



SLUB

Wir führen Wissen.

Storageanforderungen 2024-2029 im
SLUBArchiv.digital
Diskussionspapier

Andreas Romeyke

Version 1.2, 2024-11-08

Inhaltsverzeichnis

Überblick	2
Kennzahlen	3
Kennzahlen aktuelles Archiv 2024	3
Kennzahlen Hochrechnung 2029	5
Anwendungsfälle	6
Speichern von AIPs	6
Ergänzungen von AIPs	6
Migration auf neue Speichertechnologie	6
Externe Kopienprüfung	6
Lesen von AIPs	6
Neuaufbau Index	6
Wiederherstellung zum Zweck des Neuaufbau	7
Suche nach bestimmten Dateien auf Anfrage oder im Fehlerfall	7
Exit eines Dienstnehmers / Workflows	7
Ableitung Rahmenbedingungen	7
Minstdurchsatz beim Speichern	7
Minstdurchsatz beim Lesen	8
Maximallatenz I/O Operationen	8
Probleme aktuelle Speicheranbindung SLUBArchiv 2024	10
Anforderungen an Storage für 2024-2029	11
Grundsätze	11
Technische Anforderungen	12
Organisatorische Anforderungen	13
Potentielle Stagemodelle	14
Synchrone Variante	14
Asynchrone Variante	15
Potentielle Systemvarianten	16
Danksagungen	19



Überblick

Das SLUBArchiv.digital ist seit 2015 produktiv im Einsatz. Seit der Produktivsetzung erfolgte ein stetiger Aufwuchs in der Zahl der Archivinformationspakete (AIP), sowie des Gesamtspeichervolumens. Mehrere Anpassungen wurden notwendig, so unter anderem:

- Einführung der BagIt-basierten Submission Information Pakete (SIP), um unabhängig von Archivinformationssystem (AIS) spezifischen Formaten zu werden
- Aktualisierung der Bandlaufwerke von LTO5 auf LTO7
- Umstellung von ausschliesslicher Magnetbandspeicherung auf gemischte Festplatten- und Bandspeicherung, um schnelleren Zugriff auf die ersten Kopien zu erhalten

Hinzu kommt, dass durch die Abkündigung von Rosetta als selbst hostbares Archivinformationssystem (AIS) durch Clarivate AIP-AIP-Transfers für alle gehosteten Archivinformationspakete in das AIS "Archivematica" von Artefactual anstehen.

Dies und die während des Betriebs und den Umstellungen gemachten Erfahrungen des SLUBArchiv.digital-Teams bilden die Grundlage dieses Dokumentes.

Verzeichnislayout Archivematica

Entgegen dem Verzeichnislayout des bisherigen Archivinformationssystems Rosetta, welches das Schema 'yyyy/mm/dd/aipXXXX' implementiert, nutzt Archivematica das Verzeichnisschema 'aaaa/bbbb/ccccc/dddd/eeee/ffff/gggg/hhhh/aipXXXX' (im Folgenden 'u4' genannt).



Dabei wird für jedes AIP eine Prüfsumme gebildet, deren sedezimale Darstellung in 4-er Blöcken je eine Verzeichnisebene bilden.

Dadurch ergibt sich mit fortschreitender Anzahl an AIPs eine Gleichverteilung der AIPs in den oberen Verzeichnisebenen.

Kennzahlen

Kennzahlen aktuelles Archiv 2024

Anzahl Dateien pro AIP (payload)

- alle: Ø 50,9 (1 .. 4994)
- Für AIPs, die mindestens eine der ff. Dateiformate enthalten:
 - Matroska Video: Ø 3,3 (1 ... 852)
 - Matroska Audio: Ø 1,1 (1 ... 15)
 - XML: Ø 15,2 (1 ... 2497)
 - PDF: Ø 1,3 (1 ... 4)
 - TIF: Ø 35,9 (1 ... 2965)

Dateigrößen (payload)

(in Bytes mit 1024 als Multiplier)

- alle: Ø 19,67MB (889B ... 1,65TB)
- davon:
 - Matroska Video: Ø 40 GB (2,77MB ... 1,65TB)
 - Matroska Audio: Ø 255MB (49MB ... 1,24GB)
 - XML: Ø 140kB (568B ... 7,5MB)
 - PDF: Ø 760kB (45kB ... 5,4MB)
 - TIF: Ø 22MB (919kB ... 1,99GB)

Anzahl Metadateneinträge (DC) pro AIP

Ø 25,3 (1 ... 3313)

AIP-Update

Die AIP-Update-Rate beträgt 4,3% (1,043 AIP Versionen pro AIP)

Wachstum 2015-2024

Jahr	Anzahl AIPs	Volumen/a	Volumen kummuliert <small>[1]</small>
2015	36843	27TB	27TB
2016	65416	26TB	53TB
2017	93518	33TB	86TB
2018	198677	86TB	172TB
2019	263003	59TB	261TB
2020	307984	82TB	343TB
2021	402020	110TB	453TB
2022	553344	81TB	534TB
2023	665427	77TB	611TB

Kennzahlen Hochrechnung 2029

Hochrechnung mittels linearer Regression: $f(x)=78,0667x-157334$, $R^2=0,980$

Jahr	Volumen kummuliert
2024	673TB
2025	751TB
2026	829TB
2027	907TB
2028	985TB
2029	1063TB



Für die Jahre 2024-2026 muss während des AIP-AIP-Transfers von Rosetta nach Archivematica der alte Storage temporär vorgehalten werden, dies ist nicht in der Hochrechnung berücksichtigt!

Pro Jahr kämen rund 78407 AIPs mit insgesamt 78TB hinzu.

Die Tagesproduktion bei 200^[2] Arbeitstagen pro Jahr beträgt demnach 400GB/d.

Anwendungsfälle

Speichern von AIPs

AIPs der mittleren Größe von 20MB (möglich sind Werte bis zu 4TB, zB. im SAVE Kontext) werden im BagIt-Format ^[3] geschrieben. Pro Jahr fallen rund 79.000 AIPs mit insgesamt 4.029.000 Dateien und einem Gesamtvolumen von ~ 78TB an (siehe [Kennzahlen Hochrechnung 2029](#)).



BagIt ist nach [RFC8493](#) [<https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8493>] eine spezielle Verzeichnisstruktur, die sowohl die Basis für das Submission Information Package des SLUBArchiv.digital bildet, als auch die Grundstruktur für die Archivinformationspakete von Archivematica.



AIPs liegen in allen Fällen immer als Verzeichnisstruktur, nicht aber in Containerformaten, wie TAR oder ZIP vor. Hintergrund ist, dass das Ein-/Auspacken von Containern zusätzliche Processingaufwände (Speicherplatz, I/O und CPU) verursacht und von den Archivinformationssystemen deswegen seit längerem vermieden wird.

Ergänzungen von AIPs

Jährlich erfahren bis zu 4% der AIPs Ergänzungen durch Metadaten- oder AIP-Updates. Im Falle von AIP-Updates werden neue AIPs mit Verweis auf ältere erzeugt. Daraus folgt, dass der benötigte Speicher eine Reserve mit dem Faktor $f=1,04$ bereithalten muss. Für 2029 ergibt sich dann ein Bedarf von 1106 TB.

Migration auf neue Speichertechnologie

Hardwareerneuerungen des Speichersystems erfolgt üblicherweise aller 5 Jahre. Dabei werden alle AIPs gelesen und in neues System geschrieben.

Externe Kopienprüfung

Regulär wird in einer jährlichen Stichprobe 1% des Datenbestandes, oder bei einem konkreten Anlass eine externe Kopienprüfung durchgeführt. Dabei wird die Unversehrtheit aller Kopien der ausgewählten AIPs überprüft und mit den vorhandenen Prüfsummen abgeglichen.

Lesen von AIPs

Über Access-Anfragen werden pro Jahr ca. 1% des Bestandes an AIPs zurückgelesen. Die Anfrage erfolgt erfahrungsgemäß über ein Bündel von mehreren Dutzend AIPs.

Hinzu können einzelne AIPs im Fehlerfall zum Zweck der Wiederherstellung von anderen Kopien zurückgeholt werden.

Neuaufbau Index

Um den Index des Archivinformationssystems neu aufzubauen, kann ein erneutes Einlesen der Metadaten der AIPs in Jahresscheiben oder des Gesamtbestandes erforderlich sein. Im Schnitt fallen 5MB an Metadaten an. Dies würde in 2029 das Einlesen von $15 \cdot 5\text{MB} \cdot 79.000 = 5.786\text{GB}$ erfordern.

Pro Jahr des Betriebes kann mit einem Neuaufbau gerechnet werden.

Wiederherstellung zum Zweck des Neuaufbau

Im Katastrophenszenario des Totalausfalls des Archivinformationssystems sind alle Dateien betroffen und müssen gelesen werden.

Suche nach bestimmten Dateien auf Anfrage oder im Fehlerfall

Vereinzelt müssen Dateien über dem gesamten Bestand nach bestimmten Parametern durchsucht werden können.

Exit eines Dienstnehmers / Workflows

Für Dienstnehmer sind vertraglich getrennte Speicherbereiche vorgesehen. Bei einem Exit müssen alle AIPs des zugehörigen Workflows ausgelesen und dem Dienstnehmer in angemessener Zeit zur Verfügung gestellt werden.

Ableitung Rahmenbedingungen

Mindestdurchsatz beim Speichern

Um Reserven für prozessbedingte Aufstauungen zu haben, muss mindestens die 2fache Tagesproduktion gesichert werden können. Bei einer Tagesproduktion von 400GB/d ergibt dies ein Mindestdurchsatz von 10MB/s.

Zwischen zwei Technologiewechseln muss das Gesamtarchiv **zuzüglich** zur Tagesproduktion gesichert werden können und währenddessen genug Reserven für Fehlerbehandlung bieten. Die Migrationszeit **mt** beträgt daher maximal die Hälfte der Zeit zwischen den Technologiewechseln **tt**. Bei angenommenen Technologiewechseln aller 5 Jahre ergibt sich eine Migrationszeit **mt=2,5a**. Aus [Kennzahlen Hochrechnung 2029](#) folgt daher, dass das Gesamtvolumen von 2029 mit 1106TB in 2,5a bis zum Ende 2029 gesichert werden muss. Damit ergibt sich $1106\text{TB}/2,5a = 15\text{MB/s}$, die zur Tagesproduktion gerechnet werden müssen.

Im Rahmen von SAVE fallen in einigen Fällen auch retrodigitalisierte Kinofilme an, die bis zu einer Größe von 4TB vorkommen könnten. Um den Abschluss der Speicherung im Vorfeld von angekündigten Wartungen sicherstellen zu können, ist es erforderlich die 4TB in einer

Arbeitswoche durchprozessieren zu können. Abzüglich der Verarbeitung im Preingest, muss die Speicherung im Permanentenspeicher innerhalb von 2d erfolgen. Daraus folgt $4\text{TB}/2\text{d} = 24\text{MB/s}$

Insgesamt muss ein durchschnittlicher Schreibdurchsatz von mindestens $(24 + 15)\text{MB} = 39\text{MB/s}$ pro Kopie sichergestellt sein.

Mindestdurchsatz beim Lesen

Zwischen zwei Technologiewechseln muss das Gesamtarchiv zuzüglich zur Tagesproduktion gesichert werden können und währenddessen genug Reserven für Fehlerbehandlung bieten. Die Migrationszeit m_t beträgt daher maximal die Hälfte der Zeit zwischen den Technologiewechseln t_t . Bei angenommenen Technologiewechseln aller 5 Jahre ergibt sich eine Migrationszeit $m_t = 2,5a$. Damit ergibt sich eine Leserate von 15MB/s (siehe [Mindestdurchsatz beim Speichern](#)).

Der Indexneuaufbau sollte innerhalb von 2 Arbeitstagen erfolgen, da währenddessen die Produktion stillsteht. Es ergibt sich eine Leserate von $5.786\text{GB}/2\text{d} = 34\text{MB/s}$.

Im Rahmen von SAVE fallen in einigen Fällen auch retrodigitalisierte Kinofilme an, die bis zu einer Größe von 4TB vorkommen könnten. Um den Abschluss der Auslieferung im Vorfeld von angekündigten Wartungen sicherstellen zu können, ist es erforderlich die 4TB in einer Arbeitswoche bereitstellen zu können. Daraus folgt $4\text{TB}/5\text{d} = 10\text{MB/s}$.

Um auch Prüfsummenchecks für die Daten eines Jahrganges in 1 Arbeitswoche abschliessen zu können, ist eine Leserate von $78\text{TB}/5\text{d} = 190\text{MB/s}$ erforderlich. Bei angenommenen 1% des Gesamtvolumens in 2029 ergibt sich $11\text{TB}/5\text{d} = 27\text{MB/s}$.

Die Mindestleserate darf daher 27MB/s keinesfalls unterschreiten.

Maximallatenz I/O Operationen

Für Suchoperationen ist nicht der Schreib- oder Lesedurchsatz entscheidend, sondern wieviele I/O Operationen pro Sekunde durchgeführt werden.

Für Archivemata ergibt sich ^[4] eine Breitensuche mit 8 Verzeichniswechseln pro AIP. Für eine Suche in 2029 ergeben sich dann $79.000 \cdot 8 \cdot 15 = 9.480.000$ Operationen. Bei einem Arbeitstag von 8h würden sich ***330 Ops/s** einschliesslich Netzverkehr ergeben.

In den Anwendungsfällen, die random-access Lesezugriffe erfordern, müssen Latenzen die durch die Systemarchitektur bedingt sind, wie Bandwechsellvorgänge, in der durchschnittlichen Leserate berücksichtigt werden.

Beispiel Bandwechsel

Es soll ein AIP der Größe 200GB wiederhergestellt werden, wo 100GB auf einem Tape und 100GB auf einem anderen Tape liegen. Die Leserate des Bandlaufwerks liegt bei 300MB/s, die Bandwechselzeit bei 90s und die Spulzeit bei 10s.

Daraus ergibt sich eine Gesamtlesezeit von:



- Lesen der ersten 100GB in $100 * 1024/300 = 341s$
- Lesen der zweiten 100GB in $100 * 1024/300 = 341s$
- Bandwechselzeit 90s
- Spulzeit 10s

782s und damit statt der nominell möglichen 300MB/s nur ein Durchsatz von 262MB/s, welches ein Minus von 12,6% ergibt.

Analoge Anforderungen können sich beim Anwendungsfall Neuaufbau Index und ähnlichen ergeben.

Für Schreiboperationen muss sichergestellt sein, dass auch AIPs mit 4TB in 2 Tagen in allen Kopien gesichert vorliegen.

Probleme aktuelle Speicherverbindung SLUBArchiv 2024

- hohe Zahl von nicht eingrenzbaren NFS-Fehlern beim Schreiben und Lesen
- langlaufende Migration 2020-2023
- Verwendung des Primärkopienmodells ^[5], dh. zweite und dritte Kopie erben von erster (Fehlerfortpflanzung möglich)
- keine Möglichkeit der direkten Kopienprüfung
- Aus Sicht des SLUBArchiv.digital Blackboxsystem, daher
 - keine Optimierungen bei Änderungen AIP Struktur möglich
 - Ursachenforschung für Fehler komplex oder unmöglich
- sehr hohe Latenz bei Suchanfragen
- zu geringe Leseperformance für die formulierten Anforderungen (10-30MB/s)
- intransparenter Überblick über tatsächlich belegten Speicher
- keine zwei durchgängigen, unterschiedlichen Technologiepfade

Anforderungen an Storage für 2024-2029

Grundsätze

Das SLUBArchiv favorisiert eine Lösung, die

- robust
- als open source verfügbar
- gut dokumentiert
- einfach hinsichtlich Wartbarkeit und Administration
- skalierbar hinsichtlich Datenmenge und Bandbreite
- einfach hinsichtlich Abhängigkeiten und Codesize
- weit verbreitet

ist.

Die Lösung sollte

- entweder synchrones Schreiben aller Kopien
- oder asynchrones Schreiben aller Kopien (nicht aber: asynchrones Schreiben nach Primärkopien-Modell)

implementieren, um single-point-of-failure und Fehlerfortpflanzungen im System zu vermeiden (siehe [Potentielle Stagemodelle](#)).

Um Kopienvergleiche als Sicherungsgrundsatz der digitalen Langzeitarchivierung erfüllen zu können, **muss** die Sicherung von mindestens 3 Kopien an zwei verschiedenen, geographisch auseinanderliegenden ^[6], Standorten unterstützt werden.

Für AIPs, die aus Bestandsschutzgründen speziell ausgezeichnet sind, **sind** mehr als 3 Kopien erforderlich, die gleichmäßig auf mindestens zwei verschiedene, geografisch auseinanderliegende, Standorte verteilt gesichert werden.

Es sind mindestens zwei unabhängige Technologiepfade für das Speichern der Kopien zu unterstützen, um Risiken von herstellereigenen Firmware- Treiber- oder Hardwarebasierten Ausfällen zu minimieren.

Technische Anforderungen

- mindestens 40MB/s durchschnittliche System-Schreibrate ^[7]
- mindestens 30MB/s durchschnittliche System-Leserate, random access
- Systemlese- und -schreibrate voneinander unabhängig (beeinflussen sich nicht gegenseitig)
- transparentes Filesystem ^[8]
- unkomprimierte Speicherung
- WORM-Funktionalität
- transaktionssicher, sprich, wenn Fehler im Storage auftauchen, dann erfolgt die sofortige Rückmeldung über Filesystem-Schnittstellen des Betriebssystems des AIS
- Unterstützung der Linux-Dateisystem Berechtigungen
- Implementierung gemäß BSI IT-Grundschutz
- frei verfügbares Transferprotokoll
- Direktzugriff auf alle Kopien
- Skalierung der Storagekapazität gemäß den Vorgaben der SLUB
- Einhaltung der Mehrheitsbedingung für n-Kopien: $m > (n-m)$, mindestens 3 Kopien notwendig (dh. 2 Kopien können eine fehlerhafte ersetzen)
- Filesystem-Treiber bzw. Filesystemprotokoll liegt als Opensource-Implementierung für Linux vor (Schnittstelle zum Archivinformationssystem)

Organisatorische Anforderungen

- Mindestens 2 geschulte Ansprechpartner, um
 - Ausfälle, wie Krankheit, Urlaub etc. zu kompensieren und
 - 4-Augen-Prinzip durchzusetzen
- Proaktive Kommunikation mit dem SLUBArchiv
 - rechtzeitige Ankündigungen Wartungen mit 2 Wochen Vorlauf
 - maschinenauswertbare, tagesgenaue Auslastungsstatistik Tapedrives, Anzahl genutzter Tapes, Anzahl zur Verfügung stehender Tapes, steuerbares Schedulingverhalten
 - tägliches Reporting über Fehler (CRC-Fehler beim Lesen, kaputte Tapes...)
 - zeitnahe Fehlerbehebung
- Betrieb gemäß BSI IT-Grundschutz
- Dokumentation
 - Dokumentation der Storagekonfiguration
 - Dokumentation der Storagearchitektur einschließlich eingesetzter Systeme (Hersteller, Typ, Alter, OS, Aufstellort)
 - Dokumentation der Firmware-Updates, Driver-Updates, Konfigurationsänderungen und Versionsstände Hardware/Software (Protokoll)
 - Dokumentation der Updateplanung (Betriebssystem, Firmware, Treiber, Hardwaretausch)
 - Dokumentation der Exitstrategie
 - Einhaltung der Datenschutzanforderungen der SLUB
- mindestens zwei geografisch getrennte Standorte für Kopien
- Notwendige Lizenz-, Wartungs- und sonstige Verträge sind so abzuschliessen, dass die genannten Anforderungen erfüllt werden.

Potentielle Stagemodelle

Synchrone Variante

In dieser Variante wird ein Schreibvorgang auf allen Kopien gestartet. Er gilt als erfolgreich beendet, wenn jede Kopie erfolgreich erzeugt wurde.

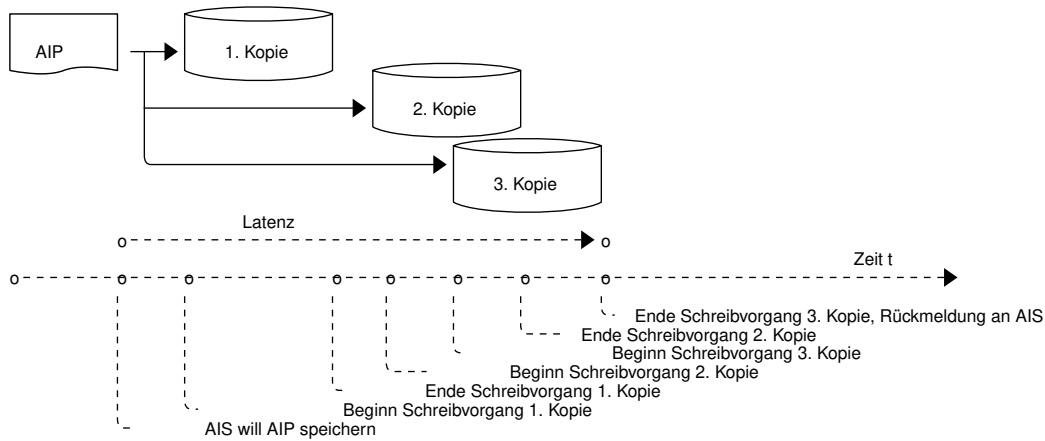


Abbildung 1. Synchrones Modell

Der Vorteil ist die Vermeidung von inkonsistenten Kopien und dass beim Lesevorgang parallel auf alle Kopien zugegriffen werden kann.

Asynchrone Variante

Bei dieser Variante erfolgt die vollständige Speicherung aller Kopien zu einem späteren Zeitpunkt.

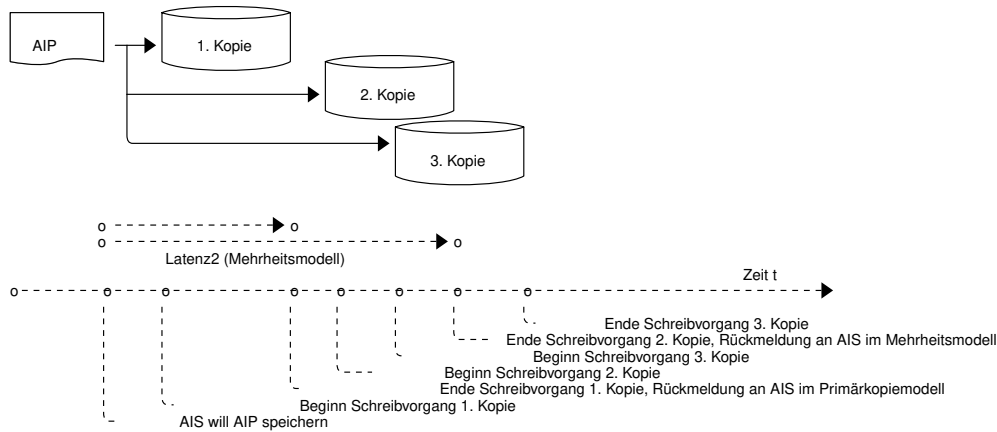


Abbildung 2. Asynchrones Modell



Die asynchrone Variante "Primärkopienmodell" ist nicht sicher und sollte, trotz hoher Verbreitung, nicht verwendet werden.

Bei dieser wird der Schreibvorgang auf einer Kopie gestartet. Ist er erfolgreich, so werden die anderen Kopien aus der ersten Kopie abgeleitet.

Eine sichere Implementierung des asynchronen Modells kann als Mehrheitsmodell wie folgt gestaltet werden:

Der Schreibvorgang wird auf m von n Kopien (oder allen) gestartet. Sobald m von n Kopien mit $m > (n-m)$ erfolgreich waren, wird dies zurückgemeldet.

Der Vorteil der asynchronen Varianten ist die geringere Latenz, die durch die m -schnellsten Kopien bestimmt wird. Dies erlaubt es $(n-m)$ Kopien durch langsameren Speicher zu ersetzen.

Solange die obige Mehrheitsbedingung erfüllt ist, können $(n-m)$ Teilsysteme temporär ausfallen, was Wartungsarbeiten erleichtert.



Bei Verwendung des asynchronen Modells gilt weiterhin, dass die langsamste Teilkomponente die Anforderungen zum Mindestdurchsatz erfüllen muss!

Potentielle Systemvarianten

Eine mögliche Variante wäre die Nutzung von Objektspeichern bzw. Servern, die eine S3-Schnittstelle anbieten.

Beispiel 1. Szenario 1: Simple Nutzung von Storage und Verwaltung durch SLUBArchiv.digital

- Storageanbieter reichen Bandlaufwerke mit Linear Tape Filesystem an Mountpoint durch
- Storageanbieter reichen Diskstorage mit Ext4 / BTRFS / XFS an Mountpoint durch
- SLUBArchiv.digital betreibt einen S3-Server (z. B. minio), der die og. Stagesysteme als Volumes einbindet
- Über S3-Server wird die Verteilung der Kopien verwaltet

Vorteile:

- keine hohen Storageanforderungen
- einfacher Wechsel des Storageanbieter
- keine Nachteile durch u4-Verzeichnislayout des AIS Archivemata ^[9]
- sehr gute Kontrolle über Kopien
- einfache Nachsteuerung bei Änderungen in der AIP Charakteristik

Nachteile:

- Administrationsaufwand SLUBArchiv.digital

Beispiel 2. Szenario 2: Storageanbieter stellt genau eine S3 Schnittstelle bereit

- Storageanbieter betreibt einen S3-Server (z. B. minio)
- Storageanbieter bindet Bandlaufwerke mit Linear Tape Filesystem als Volume ein
- Storageanbieter bindet Diskstorage mit Ext4 / BTRFS / XFS als Volume ein
- Über S3-Server wird die Verteilung der Kopien verwaltet
- (für Kopienprüfung müssen eingebundene Volumes temporär über ein weiteres Netzwerkdateisystem herausgegeben werden)

Vorteile:

- keine weitere Zwischenschicht
- keine Nachteile durch u4-Verzeichnislayout des AIS Archivemata ^[10]
- Administration aus einer Hand
- Wechsel oder Ergänzung des Storageanbieters immer noch möglich
- Nachsteuerung bei Änderungen in der AIP Charakteristik möglich

Nachteile:

- höhere Anforderungen an Storageanbieter
- höherer Administrationsaufwand wegen Kopienprüfung

Beispiel 3. Szenario 3: Storageanbieter stellt je eine S3 Schnittstelle pro Kopie bereit

- Storageanbieter betreibt mehrere S3-Server (z. B. minio)
- pro S3-Server:
 - Storageanbieter bindet Bandlaufwerke mit Linear Tape Filesystem als Volume ein
 - Storageanbieter bindet Diskstorage mit Ext4 / BTRFS / XFS als Volume ein
- die Verteilung der Kopien wird vom AIS verwaltet

Vorteile:

- keine weitere Zwischenschicht
- keine Nachteile durch u4-Verzeichnislayout des AIS Archivemata ^[11]
- Administration aus einer Hand
- Wechsel oder Ergänzung des Storageanbieters immer noch möglich
- Nachsteuerung bei Änderungen in der AIP Charakteristik möglich

Nachteile:

- höhere Anforderungen an Storageanbieter

- Storageanbieter betreibt ein Stagesystem, welches die Kopien verwaltet
- Storageanbieter bietet Zugriff via NFS oder CIFS an

Vorteile:

- Administration aus einer Hand

Nachteile:

- höhere Anforderungen an Storageanbieter
- Suche durch u4-Verzeichnislayout des AIS Archivemata eingeschränkt ^[12]
- Schwierige Fehlerbehandlung

Danksagungen

Danke an Stefan Fritzsche für die Zuarbeit kumulierte Volumina, sowie an Jens Steidl und Jörg Sachse für konstruktive Kritik und Ergänzungen.

Für die Erstellung des Dokumentes wurden ua. neovim, asciidocfx, asciidoctor-pdf, ditaa, ghostscript, gnumeric, sqlite, perl, bash und Debian Gnu Linux verwendet.

[1] Angaben für eine Kopie

[2] Pro Jahr ca. 250 nominelle Arbeitstage, davon 200 produktionsrelevant.

[3] bzw. im Rosetta-IE-Format, falls noch kein AIP-AIP-Transfer stattgefunden hat

[4] sh. [Verzeichnislayout Archivemata](#)

[5] Wird ein AIP gespeichert, so erfolgt dies auf ein via NFS angebundenes GPFS-System, welches instantan auf zwei Standorte repliziert. Ausgehend vom GPFS-System werden dann die 2. und 3. Kopie auf Band gesichert. Details finden sich in <https://slubarchiv.slub-dresden.de/das-archivsystem/technische-infrastruktur>, sh. [Asynchrone Variante](#)

[6] Üblicherweise so, dass mögliche Schadensereignisse (Brand, Wassereinbruch, ...) nicht beide Standorte gleichermaßen treffen. Nach anerkanntem Stand der Technik sollte ein Abstand von 200km eingehalten werden, von dem in begründeten Fällen abgewichen werden kann

[7] System-Schreibrate heißt, dass die effektive Schreibrate aus Sicht des AIS definiert wird. Sie umfasst System-, Netzwerk- und Storageoverhead

[8] das Archivinformationssystem muss nichts über den Storage wissen, darunter zählt auch, dass das AIS die Daten auf Dateiebene des AIP durchreicht. Sprich: das Stagesystem darf nicht die Verwendung von tar-balls etc. erzwingen

[9] sh. [Verzeichnislayout Archivemata](#)

[10] sh. [Verzeichnislayout Archivemata](#)

[11] sh. [Verzeichnislayout Archivemata](#)

[12] sh. [Verzeichnislayout Archivemata](#)