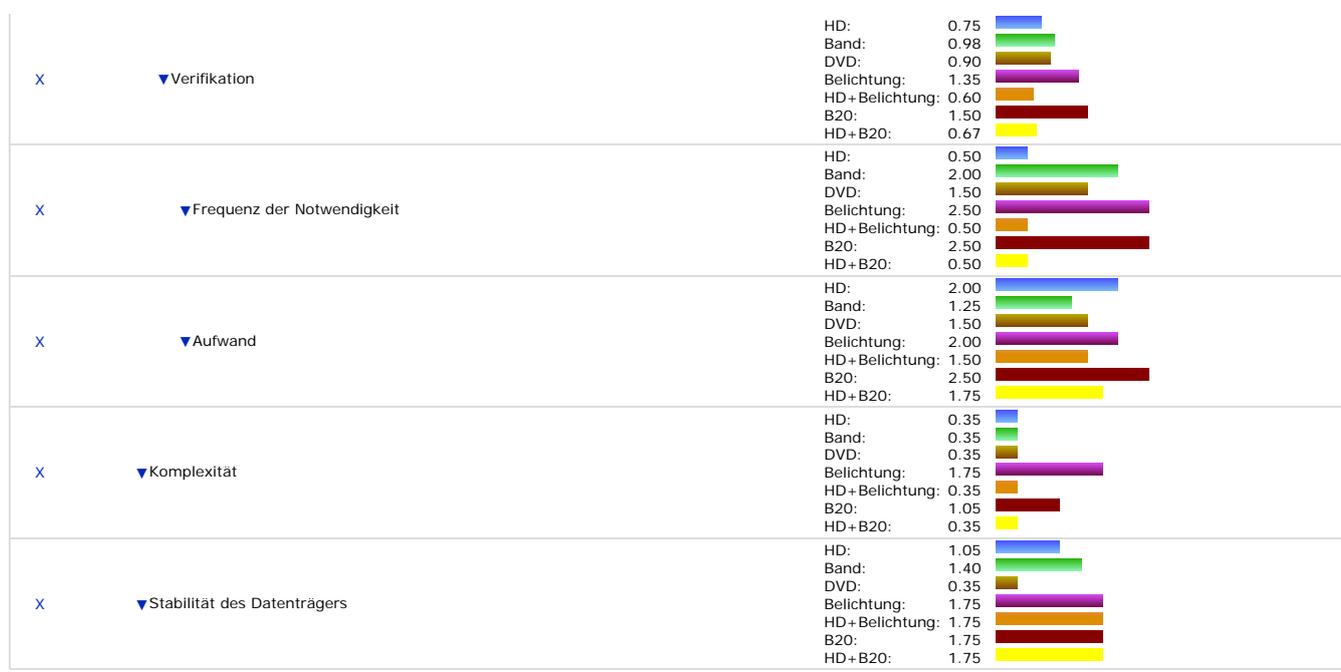
Expand All | Collapse All

Anforderungen technologieaverser Nutzer

Focus	Name	Result
	▼ Anforderungen technologieaverser Nutzer	HD: 2.62 Band: 2.86 DVD: 2.46 Belichtung: 3.80 HD+Belichtung: 3.00 B20: 3.92 HD+B20: 3.19
X	▼ Zugriff und Verwendung	HD: 1.22 Band: 1.22 DVD: 1.22 Belichtung: 1.69 HD+Belichtung: 1.79 B20: 1.69 HD+B20: 1.79
X	▼ Wiederfinden nach	HD: 0.84 Band: 0.84 DVD: 0.84 Belichtung: 1.08 HD+Belichtung: 1.08 B20: 1.08 HD+B20: 1.08
X	▼ Datum	HD: 1.20 Band: 1.20 DVD: 1.20 Belichtung: 2.00 HD+Belichtung: 2.00 B20: 2.00 HD+B20: 2.00
X	▼ Gelegenheit	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 1.50 HD+Belichtung: 1.50 B20: 1.50 HD+B20: 1.50

X	▼ Motiven/Personen	HD: 0.10 Band: 0.10 DVD: 0.10 Belichtung: 0.10 HD+Belichtung: 0.10 B20: 0.10 HD+B20: 0.10
X	▼ Schnelle Präsentation im privaten Bereich	HD: 1.80 Band: 1.80 DVD: 1.80 Belichtung: 3.00 HD+Belichtung: 3.00 B20: 3.00 HD+B20: 3.00
X	▼ Versenden per Internet/Handy	HD: 0.15 Band: 0.15 DVD: 0.15 Belichtung: 0.05 HD+Belichtung: 0.15 B20: 0.05 HD+B20: 0.15
X	▼ Publikation und Verwertung	HD: 0.25 Band: 0.25 DVD: 0.25 Belichtung: 0.10 HD+Belichtung: 0.25 B20: 0.10 HD+B20: 0.25
X	▼ Kosten	HD: 0.48 Band: 0.66 DVD: 0.48 Belichtung: 1.04 HD+Belichtung: 0.18 B20: 1.34 HD+B20: 0.37
X	▼ initial	HD: 0.00 Band: 0.00 DVD: 0.00 Belichtung: 0.28 HD+Belichtung: 0.00 B20: 0.80 HD+B20: 0.00
X	▼ Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	HD: 0.60 Band: 1.20 DVD: 0.60 Belichtung: 3.00 HD+Belichtung: 0.60 B20: 3.00 HD+B20: 0.60





Anhang B

Dokumentation der Evaluierung durchschnittlicher Nutzer

Project Report for Fotostudie durchschnittliche Nutzer

Report creation date: Dec 4, 2007 10:55:28 PM

Project name: Fotostudie durchschnittliche Nutzer
Current Project State: Analyzed
Project description: Evaluierung für die Gruppe durchschnittlicher Nutzer
Author of the project: Christoph Becker, Andreas Rauber
Organization: TU Wien, Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme

- [Basis](#)
- [Sample Records](#)
- [Requirements](#)
- [Alternatives](#)
- [Go-Decision](#)
- [Experiments](#)
- [Evaluation & Transformation](#)
- [Results: Weighted multiplication](#)
- [Results: Weighted sum](#)

Number of objects: 5000-10000 initial, 1000-5000 p.a. Annahme: 7000/3000 p.a. Annahme Datenmenge: 21GB, 9GB pro Jahr
Document types: 100% JPEG, 8 Megapixel, 3 MB
Environment: Digitale Kompaktkamera
Description: Beispiel

Name	Short name	Data
Foto	Foto	No data

[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Node	Weight	Total weight	Single	Scale	Restriction	Unit
▼ Anforderungen	1	1				
▼ Zugriff und Verwendung	0.3	0.3				
▼ Wiederfinden nach	0.3	0.09				
▼ Datum	0.4	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Gelegenheit	0.3	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Motiven/Personen	0.3	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Schnelle Präsentation im privaten Bereich	0.3	0.09	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Versenden per Internet/Handy	0.3	0.09	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Publikation und Verwertung	0.1	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	direkt, nach Umwandlung	
▼ Kosten	0.25	0.25				
▼ initial	0.4	0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Euro
▼ Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	0.2	0.05	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Jahre
▼ Kosten fuer jährl. Datenaufwand	0.4	0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Euro
▼ Objekteigenschaften	0.3	0.3				
▼ Inhalt	0.7	0.21				
▼ Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)	0.7	0.15	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	

▼ 1:1 Archivierung	0.3	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ Metadaten	0.3	0.09				
▼ deskriptiv	0.9	0.08	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ technisch	0.1	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ Prozess	0.15	0.15				
▼ Aufwand	0.4	0.06				
▼ initial	0.3	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Stunden
▼ laufend	0.4	0.02				
▼ Anzahl regelm. zu wartender Datenträger	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Stück
▼ Aufwand pro Sicherungsvorgang	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Minuten
▼ Verifikation	0.3	0.02				
▼ Frequenz der Notwendigkeit	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Monate
▼ Aufwand	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Minuten
▼ Komplexität	0.2	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	einfach, mittel, komplex	
▼ Stabilität des Datenträgers	0.4	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Restricted integer	between 0 and 5	

Name	Description	Mandatory resources	Invocation parameters	Enhancements
HD	externe Festplatte 80GB, getrennt aufbewahrt			
Band	externe Bandsicherung auf Quantum DLT 40GB			
DVD	zweifache Sicherung auf archival-grade DVDs mit Plextor Brenner			
Belichtung	Ausbelichtung *aller* Fotos auf Papier			
HD+Belichtung	Kombination analog+digital: Ausbelichtung aller Fotos und externe Festplatte			
B20	Belichtung der wichtigsten Fotos (20%)			
HD+B20	Kombination analog+digital: Ausbelichtung der wichtigsten Fotos (20%) und externe Festplatte			
Decision:	GO			
Reason:	Evaluierung aller Alternativen ist möglich			
Action needed:	keine			

Alternative	Experiment description	Run description
HD		
Band		
DVD		
Belichtung		
HD+Belichtung		
B20		
HD+B20		

Wiederfinden nach > Datum

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	problemlos	problemlos	-> 5.0	HD	5

Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
Band	problemlos			Band	5
DVD	problemlos			DVD	5
Belichtung	problemlos	möglich	-> 3.0	Belichtung	5
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 0.0	HD+Belichtung	5
B20	problemlos			B20	5
HD+B20	problemlos			HD+B20	5

Wiederfinden nach > Gelegenheit

Results				Transformed Results		
Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	problemlos				HD	5
Band	problemlos				Band	5
DVD	problemlos	problemlos		-> 5.0	DVD	5
Belichtung	möglich	möglich		-> 3.0	Belichtung	3
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig		-> 0.0	HD+Belichtung	5
B20	möglich				B20	3
HD+B20	problemlos				HD+B20	5

Wiederfinden nach > Motiven/Personen

Results				Transformed Results		
Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	problemlos				HD	5
Band	problemlos				Band	5
DVD	problemlos	problemlos		-> 5.0	DVD	5
Belichtung	aufwendig	möglich		-> 3.0	Belichtung	1
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig		-> 1.0	HD+Belichtung	5
B20	aufwendig				B20	1
HD+B20	problemlos				HD+B20	5

Zugriff und Verwendung > Schnelle Präsentation im privaten Bereich

Results				Transformed Results		
Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	problemlos				HD	5
Band	problemlos				Band	5
DVD	problemlos	problemlos		-> 5.0	DVD	5
Belichtung	problemlos	möglich		-> 3.0	Belichtung	5
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig		-> 1.0	HD+Belichtung	5
B20	problemlos				B20	5

Alternatives	Single	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD+B20	problemlos	HD+B20	5

Zugriff und Verwendung > Versenden per Internet/Handy

Results				Transformed Results		
Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	problemlos				HD	5
Band	problemlos				Band	5
DVD	problemlos	problemlos		-> 5.0	DVD	5
Belichtung	aufwendig	möglich		-> 3.0	Belichtung	1
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig		-> 1.0	HD+Belichtung	5
B20	aufwendig				B20	1
HD+B20	problemlos				HD+B20	5

Zugriff und Verwendung > Publikation und Verwertung

Results				Transformed Results		
Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	direkt				HD	5
Band	direkt				Band	5
DVD	direkt	direkt		-> 5.0	DVD	5
Belichtung	nach Umwandlung	nach Umwandlung		-> 2.0	Belichtung	2
HD+Belichtung	direkt				HD+Belichtung	5
B20	nach Umwandlung				B20	2
HD+B20	direkt				HD+B20	5

Kosten > initial

Results				Transformed Results		
Alternatives	Single	Transformer	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	50.0				HD	4
Band	250.0	500.0 Euro		-> 1	Band	2
DVD	50.0	250.0 Euro		-> 2	DVD	4
Belichtung	700.0	120.0 Euro		-> 3	Belichtung	0
HD+Belichtung	750.0	50.0 Euro		-> 4	HD+Belichtung	0
B20	0.0	20.0 Euro		-> 5	B20	5
HD+B20	0.0	Threshold stepping: Linear			HD+B20	5

Kosten > Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels

Results				Transformed Results		
Alternatives	Single	Transformer	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)

Alternatives	Single			Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3.0	3.0 Jahre	-> 1	HD	1
Band	5.0	5.0 Jahre	-> 2	Band	2
DVD	3.0	10.0 Jahre	-> 3	DVD	1
Belichtung	50.0	30.0 Jahre	-> 4	Belichtung	5
HD+Belichtung	3.0	50.0 Jahre	-> 5	HD+Belichtung	1
B20	50.0	Threshold stepping: Linear		B20	5
HD+B20	3.0			HD+B20	1

Kosten > Kosten fuer jährl. Datenaufwand

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5.625	200.0 Euro	-> 1	HD	5
Band	5.625	100.0 Euro	-> 2	Band	5
DVD	7.7	50.0 Euro	-> 3	DVD	5
Belichtung	300.0	20.0 Euro	-> 4	Belichtung	0
HD+Belichtung	305.625	10.0 Euro	-> 5	HD+Belichtung	0
B20	60.0	Threshold stepping: Linear		B20	2.8
HD+B20	65.0			HD+B20	2.7

Inhalt > Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	No	Yes	-> 2.0	HD	5
Band	No	No	-> 5.0	Band	5
DVD	No			DVD	5
Belichtung	Yes			Belichtung	2
HD+Belichtung	No			HD+Belichtung	5
B20	Yes			B20	2
HD+B20	No			HD+B20	5

Inhalt > 1:1 Archivierung

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 3.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	3
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5

Alternatives	Single	Alternatives	Single (=Aggregated)
B20	No	B20	3
HD+B20	Yes	HD+B20	5

Metadaten > deskriptiv

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	1
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5
B20	No			B20	1
HD+B20	Yes			HD+B20	5

Metadaten > technisch

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 3.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	3
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5
B20	No			B20	3
HD+B20	Yes			HD+B20	5

Aufwand > initial

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3.0	20.0 Stunden	-> 1	HD	4
Band	5.0	10.0 Stunden	-> 2	Band	3
DVD	6.0	5.0 Stunden	-> 3	DVD	2.8
Belichtung	5.0	3.0 Stunden	-> 4	Belichtung	3
HD+Belichtung	8.0	1.0 Stunden	-> 5	HD+Belichtung	2.4
B20	15.0	Threshold stepping: Linear		B20	1.5
HD+B20	18.0			HD+B20	1.2

laufend > Anzahl regelm. zu wartender Datenträger

Results	Transformer	Transformed Results
---------	-------------	---------------------

Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	1.0			HD	5
Band	2.0	40.0 Stück	-> 1	Band	4.75
DVD	15.0	20.0 Stück	-> 2	DVD	2.5
Belichtung	0.0	10.0 Stück	-> 3	Belichtung	5
HD+Belichtung	1.0	5.0 Stück	-> 4	HD+Belichtung	5
B20	0.0	1.0 Stück	-> 5	B20	5
HD+B20	1.0	Threshold stepping: Linear		HD+B20	5

laufend > Aufwand pro Sicherungsvorgang

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	30.0			HD	4		
Band	60.0	180.0 Minuten	-> 1	Band	3		
DVD	45.0	120.0 Minuten	-> 2	DVD	3.5		
Belichtung	90.0	60.0 Minuten	-> 3	Belichtung	2.5		
HD+Belichtung	120.0	30.0 Minuten	-> 4	HD+Belichtung	2		
B20	120.0	10.0 Minuten	-> 5	B20	2		
HD+B20	150.0	Threshold stepping: Linear		HD+B20	1.5		

Verifikation > Frequenz der Notwendigkeit

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	1.0			HD	1		
Band	12.0	1.0 Monate	-> 1	Band	4		
DVD	6.0	3.0 Monate	-> 2	DVD	3		
Belichtung	36.0	6.0 Monate	-> 3	Belichtung	5		
HD+Belichtung	1.0	12.0 Monate	-> 4	HD+Belichtung	1		
B20	36.0	24.0 Monate	-> 5	B20	5		
HD+B20	1.0	Threshold stepping: Linear		HD+B20	1		

Verifikation > Aufwand

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	15.0			HD	5		
Band	60.0	120.0 Minuten	-> 2	Band	3		
DVD	150.0	60.0 Minuten	-> 3	DVD	1.5		
Belichtung	30.0	30.0 Minuten	-> 4	Belichtung	4		
HD+Belichtung	45.0	15.0 Minuten	-> 5	HD+Belichtung	3.5		

Alternatives	Single	Threshold stepping: Linear	Alternatives	Single (=Aggregated)
B20	15.0		B20	5
HD+B20	30.0		HD+B20	4

Prozess > Komplexität

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	einfach			HD	5		
Band	mittel			Band	3		
DVD	mittel	einfach	-> 5.0	DVD	3		
Belichtung	einfach	mittel	-> 3.0	Belichtung	5		
HD+Belichtung	mittel	komplex	-> 1.0	HD+Belichtung	3		
B20	mittel			B20	3		
HD+B20	komplex			HD+B20	1		

Prozess > Stabilität des Datenträgers

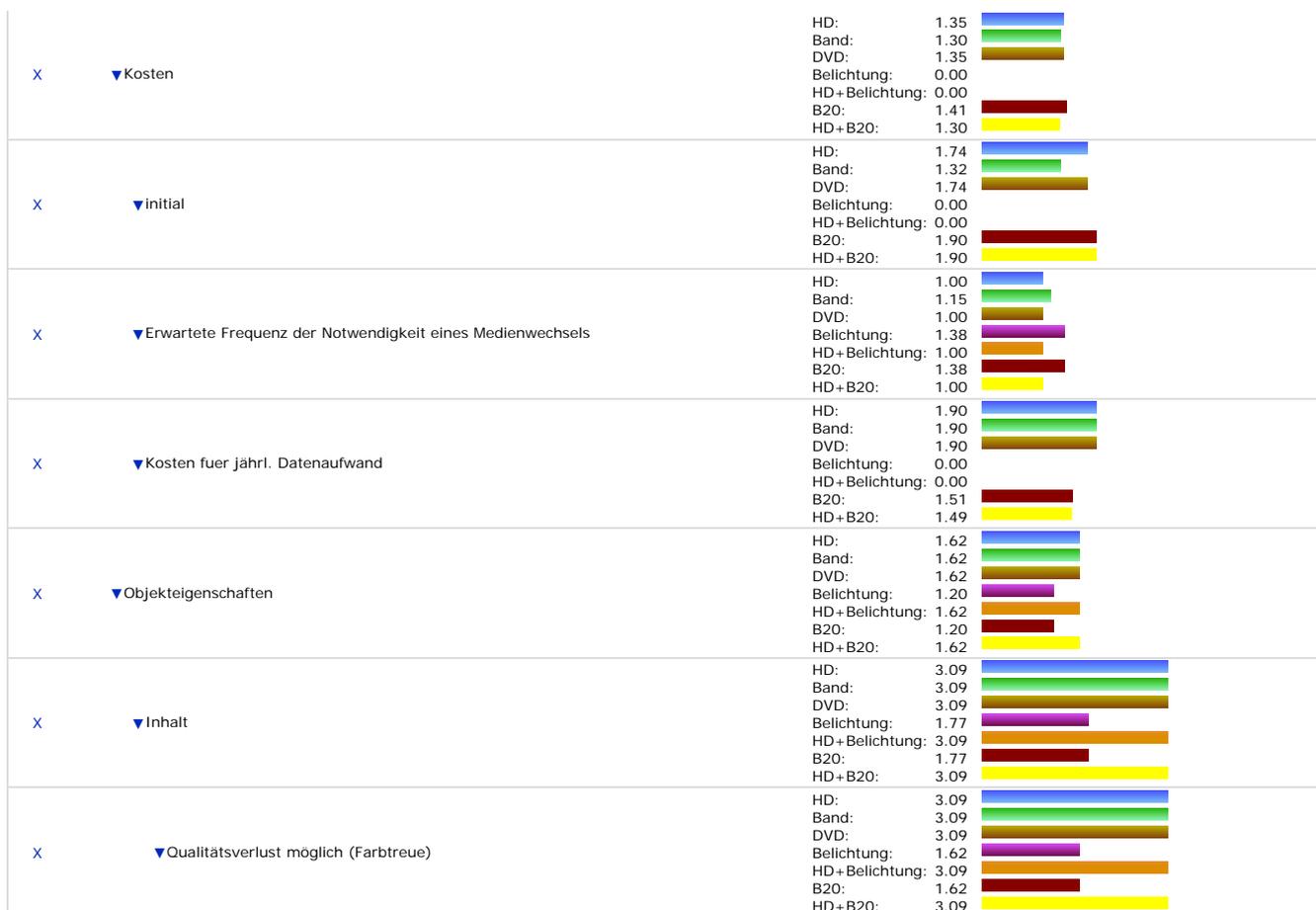
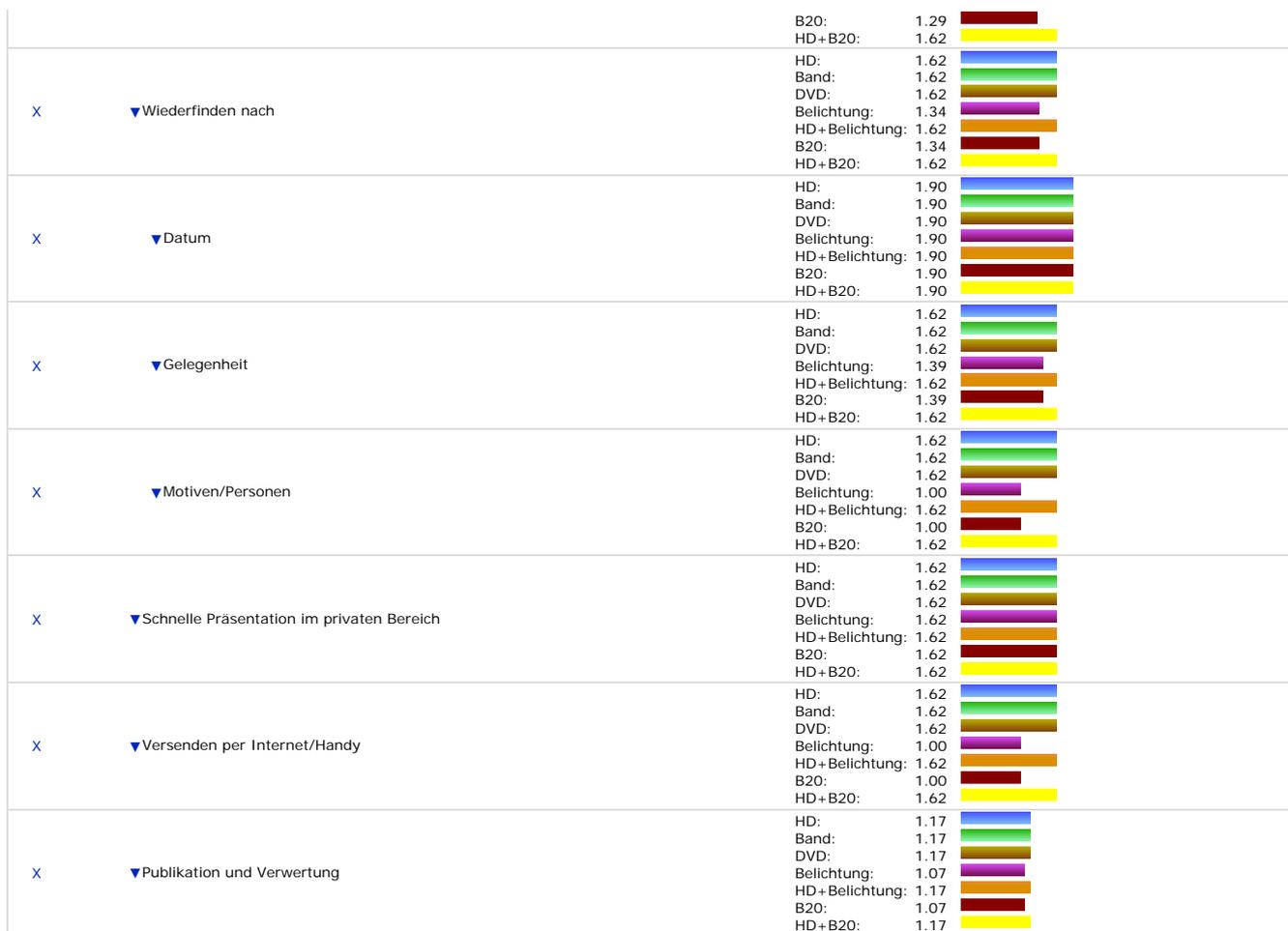
Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	3			HD	3		
Band	4	1.0	-> 1	Band	4		
DVD	1	2.0	-> 2	DVD	1		
Belichtung	5	3.0	-> 3	Belichtung	5		
HD+Belichtung	5	4.0	-> 4	HD+Belichtung	5		
B20	5	5.0	-> 5	B20	5		
HD+B20	5	Threshold stepping: Steps		HD+B20	5		

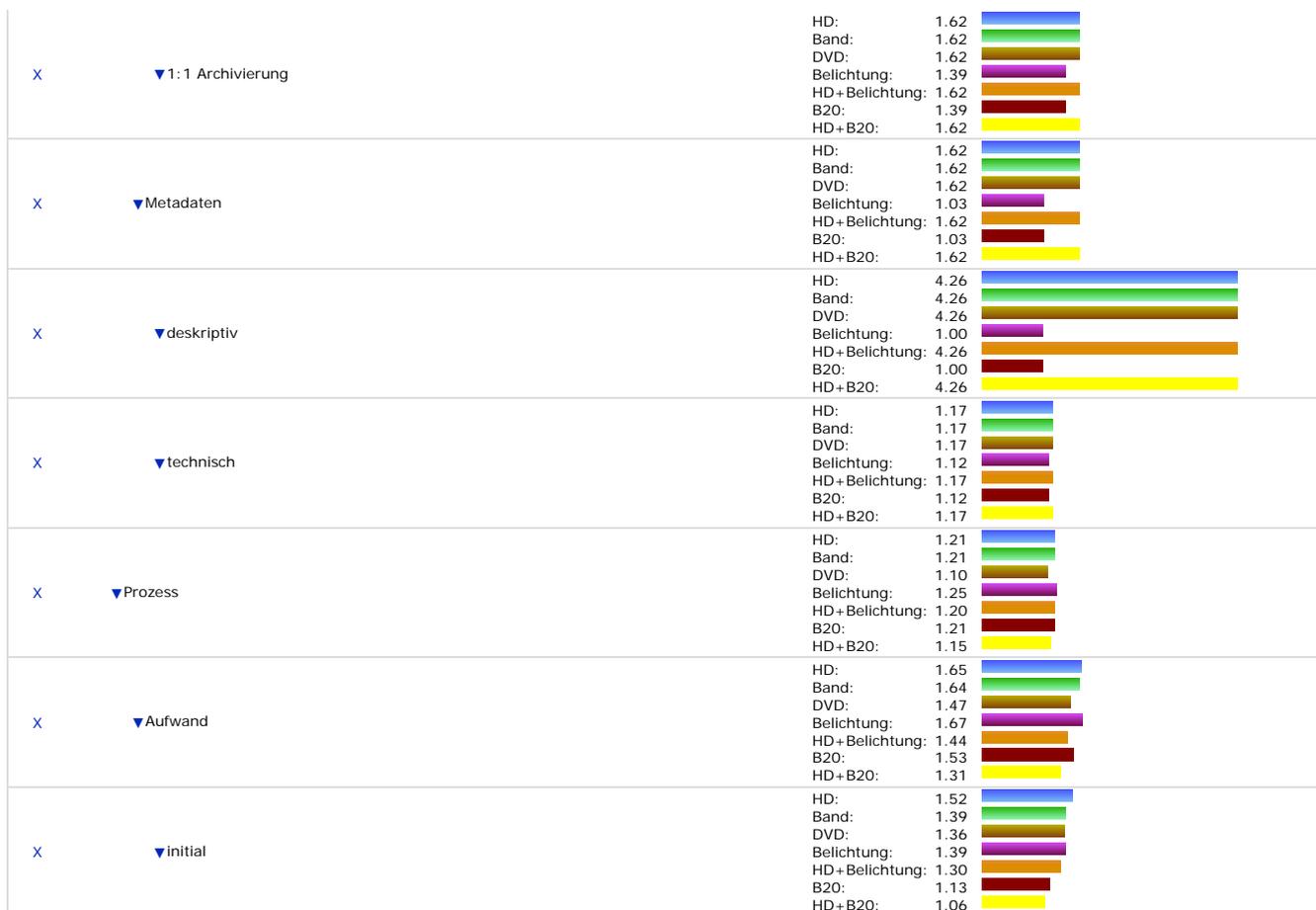
Result-Tree with all Alternatives, Aggregation method: Weighted multiplication

[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Anforderungen

Focus	Name	Result
▼ Anforderungen	HD:	4.28
	Band:	4.14
	DVD:	3.88
	Belichtung:	0.00
	HD+Belichtung:	0.00
	B20:	2.64
	HD+B20:	3.91
X ▼ Zugriff und Verwendung	HD:	1.62
	Band:	1.62
	DVD:	1.62
	Belichtung:	1.29
	HD+Belichtung:	1.62





X	▼ Stabilität des Datenträgers	HD: 1.55 Band: 1.74 DVD: 1.00 Belichtung: 1.90 HD+Belichtung: 1.90 B20: 1.90 HD+B20: 1.90	
---	-------------------------------	---	--

Result-Tree with all Alternatives, Aggregation method: Weighted sum

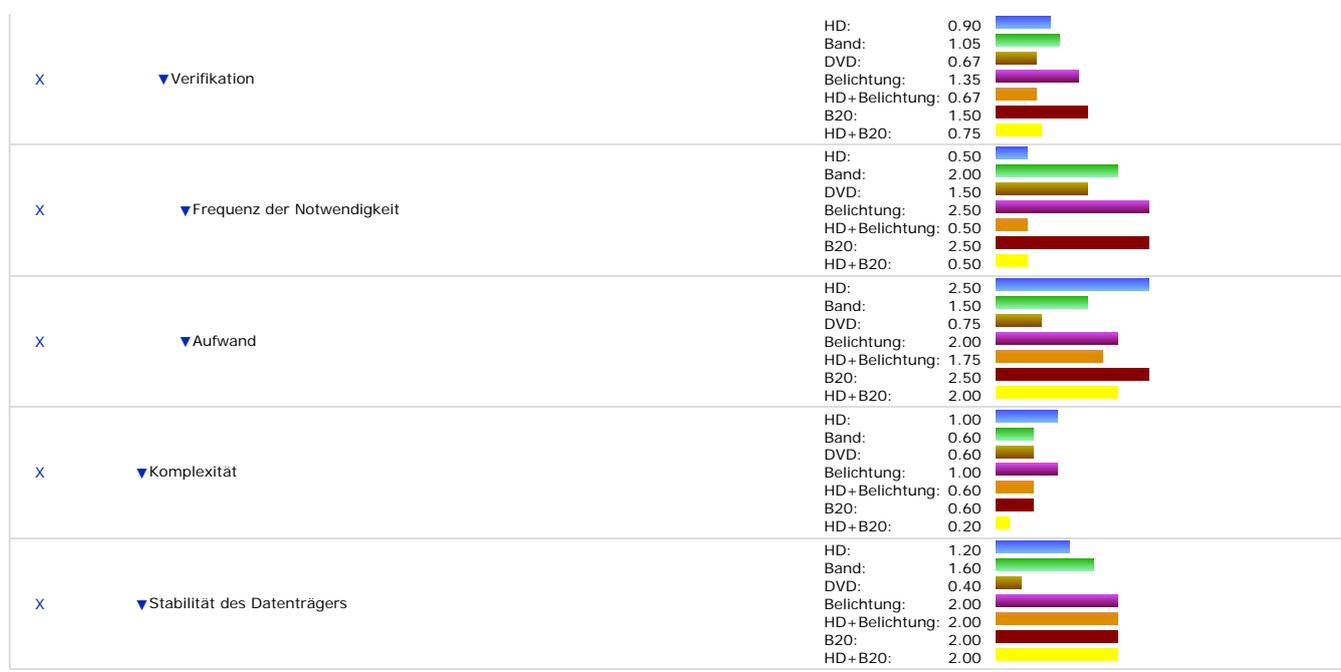
[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Anforderungen

Focus	Name	Result
	▼ Anforderungen	HD: 4.51 Band: 4.34 DVD: 4.26 Belichtung: 2.40 HD+Belichtung: 3.61 B20: 3.10 HD+B20: 4.29
X	▼ Zugriff und Verwendung	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.89 HD+Belichtung: 1.50 B20: 0.89 HD+B20: 1.50
X	▼ Wiederfinden nach	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.96 HD+Belichtung: 1.50 B20: 0.96 HD+B20: 1.50
X	▼ Datum	HD: 2.00 Band: 2.00 DVD: 2.00 Belichtung: 2.00 HD+Belichtung: 2.00 B20: 2.00 HD+B20: 2.00
X	▼ Gelegenheit	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.90 HD+Belichtung: 1.50 B20: 0.90 HD+B20: 1.50

X	▼ Motiven/Personen	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.30 HD+Belichtung: 1.50 B20: 0.30 HD+B20: 1.50	
X	▼ Schnelle Präsentation im privaten Bereich	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 1.50 HD+Belichtung: 1.50 B20: 1.50 HD+B20: 1.50	
X	▼ Versenden per Internet/Handy	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.30 HD+Belichtung: 1.50 B20: 0.30 HD+B20: 1.50	
X	▼ Publikation und Verwertung	HD: 0.50 Band: 0.50 DVD: 0.50 Belichtung: 0.20 HD+Belichtung: 0.50 B20: 0.20 HD+B20: 0.50	
X	▼ Kosten	HD: 0.95 Band: 0.80 DVD: 0.95 Belichtung: 0.25 HD+Belichtung: 0.05 B20: 1.03 HD+B20: 0.82	
X	▼ initial	HD: 1.60 Band: 0.80 DVD: 1.60 Belichtung: 0.00 HD+Belichtung: 0.00 B20: 2.00 HD+B20: 2.00	
X	▼ Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	HD: 0.20 Band: 0.40 DVD: 0.20 Belichtung: 1.00 HD+Belichtung: 0.20 B20: 1.00 HD+B20: 0.20	





Anhang C

Dokumentation der Evaluierung ambitionierter Nutzer

- The project you loaded has reached the state Analyzed. Therefore you have been directed to the subsequent workflow step.

Project Report for Fotostudie ambitionierte Nutzer

Report creation date: Dec 4, 2007 10:56:12 PM

Project name: Fotostudie ambitionierte Nutzer
Current Project State: Analyzed
Project description: Evaluierung für die Gruppe ambitionierter Nutzer
Author of the project: Christoph Becker, Andreas Rauber
Organization: TU Wien, Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme

- [Basis](#)
- [Sample Records](#)
- [Requirements](#)
- [Alternatives](#)
- [Go-Decision](#)
- [Experiments](#)
- [Evaluation & Transformation](#)
- [Results: Weighted multiplication](#)
- [Results: Weighted sum](#)

Number of objects: 10000-30000 initial, 5000-10000 p.A. Annahme: 15000/6000. Annahme Datenmenge: 60GB, 24GB p.a.
Document types: 95% JPEG, 10 MP, 4 MB; 5% RAW
Environment: anspruchsvolle Kompaktkamera bzw. DSLR mit Objektiven
Description: Beispiel

Name	Short name	Data
Foto	Foto	No data

[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Node	Weight	Total weight	Single	Scale	Restriction	Unit
▼ Anforderungen	1	1				
▼ Zugriff und Verwendung	0.3	0.3				
▼ Wiederfinden nach	0.3	0.09				
▼ Datum	0.4	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Gelegenheit	0.3	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Motiven/Personen	0.3	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Schnelle Präsentation im privaten Bereich	0.3	0.09	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Versenden per Internet/Handy	0.19	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Publikation und Verwertung	0.21	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	direkt, nach Umwandlung	
▼ Kosten	0.2	0.2				
▼ initial	0.4	0.08	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Euro
▼ Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	0.2	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Jahre
▼ Kosten fuer jährl. Datenaufwand	0.4	0.08	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Euro
▼ Objekteigenschaften	0.3	0.3				

▼ Inhalt	0.7	0.21				
▼ Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)	0.7	0.15	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ 1:1 Archivierung	0.3	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ Metadaten	0.3	0.09				
▼ deskriptiv	0.7	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ technisch	0.3	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ Prozess	0.2	0.2				
▼ Aufwand	0.4	0.08				
▼ initial	0.3	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Stunden
▼ laufend	0.4	0.03				
▼ Anzahl regelm. zu wartender Datenträger	0.5	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Stück
▼ Aufwand pro Sicherungsvorgang	0.5	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Minuten
▼ Verifikation	0.3	0.02				
▼ Frequenz der Notwendigkeit	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Monate
▼ Aufwand	0.5	0.01	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Minuten
▼ Komplexität	0.2	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	einfach, mittel, komplex	
▼ Stabilität des Datenträgers	0.4	0.08	<input checked="" type="checkbox"/>	Restricted integer	between 0 and 5	

Name	Description	Mandatory resources	Invocation parameters	Enhancements
------	-------------	---------------------	-----------------------	--------------

HD externe Festplatte 500GB, getrennt aufbewahrt
 Band externe Bandsicherung auf Quantum DLT 160GB
 DVD zweifache Sicherung auf archival-grade DVDs mit Plextor Brenner
 Belichtung Ausbelichtung *aller* Fotos auf Papier
 HD+Belichtung Kombination analog+digital: Ausbelichtung aller Fotos und externe Festplatte
 B10 Belichtung der wichtigsten Fotos (10%)
 HD+B10 Kombination analog+digital: Ausbelichtung der wichtigsten Fotos (10%) und externe Festplatte
Decision: GO
Reason: Evaluierung aller Alternativen ist möglich
Action needed: keine

Alternative	Experiment description	Run description
-------------	------------------------	-----------------

HD
 Band
 DVD
 Belichtung
 HD+Belichtung
 B10
 HD+B10

Wiederfinden nach > Datum

Results Transformer Transformed Results

Alternatives	Single			Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	problemlos			HD	5
Band	problemlos	Ordinal Value	Target Value	Band	5
DVD	problemlos	problemlos	-> 5.0	DVD	5
Belichtung	möglich	möglich	-> 3.0	Belichtung	3
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 0.0	HD+Belichtung	5
B10	möglich			B10	3
HD+B10	problemlos			HD+B10	5

Wiederfinden nach > Gelegenheit

Results

Alternatives	Single		
HD	problemlos	Transformer	
Band	problemlos	Ordinal Value	Target Value
DVD	problemlos	problemlos	-> 5.0
Belichtung	möglich	möglich	-> 3.0
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 0.0
B10	möglich		
HD+B10	problemlos		

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	3
HD+Belichtung	5
B10	3
HD+B10	5

Wiederfinden nach > Motiven/Personen

Results

Alternatives	Single		
HD	problemlos	Transformer	
Band	problemlos	Ordinal Value	Target Value
DVD	problemlos	problemlos	-> 5.0
Belichtung	aufwendig	möglich	-> 3.0
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 1.0
B10	aufwendig		
HD+B10	problemlos		

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	1
HD+Belichtung	5
B10	1
HD+B10	5

Zugriff und Verwendung > Schnelle Präsentation im privaten Bereich

Results

Alternatives	Single		
HD	problemlos	Transformer	
Band	problemlos	Ordinal Value	Target Value
DVD	problemlos	problemlos	-> 5.0
Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 1.0
HD+Belichtung	problemlos		

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	5
HD+Belichtung	5

Alternatives	Single			Alternatives	Single (=Aggregated)
B10	problemlos			B10	5
HD+B10	problemlos			HD+B10	5

Zugriff und Verwendung > Versenden per Internet/Handy

Results

Alternatives	Single		
HD	problemlos	Transformer	
Band	problemlos	Ordinal Value	Target Value
DVD	problemlos	problemlos	-> 5.0
Belichtung	aufwendig	möglich	-> 3.0
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 1.0
B10	aufwendig		
HD+B10	problemlos		

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	1
HD+Belichtung	5
B10	1
HD+B10	5

Zugriff und Verwendung > Publikation und Verwertung

Results

Alternatives	Single		
HD	direkt	Transformer	
Band	direkt	Ordinal Value	Target Value
DVD	direkt	direkt	-> 5.0
Belichtung	nach Umwandlung	nach Umwandlung	-> 2.0
HD+Belichtung	direkt		
B10	nach Umwandlung		
HD+B10	direkt		

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	2
HD+Belichtung	5
B10	2
HD+B10	5

Kosten > initial

Results

Alternatives	Single			Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	120.0	Transformer		HD	3.43
Band	500.0	Threshold	Target value	Band	1
DVD	50.0	500.0 Euro	-> 1	DVD	5
Belichtung	1500.0	250.0 Euro	-> 2	Belichtung	0
HD+Belichtung	1620.0	150.0 Euro	-> 3	HD+Belichtung	0
B10	150.0	80.0 Euro	-> 4	B10	3
HD+B10	270.0	50.0 Euro	-> 5	HD+B10	1.92
		Threshold stepping: Linear			

Kosten > Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels

Results

Transformer

Transformed Results

Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3.0	3.0 Jahre	-> 1	HD	1
Band	5.0	5.0 Jahre	-> 2	Band	2
DVD	3.0	10.0 Jahre	-> 3	DVD	1
Belichtung	50.0	30.0 Jahre	-> 4	Belichtung	5
HD+Belichtung	3.0	50.0 Jahre	-> 5	HD+Belichtung	1
B10	50.0	Threshold stepping: Linear		B10	5
HD+B10	3.0			HD+B10	1

Kosten > Kosten fuer jährl. Datenaufwand

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	2.4	300.0 Euro	-> 1	HD	5		
Band	4.5	150.0 Euro	-> 2	Band	5		
DVD	20.4	100.0 Euro	-> 3	DVD	4.99		
Belichtung	600.0	50.0 Euro	-> 4	Belichtung	0		
HD+Belichtung	602.4	20.0 Euro	-> 5	HD+Belichtung	0		
B10	60.0	Threshold stepping: Linear		B10	3.8		
HD+B10	62.4			HD+B10	3.75		

Inhalt > Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	No	Yes	-> 2.0	HD	5		
Band	No	No	-> 5.0	Band	5		
DVD	No			DVD	5		
Belichtung	Yes			Belichtung	2		
HD+Belichtung	No			HD+Belichtung	5		
B10	Yes			B10	2		
HD+B10	No			HD+B10	5		

Inhalt > 1:1 Archivierung

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5		
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5		
DVD	Yes			DVD	5		
Belichtung	No			Belichtung	1		
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5		

Alternatives	Single	Alternatives	Single (=Aggregated)
B10	No	B10	1
HD+B10	Yes	HD+B10	5

Metadaten > deskriptiv

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5		
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5		
DVD	Yes			DVD	5		
Belichtung	No			Belichtung	1		
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5		
B10	No			B10	1		
HD+B10	Yes			HD+B10	5		

Metadaten > technisch

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5		
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5		
DVD	Yes			DVD	5		
Belichtung	No			Belichtung	1		
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5		
B10	No			B10	1		
HD+B10	Yes			HD+B10	5		

Aufwand > initial

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	3.0	40.0 Stunden	-> 1	HD	4.67		
Band	5.0	20.0 Stunden	-> 2	Band	4		
DVD	7.0	10.0 Stunden	-> 3	DVD	3.6		
Belichtung	8.0	5.0 Stunden	-> 4	Belichtung	3.4		
HD+Belichtung	11.0	2.0 Stunden	-> 5	HD+Belichtung	2.9		
B10	20.0	Threshold stepping: Linear		B10	2		
HD+B10	23.0			HD+B10	1.85		

laufend > Anzahl regelm. zu wartender Datenträger

Results	Transformer	Transformed Results
---------	-------------	---------------------

Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	1.0			HD	5
Band	2.0	40.0 Stück	-> 1	Band	4.75
DVD	30.0	20.0 Stück	-> 2	DVD	1.5
Belichtung	0.0	10.0 Stück	-> 3	Belichtung	5
HD+Belichtung	1.0	5.0 Stück	-> 4	HD+Belichtung	5
B10	0.0	1.0 Stück	-> 5	B10	5
HD+B10	1.0	Threshold stepping: Linear		HD+B10	5

laufend > Aufwand pro Sicherungsvorgang

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	30.0			HD	4		
Band	60.0	180.0 Minuten	-> 1	Band	3		
DVD	30.0	120.0 Minuten	-> 2	DVD	4		
Belichtung	120.0	60.0 Minuten	-> 3	Belichtung	2		
HD+Belichtung	150.0	30.0 Minuten	-> 4	HD+Belichtung	1.5		
B10	150.0	10.0 Minuten	-> 5	B10	1.5		
HD+B10	180.0	Threshold stepping: Linear		HD+B10	1		

Verifikation > Frequenz der Notwendigkeit

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	1.0			HD	1		
Band	12.0	1.0 Monate	-> 1	Band	4		
DVD	6.0	3.0 Monate	-> 2	DVD	3		
Belichtung	36.0	6.0 Monate	-> 3	Belichtung	5		
HD+Belichtung	1.0	12.0 Monate	-> 4	HD+Belichtung	1		
B10	36.0	24.0 Monate	-> 5	B10	5		
HD+B10	1.0	Threshold stepping: Linear		HD+B10	1		

Verifikation > Aufwand

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	15.0	180.0 Minuten	-> 1	HD	5		
Band	60.0	120.0 Minuten	-> 2	Band	3		
DVD	300.0	60.0 Minuten	-> 3	DVD	0		
Belichtung	60.0	30.0 Minuten	-> 4	Belichtung	3		
HD+Belichtung	75.0	15.0 Minuten	-> 5	HD+Belichtung	2.75		

Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
B10	30.0	Threshold stepping: Linear		B10	4
HD+B10	45.0			HD+B10	3.5

Prozess > Komplexität

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	einfach			HD	5		
Band	mittel			Band	3		
DVD	komplex	einfach	-> 5.0	DVD	1		
Belichtung	mittel	mittel	-> 3.0	Belichtung	3		
HD+Belichtung	mittel	komplex	-> 1.0	HD+Belichtung	3		
B10	mittel			B10	3		
HD+B10	komplex			HD+B10	1		

Prozess > Stabilität des Datenträgers

Results				Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)		
HD	3			HD	3		
Band	4	1.0	-> 1	Band	4		
DVD	1	2.0	-> 2	DVD	1		
Belichtung	5	3.0	-> 3	Belichtung	5		
HD+Belichtung	5	4.0	-> 4	HD+Belichtung	5		
B10	5	5.0	-> 5	B10	5		
HD+B10	5	Threshold stepping: Steps		HD+B10	5		

Result-Tree with all Alternatives, Aggregation method: Weighted multiplication

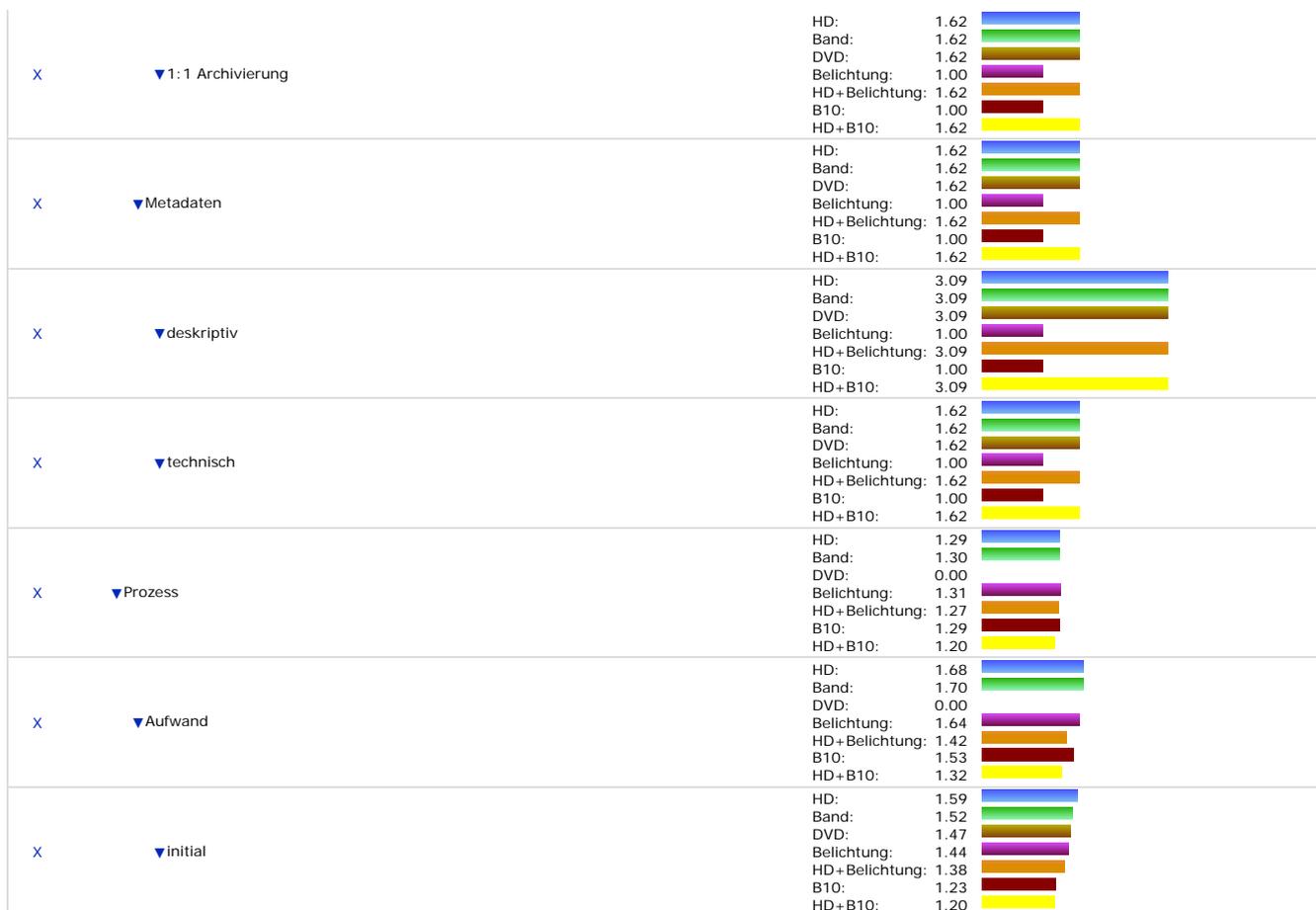
[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Anforderungen

Focus	Name	Result
▼ Anforderungen	HD:	4.26
	Band:	3.99
	DVD:	0.00
	Belichtung:	0.00
	HD+Belichtung:	0.00
	B10:	2.40
	HD+B10:	3.70
X ▼ Zugriff und Verwendung	HD:	1.62
	Band:	1.62
	DVD:	1.62
	Belichtung:	1.29
	HD+Belichtung:	1.62

		B10: 1.29	
		HD+B10: 1.62	
X	▼Wiederfinden nach	HD: 1.62	
		Band: 1.62	
		DVD: 1.62	
		Belichtung: 1.26	
		HD+Belichtung: 1.62	
		B10: 1.26	
		HD+B10: 1.62	
X	▼Datum	HD: 1.90	
		Band: 1.90	
		DVD: 1.90	
		Belichtung: 1.55	
		HD+Belichtung: 1.90	
		B10: 1.55	
		HD+B10: 1.90	
X	▼Gelegenheit	HD: 1.62	
		Band: 1.62	
		DVD: 1.62	
		Belichtung: 1.39	
		HD+Belichtung: 1.62	
		B10: 1.39	
		HD+B10: 1.62	
X	▼Motiven/Personen	HD: 1.62	
		Band: 1.62	
		DVD: 1.62	
		Belichtung: 1.00	
		HD+Belichtung: 1.62	
		B10: 1.00	
		HD+B10: 1.62	
X	▼Schnelle Präsentation im privaten Bereich	HD: 1.62	
		Band: 1.62	
		DVD: 1.62	
		Belichtung: 1.62	
		HD+Belichtung: 1.62	
		B10: 1.62	
		HD+B10: 1.62	
X	▼Versenden per Internet/Handy	HD: 1.36	
		Band: 1.36	
		DVD: 1.36	
		Belichtung: 1.00	
		HD+Belichtung: 1.36	
		B10: 1.00	
		HD+B10: 1.36	
X	▼Publikation und Verwertung	HD: 1.40	
		Band: 1.40	
		DVD: 1.40	
		Belichtung: 1.16	
		HD+Belichtung: 1.40	
		B10: 1.16	
		HD+B10: 1.40	

X	▼Kosten	HD: 1.26	
		Band: 1.17	
		DVD: 1.29	
		Belichtung: 0.00	
		HD+Belichtung: 0.00	
		B10: 1.30	
		HD+B10: 1.17	
X	▼initial	HD: 1.64	
		Band: 1.00	
		DVD: 1.90	
		Belichtung: 0.00	
		HD+Belichtung: 0.00	
		B10: 1.55	
		HD+B10: 1.30	
X	▼Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	HD: 1.00	
		Band: 1.15	
		DVD: 1.00	
		Belichtung: 1.38	
		HD+Belichtung: 1.00	
		B10: 1.38	
		HD+B10: 1.00	
X	▼Kosten fuer jährl. Datenaufwand	HD: 1.90	
		Band: 1.90	
		DVD: 1.90	
		Belichtung: 0.00	
		HD+Belichtung: 0.00	
		B10: 1.71	
		HD+B10: 1.70	
X	▼Objekteigenschaften	HD: 1.62	
		Band: 1.62	
		DVD: 1.62	
		Belichtung: 1.11	
		HD+Belichtung: 1.62	
		B10: 1.11	
		HD+B10: 1.62	
X	▼Inhalt	HD: 3.09	
		Band: 3.09	
		DVD: 3.09	
		Belichtung: 1.40	
		HD+Belichtung: 3.09	
		B10: 1.40	
		HD+B10: 3.09	
X	▼Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)	HD: 3.09	
		Band: 3.09	
		DVD: 3.09	
		Belichtung: 1.62	
		HD+Belichtung: 3.09	
		B10: 1.62	
		HD+B10: 3.09	





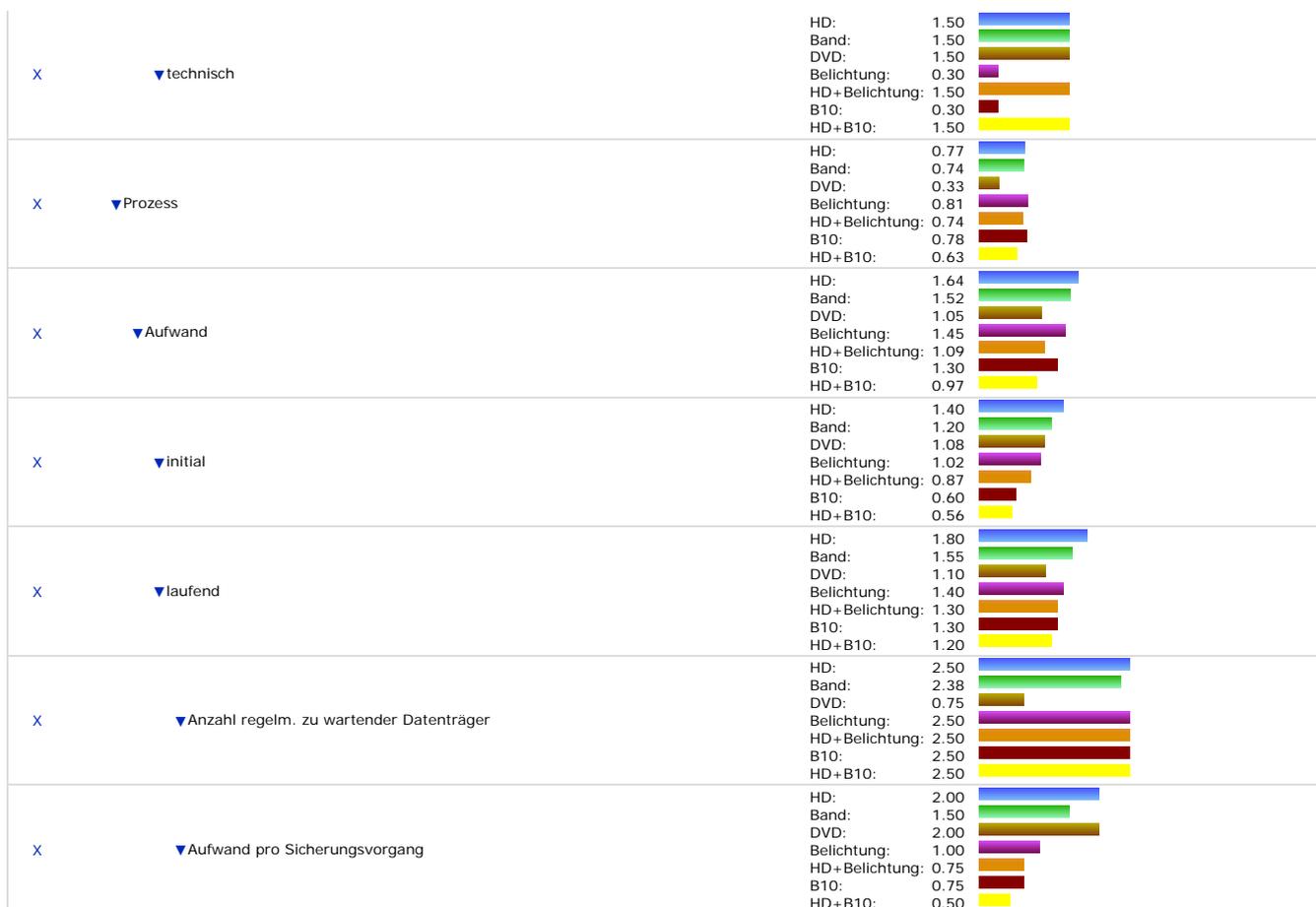
Result-Tree with all Alternatives, Aggregation method: Weighted sum

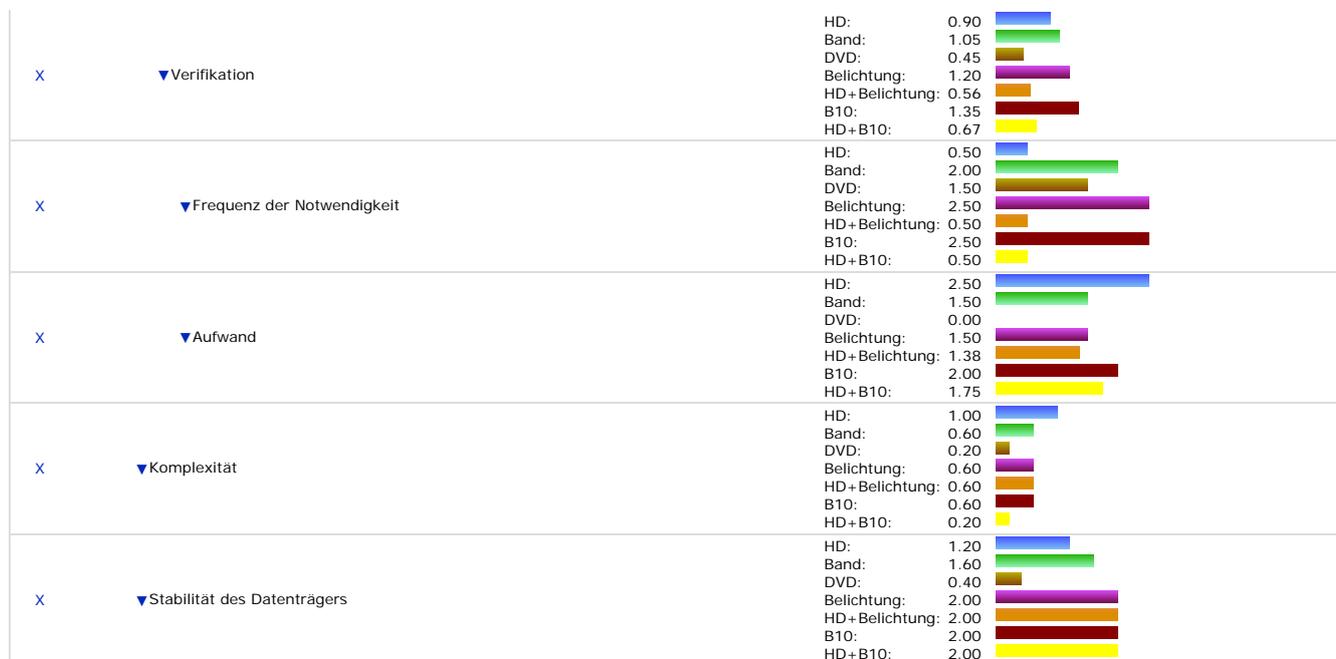
[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Anforderungen

Focus	Name	Result
	▼ Anforderungen	HD: 4.48 Band: 4.30 DVD: 4.17 Belichtung: 2.31 HD+Belichtung: 3.78 B10: 2.82 HD+B10: 4.13
X	▼ Zugriff und Verwendung	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.85 HD+Belichtung: 1.50 B10: 0.85 HD+B10: 1.50
X	▼ Wiederfinden nach	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.72 HD+Belichtung: 1.50 B10: 0.72 HD+B10: 1.50
X	▼ Datum	HD: 2.00 Band: 2.00 DVD: 2.00 Belichtung: 1.20 HD+Belichtung: 2.00 B10: 1.20 HD+B10: 2.00
X	▼ Gelegenheit	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.90 HD+Belichtung: 1.50 B10: 0.90 HD+B10: 1.50

X	▼ Motiven/Personen	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.30 HD+Belichtung: 1.50 B10: 0.30 HD+B10: 1.50
X	▼ Schnelle Präsentation im privaten Bereich	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 1.50 HD+Belichtung: 1.50 B10: 1.50 HD+B10: 1.50
X	▼ Versenden per Internet/Handy	HD: 0.95 Band: 0.95 DVD: 0.95 Belichtung: 0.19 HD+Belichtung: 0.95 B10: 0.19 HD+B10: 0.95
X	▼ Publikation und Verwertung	HD: 1.05 Band: 1.05 DVD: 1.05 Belichtung: 0.42 HD+Belichtung: 1.05 B10: 0.42 HD+B10: 1.05
X	▼ Kosten	HD: 0.71 Band: 0.56 DVD: 0.84 Belichtung: 0.20 HD+Belichtung: 0.04 B10: 0.74 HD+B10: 0.49
X	▼ initial	HD: 1.37 Band: 0.40 DVD: 2.00 Belichtung: 0.00 HD+Belichtung: 0.00 B10: 1.20 HD+B10: 0.77
X	▼ Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	HD: 0.20 Band: 0.40 DVD: 0.20 Belichtung: 1.00 HD+Belichtung: 0.20 B10: 1.00 HD+B10: 0.20





Anhang D

Dokumentation der Evaluierung professioneller Fotografen

Project Report for Fotostudie professionelle Nutzer

Report creation date: Dec 4, 2007 10:57:05 PM

Project name: Fotostudie professionelle Nutzer
Current Project State: Analyzed
Project description: Evaluierung für die Gruppe professioneller Nutzer
Author of the project: Christoph Becker, Andreas Rauber
Organization: TU Wien, Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme

- [Basis](#)
- [Sample Records](#)
- [Requirements](#)
- [Alternatives](#)
- [Go-Decision](#)
- [Experiments](#)
- [Evaluation & Transformation](#)
- [Results: Weighted multiplication](#)
- [Results: Weighted sum](#)

Number of objects: 30000-100000 initial, 10000-30000 p.a. Annahme: 50000/20000. Ann. Datenmenge: 750 GB, 300GB p.a.
Document types: 12 MP RAW Format, 15 MB
Environment: Umfangreiche DSLR-Ausrüstung, evtl. Kompaktkamera als zusätzliches Gerät
Description: Beispiel

Name	Short name	Data
Foto	Foto	No data

[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Node	Weight	Total weight	Single	Scale	Restriction	Unit
▼ Anforderungen	1	1				
▼ Zugriff und Verwendung	0.4	0.4				
▼ Wiederfinden nach	0.6	0.24				
▼ Datum	0.3	0.07	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Gelegenheit	0.3	0.07	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Motiven/Personen	0.4	0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Schnelle Präsentation im privaten Bereich	0.1	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Versenden per Internet/Handy	0.1	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	problemlos, möglich, aufwendig	
▼ Publikation und Verwertung	0.2	0.08	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	direkt, nach Umwandlung	
▼ Kosten	0.15	0.15				
▼ initial	0.4	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Euro
▼ Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	0.2	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Jahre
▼ Kosten fuer jährl. Datenaufwand	0.4	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Euro
▼ Objekteigenschaften	0.15	0.15				
▼ Inhalt	0.6	0.09				
▼ Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)	0.7	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	

▼ 1:1 Archivierung	0.3	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ Metadaten	0.4	0.06				
▼ deskriptiv	0.7	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ technisch	0.3	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Boolean	Yes, No	
▼ Prozess	0.3	0.3				
▼ Aufwand	0.4	0.12				
▼ initial	0.3	0.04	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Stunden
▼ laufend	0.4	0.05				
▼ Anzahl regelm. zu wartender Datenträger	0.5	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Stück
▼ Aufwand pro Sicherungsvorgang	0.5	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Minuten
▼ Verifikation	0.3	0.04				
▼ Frequenz der Notwendigkeit	0.5	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Monate
▼ Aufwand	0.5	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	Positive number		Minuten
▼ Komplexität	0.2	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>	Ordinal	einfach, mittel, komplex	
▼ Stabilität des Datenträgers	0.4	0.12	<input checked="" type="checkbox"/>	Restricted integer	between 0 and 5	

Name	Description	Mandatory resources	Invocation parameters	Enhancements
HD	externes Festplattensystem 2000GB, getrennt aufbewahrt			
Band	externe Bandsicherung auf Quantum DLT 160GB			
DVD	zweifache Sicherung auf archival-grade DVDs mit Plextor Brenner			
Belichtung	Ausbelichtung *aller* Fotos auf Papier			
HD+Belichtung	Kombination analog+digital: Ausbelichtung aller Fotos und externe Festplatte			
B10	Belichtung der wichtigsten Fotos (10%)			
HD+B10	Kombination analog+digital: Ausbelichtung der wichtigsten Fotos (10%) und externe Festplatte			
Decision:	GO			
Reason:	Evaluierung aller Alternativen ist möglich			
Action needed:	keine			

Alternative	Experiment description	Run description
-------------	------------------------	-----------------

HD
 Band
 DVD
 Belichtung
 HD+Belichtung
 B10
 HD+B10

Wiederfinden nach > Datum

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	problemlos	problemlos	-> 5.0	HD	5

Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
Band	problemlos			Band	5
DVD	problemlos			DVD	5
Belichtung	möglich	möglich	-> 3.0	Belichtung	3
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig	-> 0.0	HD+Belichtung	5
B10	möglich			B10	3
HD+B10	problemlos			HD+B10	5

Wiederfinden nach > Gelegenheit

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	problemlos			
Band	problemlos			
DVD	problemlos	problemlos		-> 5.0
Belichtung	möglich	möglich		-> 3.0
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig		-> 0.0
B10	möglich			
HD+B10	problemlos			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	3
HD+Belichtung	5
B10	3
HD+B10	5

Wiederfinden nach > Motiven/Personen

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	problemlos			
Band	problemlos			
DVD	problemlos	problemlos		-> 5.0
Belichtung	aufwendig	möglich		-> 3.0
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig		-> 1.0
B10	aufwendig			
HD+B10	problemlos			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	1
HD+Belichtung	5
B10	1
HD+B10	5

Zugriff und Verwendung > Schnelle Präsentation im privaten Bereich

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	problemlos			
Band	problemlos			
DVD	problemlos	problemlos		-> 5.0
Belichtung	problemlos	möglich		-> 3.0
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig		-> 1.0
B10	problemlos			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	5
HD+Belichtung	5
B10	5

Alternatives	Single	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD+B10	problemlos	HD+B10	5

Zugriff und Verwendung > Versenden per Internet/Handy

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	problemlos			
Band	problemlos			
DVD	problemlos	problemlos		-> 5.0
Belichtung	aufwendig	möglich		-> 3.0
HD+Belichtung	problemlos	aufwendig		-> 1.0
B10	aufwendig			
HD+B10	problemlos			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	1
HD+Belichtung	5
B10	1
HD+B10	5

Zugriff und Verwendung > Publikation und Verwertung

Results

Alternatives	Single	Transformer	Ordinal Value	Target Value
HD	direkt			
Band	direkt			
DVD	direkt	direkt		-> 5.0
Belichtung	nach Umwandlung	nach Umwandlung		-> 0.0
HD+Belichtung	direkt			
B10	nach Umwandlung			
HD+B10	direkt			

Transformed Results

Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5
Band	5
DVD	5
Belichtung	0
HD+Belichtung	5
B10	0
HD+B10	5

Kosten > initial

Results

Alternatives	Single	Transformer	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	750.0				HD	2.5
Band	590.0				Band	2.82
DVD	50.0	1500.0 Euro		-> 1	DVD	5
Belichtung	5000.0	1000.0 Euro		-> 2	Belichtung	0
HD+Belichtung	5750.0	500.0 Euro		-> 3	HD+Belichtung	0
B10	500.0	300.0 Euro		-> 4	B10	3
HD+B10	1250.0	100.0 Euro		-> 5	HD+B10	1.5
		Threshold stepping: Linear				

Kosten > Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels

Results

Alternatives	Single	Transformer	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
--------------	--------	-------------	-----------	--------------	--------------	----------------------

Alternatives	Single			Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3.0	3.0 Jahre	-> 1	HD	1
Band	5.0	5.0 Jahre	-> 2	Band	2
DVD	3.0	10.0 Jahre	-> 3	DVD	1
Belichtung	50.0	30.0 Jahre	-> 4	Belichtung	5
HD+Belichtung	3.0	50.0 Jahre	-> 5	HD+Belichtung	1
B10	50.0	Threshold stepping: Linear		B10	5
HD+B10	3.0			HD+B10	1

Kosten > Kosten fuer jährl. Datenaufwand

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	112.5	500.0 Euro	-> 1	HD	4.88
Band	56.25	400.0 Euro	-> 2	Band	5
DVD	255.0	300.0 Euro	-> 3	DVD	3.45
Belichtung	2000.0	200.0 Euro	-> 4	Belichtung	0
HD+Belichtung	2112.5	100.0 Euro	-> 5	HD+Belichtung	0
B10	200.0	Threshold stepping: Linear		B10	4
HD+B10	312.5			HD+B10	2.88

Inhalt > Qualitätsverlust möglich (Farbtreue)

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	No	Yes	-> 1.0	HD	5
Band	No	No	-> 5.0	Band	5
DVD	No			DVD	5
Belichtung	Yes			Belichtung	1
HD+Belichtung	No			HD+Belichtung	5
B10	Yes			B10	1
HD+B10	No			HD+B10	5

Inhalt > 1:1 Archivierung

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	1
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5

Alternatives	Single	Alternatives	Single (=Aggregated)
B10	No	B10	1
HD+B10	Yes	HD+B10	5

Metadaten > deskriptiv

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	1
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5
B10	No			B10	1
HD+B10	Yes			HD+B10	5

Metadaten > technisch

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	Yes	Yes	-> 5.0	HD	5
Band	Yes	No	-> 1.0	Band	5
DVD	Yes			DVD	5
Belichtung	No			Belichtung	1
HD+Belichtung	Yes			HD+Belichtung	5
B10	No			B10	1
HD+B10	Yes			HD+B10	5

Aufwand > initial

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	5.0	80.0 Stunden	-> 1	HD	5
Band	15.0	60.0 Stunden	-> 2	Band	4.5
DVD	75.0	40.0 Stunden	-> 3	DVD	1.25
Belichtung	60.0	20.0 Stunden	-> 4	Belichtung	2
HD+Belichtung	65.0	10.0 Stunden	-> 5	HD+Belichtung	1.75
B10	60.0	Threshold stepping: Linear		B10	2
HD+B10	65.0			HD+B10	1.75

laufend > Anzahl regelm. zu wartender Datenträger

Results	Transformer	Transformed Results
---------	-------------	---------------------

Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	1.0	40.0 Stück	-> 1	HD	5
Band	10.0	20.0 Stück	-> 2	Band	3
DVD	450.0	10.0 Stück	-> 3	DVD	0
Belichtung	0.0	5.0 Stück	-> 4	Belichtung	5
HD+Belichtung	1.0	1.0 Stück	-> 5	HD+Belichtung	5
B10	0.0	Threshold stepping: Linear		B10	5
HD+B10	1.0			HD+B10	5

laufend > Aufwand pro Sicherungsvorgang

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	45.0	240.0 Minuten	-> 1	HD	4.5
Band	120.0	180.0 Minuten	-> 2	Band	3
DVD	60.0	120.0 Minuten	-> 3	DVD	4
Belichtung	300.0	60.0 Minuten	-> 4	Belichtung	0
HD+Belichtung	360.0	30.0 Minuten	-> 5	HD+Belichtung	0
B10	240.0	Threshold stepping: Linear		B10	1
HD+B10	300.0			HD+B10	0

Verifikation > Frequenz der Notwendigkeit

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	1.0	1.0 Monate	-> 1	HD	1
Band	12.0	3.0 Monate	-> 2	Band	4
DVD	6.0	6.0 Monate	-> 3	DVD	3
Belichtung	36.0	12.0 Monate	-> 4	Belichtung	5
HD+Belichtung	1.0	24.0 Monate	-> 5	HD+Belichtung	1
B10	36.0	Threshold stepping: Linear		B10	5
HD+B10	1.0			HD+B10	1

Verifikation > Aufwand

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	60.0	180.0 Minuten	-> 1	HD	3
Band	120.0	120.0 Minuten	-> 2	Band	2
DVD	3000.0	60.0 Minuten	-> 3	DVD	0
Belichtung	120.0	30.0 Minuten	-> 4	Belichtung	2
HD+Belichtung	150.0	15.0 Minuten	-> 5	HD+Belichtung	1.5

Alternatives	Single	Threshold stepping: Linear	Alternatives	Single (=Aggregated)
B10	60.0		B10	3
HD+B10	90.0		HD+B10	2.5

Prozess > Komplexität

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Ordinal Value	Target Value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	einfach	einfach	-> 5.0	HD	5
Band	mittel	mittel	-> 3.0	Band	3
DVD	komplex	komplex	-> 1.0	DVD	1
Belichtung	mittel			Belichtung	3
HD+Belichtung	mittel			HD+Belichtung	3
B10	mittel			B10	3
HD+B10	mittel			HD+B10	3

Prozess > Stabilität des Datenträgers

Results		Transformer		Transformed Results	
Alternatives	Single	Threshold	Target value	Alternatives	Single (=Aggregated)
HD	3	1.0	-> 1	HD	3
Band	4	2.0	-> 2	Band	4
DVD	1	3.0	-> 3	DVD	1
Belichtung	5	4.0	-> 4	Belichtung	5
HD+Belichtung	5	5.0	-> 5	HD+Belichtung	5
B10	5	Threshold stepping: Steps		B10	5
HD+B10	5			HD+B10	5

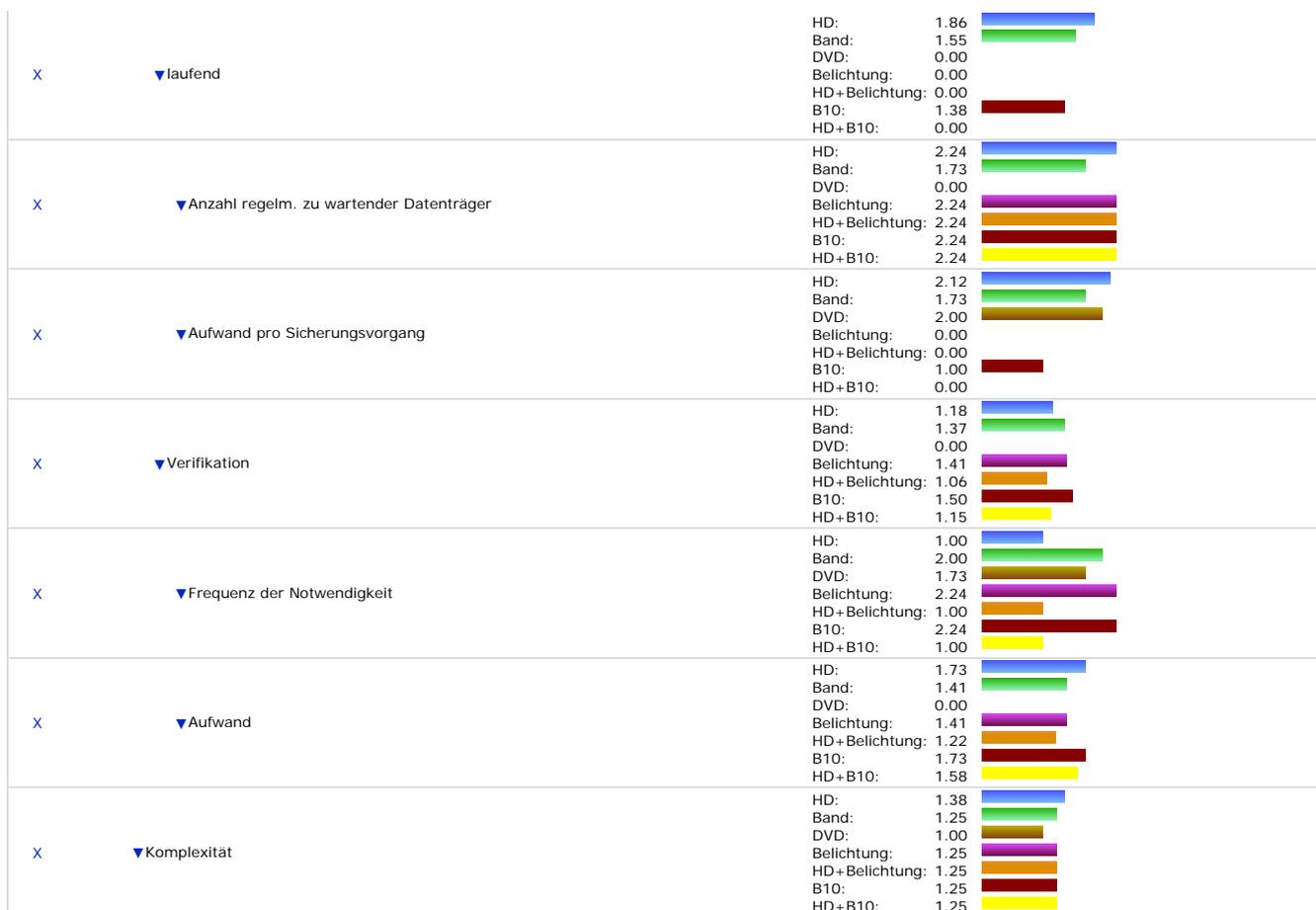
Result-Tree with all Alternatives, Aggregation method: Weighted multiplication

[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Anforderungen

Focus	Name	Result
▼ Anforderungen		HD: 4.12 Band: 4.23 DVD: 0.00 Belichtung: 0.00 HD+Belichtung: 0.00 B10: 0.00 HD+B10: 0.00
X ▼ Zugriff und Verwendung		HD: 1.90 Band: 1.90 DVD: 1.90 Belichtung: 0.00 HD+Belichtung: 1.90





X	▼ Stabilität des Datenträgers	HD: 1.55 Band: 1.74 DVD: 1.00 Belichtung: 1.90 HD+Belichtung: 1.90 B10: 1.90 HD+B10: 1.90	
---	-------------------------------	---	--

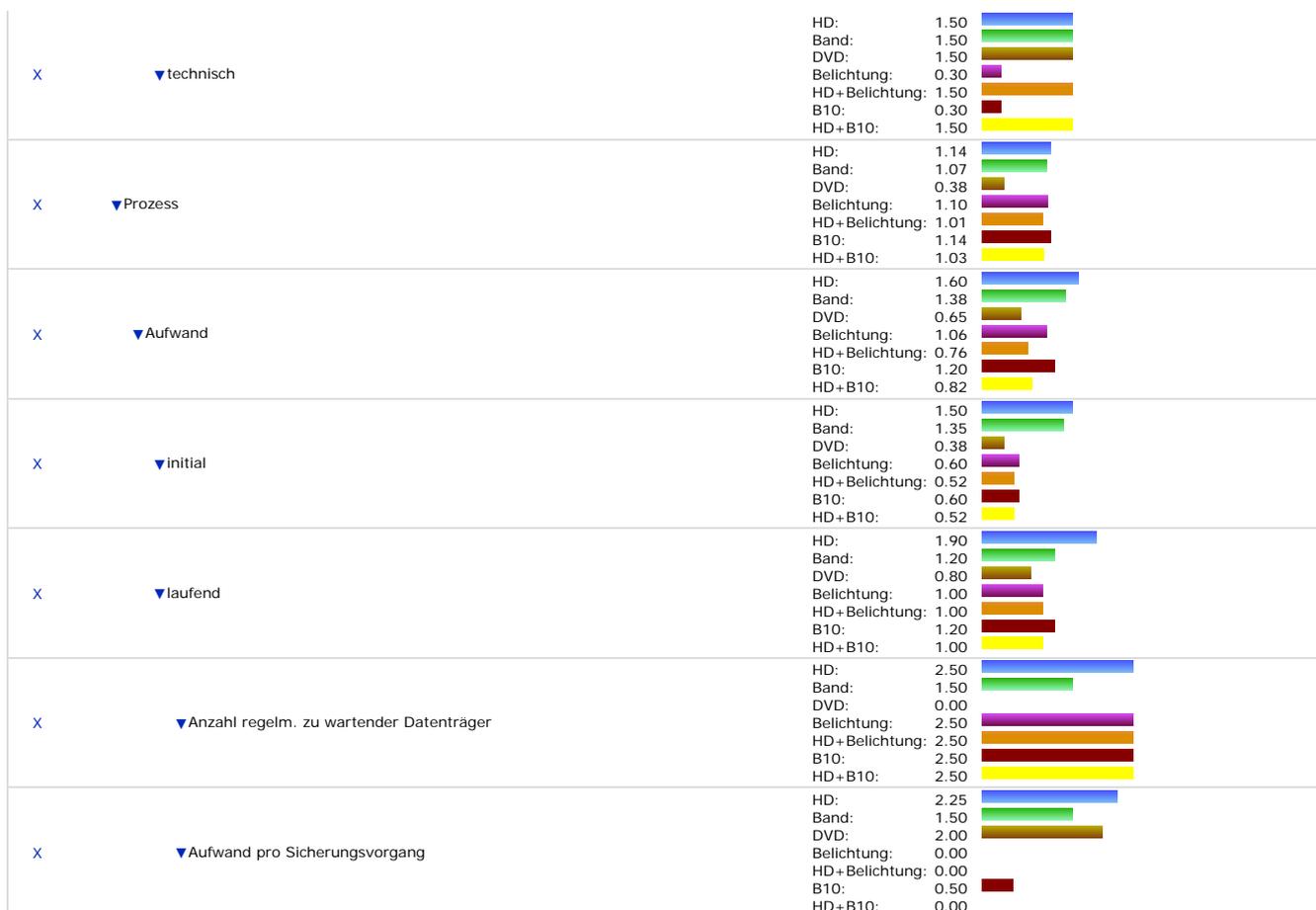
Result-Tree with all Alternatives, Aggregation method: Weighted sum

[Expand All](#) | [Collapse All](#)

Anforderungen

Focus	Name	Result
	▼ Anforderungen	HD: 4.36 Band: 4.35 DVD: 3.66 Belichtung: 2.17 HD+Belichtung: 3.79 B10: 2.63 HD+B10: 4.07
X	▼ Zugriff und Verwendung	HD: 2.00 Band: 2.00 DVD: 2.00 Belichtung: 0.77 HD+Belichtung: 2.00 B10: 0.77 HD+B10: 2.00
X	▼ Wiederfinden nach	HD: 3.00 Band: 3.00 DVD: 3.00 Belichtung: 1.32 HD+Belichtung: 3.00 B10: 1.32 HD+B10: 3.00
X	▼ Datum	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.90 HD+Belichtung: 1.50 B10: 0.90 HD+B10: 1.50
X	▼ Gelegenheit	HD: 1.50 Band: 1.50 DVD: 1.50 Belichtung: 0.90 HD+Belichtung: 1.50 B10: 0.90 HD+B10: 1.50

X	▼ Motiven/Personen	HD: 2.00 Band: 2.00 DVD: 2.00 Belichtung: 0.40 HD+Belichtung: 2.00 B10: 0.40 HD+B10: 2.00	
X	▼ Schnelle Präsentation im privaten Bereich	HD: 0.50 Band: 0.50 DVD: 0.50 Belichtung: 0.50 HD+Belichtung: 0.50 B10: 0.50 HD+B10: 0.50	
X	▼ Versenden per Internet/Handy	HD: 0.50 Band: 0.50 DVD: 0.50 Belichtung: 0.10 HD+Belichtung: 0.50 B10: 0.10 HD+B10: 0.50	
X	▼ Publikation und Verwertung	HD: 1.00 Band: 1.00 DVD: 1.00 Belichtung: 0.00 HD+Belichtung: 1.00 B10: 0.00 HD+B10: 1.00	
X	▼ Kosten	HD: 0.47 Band: 0.53 DVD: 0.54 Belichtung: 0.15 HD+Belichtung: 0.03 B10: 0.57 HD+B10: 0.29	
X	▼ initial	HD: 1.00 Band: 1.13 DVD: 2.00 Belichtung: 0.00 HD+Belichtung: 0.00 B10: 1.20 HD+B10: 0.60	
X	▼ Erwartete Frequenz der Notwendigkeit eines Medienwechsels	HD: 0.20 Band: 0.40 DVD: 0.20 Belichtung: 1.00 HD+Belichtung: 0.20 B10: 1.00 HD+B10: 0.20	



X	▼Verifikation	HD: 0.60 Band: 0.90 DVD: 0.45 Belichtung: 1.05 HD+Belichtung: 0.38 B10: 1.20 HD+B10: 0.52
X	▼Frequenz der Notwendigkeit	HD: 0.50 Band: 2.00 DVD: 1.50 Belichtung: 2.50 HD+Belichtung: 0.50 B10: 2.50 HD+B10: 0.50
X	▼Aufwand	HD: 1.50 Band: 1.00 DVD: 0.00 Belichtung: 1.00 HD+Belichtung: 0.75 B10: 1.50 HD+B10: 1.25
X	▼Komplexität	HD: 1.00 Band: 0.60 DVD: 0.20 Belichtung: 0.60 HD+Belichtung: 0.60 B10: 0.60 HD+B10: 0.60
X	▼Stabilität des Datenträgers	HD: 1.20 Band: 1.60 DVD: 0.40 Belichtung: 2.00 HD+Belichtung: 2.00 B10: 2.00 HD+B10: 2.00