

# Speicherarchitektur für Massendaten einer Webapplikation

## Bachlorthesis

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften



Abgabe: 22. Mai 2012

Präsentation: 13. Juli 2012

Student: Lucien Stucker, [stuckluc@students.zhaw.ch](mailto:stuckluc@students.zhaw.ch)

Dozent: Beat Seeliger, [xsel@zhaw.ch](mailto:xsel@zhaw.ch)

Studienbereich: Informatik

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>vi</b>
<b>Source Code Verzeichnis</b>	<b>vii</b>
<b>1. Vorwort</b>	<b>1</b>
1.1. Was bedeutet dieses starke Wachstum für uns? . . . . .	1
1.2. Konsequenzen für den Service Provider . . . . .	1
1.3. Fazit . . . . .	2
<b>2. Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>3. Definitionen</b>	<b>6</b>
3.1. Speichereinheit . . . . .	6
3.2. RAID-5 . . . . .	6
3.3. Spare-Disk . . . . .	7
3.4. MTTR . . . . .	8
3.5. MTBF . . . . .	8
3.6. Verfügbarkeit . . . . .	9
3.7. Datenverfügbarkeit . . . . .	9
3.8. Hochverfügbarkeit . . . . .	9
3.9. Daten Integrität . . . . .	10
3.10. Standortübergreifend . . . . .	10
<b>4. Ist-Analyse</b>	<b>11</b>
4.1. Bestandesaufnahme . . . . .	11
4.1.1. Anwendungs-Architektur . . . . .	11
4.1.2. System-Architektur . . . . .	12
4.1.3. Speicher-Architektur . . . . .	12
4.1.4. Speicherkapazität . . . . .	13
4.1.5. Datenwachstum . . . . .	13
4.1.6. Zugriffswachstum . . . . .	14
4.1.7. Skalierbarkeit Datenvolumen . . . . .	14
4.1.8. Skalierbarkeit Datenzugriffe . . . . .	14
4.1.9. Daten Durchsatz I/O . . . . .	14

4.1.10. Daten Redundanz . . . . .	15
4.1.11. Datenverfügbarkeit . . . . .	15
4.1.12. Daten Sicherheit . . . . .	15
4.1.13. Daten Integrität . . . . .	15
4.1.14. Sicherung . . . . .	15
4.1.15. Wirtschaftlichkeit . . . . .	15
4.1.16. Lokalität . . . . .	16
4.2. Analyse-Ergebnisse . . . . .	16
4.2.1. Datenwachstum und Speicherkapazität . . . . .	16
4.2.2. Skalierbarkeit Datenvolumen . . . . .	17
4.2.3. Skalierbarkeit Datenzugriffe . . . . .	17
4.2.4. Redundanz . . . . .	18
4.2.5. Service- und Daten-Verfügbarkeit . . . . .	19
4.2.6. Daten Sicherheit . . . . .	19
<b>5. Szenarien Beschreibung</b>	<b>21</b>
5.1. Szenario-1 Schwaches Datenvolumen und geringes Wachstum im Daten- zugriff . . . . .	21
5.2. Szenario-2 Starkes Wachstum der Daten / starkes Wachstum der Abfragen	21
<b>6. Soll-Analyse</b>	<b>23</b>
6.1. Szenario-1 . . . . .	23
6.1.1. Verfügbarkeit . . . . .	23
6.1.2. Datenzugriff . . . . .	23
6.1.3. Speicherkapazität . . . . .	24
6.1.4. Datenqualität . . . . .	24
6.1.5. Vergleich mit Ist-Zustand . . . . .	24
6.2. Szenario-2 . . . . .	25
6.2.1. Verfügbarkeit . . . . .	25
6.2.2. Datenzugriff . . . . .	25
6.2.3. Speicherkapazität . . . . .	25
6.2.4. Datenqualität . . . . .	26
6.2.5. Vergleich mit Ist-Zustand . . . . .	26
<b>7. Entscheidungsfindung bei Evaluationen</b>	<b>27</b>
7.1. Grundlagen . . . . .	27
7.2. AHP . . . . .	27
7.2.1. Software Unterstützung . . . . .	27
<b>8. Speicherarchitekturen</b>	<b>30</b>
8.1. Block-basierend . . . . .	30
8.1.1. Direct Attached Storage . . . . .	31

8.1.2. Storage Area Network . . . . .	32
8.1.2.1. Fibre Channel . . . . .	33
8.1.2.2. iSCSI . . . . .	36
8.1.3. Logical Volume Manager . . . . .	39
8.1.4. Datei System . . . . .	40
8.2. Datei-Basierend . . . . .	41
8.2.1. Network File System . . . . .	41
8.2.2. NAS Appliance . . . . .	44
8.3. Objekt-Basierend . . . . .	45
8.3.1. Verteilte Dateisysteme . . . . .	45
<b>9. Marktübersicht</b>	<b>47</b>
9.1. Speicherlösungen . . . . .	47
9.2. Marktsegment . . . . .	48
9.3. Gross Datenanbieter . . . . .	49
9.4. Welche aktuellen Speicherlösungen konnten sich im Markt etablieren? . .	49
9.5. Trend . . . . .	53
<b>10. Evaluation</b>	<b>55</b>
10.1. Soll-Kriterien festlegen . . . . .	55
10.1.1. Haupt Soll-Kriterien festlegen . . . . .	55
10.1.2. Unter Soll-Kriterien festlegen . . . . .	56
10.2. KO-Kriterien . . . . .	59
10.3. Auswahl der Alternativen / Vertreter . . . . .	59
10.3.1. Gewichtung der Soll-Kriterien mit AHP . . . . .	60
10.4. Analyse Alternativen auf KO-Kriterien . . . . .	74
10.5. Daten Sammeln . . . . .	74
10.5.1. Al-1: Hetzner Server . . . . .	74
10.5.2. Al-2 und Al-3: Netapp NFS und iSCSI . . . . .	79
10.5.3. Al-4: OpenStack Objekt Storage . . . . .	85
10.5.4. Al-5: Amazon S3 . . . . .	94
10.6. Evaluation KO Kriterien . . . . .	99
10.6.1. Evaluation KO Kriterien Szenario-1 . . . . .	99
10.6.2. Evaluation KO Kriterien Szenario-2 . . . . .	99
10.7. Evaluation Soll Kriterien . . . . .	102
10.7.1. Auswertung Szenario-1 . . . . .	102
10.7.2. Auswertung Szenario-2 . . . . .	102
<b>11. Empfehlung für den Auftraggeber</b>	<b>104</b>
<b>12. Machbarkeitsnachweis</b>	<b>106</b>
12.1. Architektur . . . . .	106
12.2. Installation Swift Cluster . . . . .	106

12.3. Anwendung mit Ruby API . . . . .	106
<b>13. Fazit</b>	<b>109</b>
13.1. Erkenntnisse aus der Arbeit . . . . .	110
13.1.1. Speichertechnologie . . . . .	110
13.2. Offene Fragen . . . . .	111
13.3. Schlusswort . . . . .	112
<b>Glossar</b>	<b>i</b>
<b>Anhang</b>	<b>x</b>
<b>A. Details zur Evaluation</b>	<b>xi</b>
A.1. Evaluation Soll Kriterien . . . . .	xi
A.1.1. Evaluation Soll Kriterien Szenario-1 . . . . .	xi
A.1.1.1. Kosten . . . . .	xi
A.1.1.2. Verfügbarkeit . . . . .	xii
A.1.1.3. Datenzugriffe . . . . .	xii
A.1.1.4. Speicherkapazität . . . . .	xiii
A.1.1.5. Datenschutz . . . . .	xiv
A.1.1.6. Technologie . . . . .	xv
A.1.2. Evaluation Soll Kriterien Szenario-2 . . . . .	xvii
A.1.2.1. Kosten . . . . .	xvii
A.1.2.2. Verfügbarkeit . . . . .	xx
A.1.2.3. Datenzugriff . . . . .	xxv
A.1.2.4. Speicherkapazität . . . . .	xxxi
A.1.2.5. Datenschutz . . . . .	xxxvi
A.1.2.6. Technologie . . . . .	xli
<b>B. Installation OpenStack Object Storage</b>	<b>xlix</b>
B.1. Generelle Konfiguration . . . . .	xlix
B.2. Storage Nodes Konfiguration . . . . .	xlix
B.3. Proxy Node Konfiguration . . . . .	liii

# Abbildungsverzeichnis

3.1. RAID-5 Architektur <i>RAID-5</i> [70] . . . . .	7
4.1. Rails Architektur [40] . . . . .	12
4.2. Verhältnis von Speicherplatzverbrauch zur Speicherkapazität in Prozent in einer Zeitspanne von einem Jahr . . . . .	14
8.1. Fibre Channel SAN mit Dual Switch Topologie . . . . .	35
8.2. Fibre Channel SAN mit Mashed Fabric Topologie . . . . .	36
8.3. Netapp IOPS Durchsatz für alle unterstützten Protokolle im Vergleich zu 4Gb FC mit 8K Blockgrösse[32] . . . . .	39
8.4. Netapp Latenz für alle unterstützten Protokolle im Vergleich zu 4Gb FC mit 8K Blockgrösse [32] . . . . .	39
8.5. NFS Architektur [32] . . . . .	42
9.1. Gartner Magic Quader März 2011 . . . . .	51
9.2. Gartner Magic Quader Modular Disk Array März 2011 . . . . .	52
9.3. [14]Anzal gespeicherte Objekte in Amazon S3 [14] . . . . .	53
10.1. Optimales Speichersystem Kriterien . . . . .	55
10.2. Dezidierter Server System und Netzwerk Architektur . . . . .	75
10.3. Interne Speicherarchitektur . . . . .	77
10.4. NetApp iSCSI Architektur . . . . .	79
10.5. NetApp RAID-DP doppelte Parität [69] . . . . .	80
10.6. NetApp NFS Architektur . . . . .	81
10.7. OpenStack Infrastrutkur . . . . .	86
10.8. Amazon S3 Netz und System Architektur . . . . .	95

# Tabellenverzeichnis

7.1. 9-Punkte-Bewertungsskala [52] . . . . .	28
7.2. Umgekehrte Relationen der Bewertungsskala [52] . . . . .	28
10.1. AHP Gewichtung Top Kriterien . . . . .	64
10.2. AHP Kosten . . . . .	65
10.3. AHP Verfügbarkeit . . . . .	66
10.4. AHP Gewichtung Datenzugriff . . . . .	68
10.5. AHP Gewichtung Speicherkapazität . . . . .	69
10.6. AHP Gewichtung Datenschutz . . . . .	71
10.7. AHP Gewichtung Technologie . . . . .	74
10.8. Kosten Hetzner Szenario-1 . . . . .	78
10.9. Kosten NetApp NFS/iSCSI Szenario-1 . . . . .	84
10.10Kosten NetApp NFS/iSCSI Szenario-2 . . . . .	85
10.11Kosten OpenStack Szenario-1 . . . . .	92
10.12Kosten OpenStack Szenario-2 . . . . .	94
10.13Kosten Amazon S3 Szenario-1 . . . . .	100
10.14Kosten Amazon S3 Szenario-2 . . . . .	101
10.15Evaluation Resultat Szenario-1 . . . . .	102
10.16Evaluation Resultat Szenario-2 . . . . .	102

# Listings

4.1. Report Dateisystem Speicherplatz Belegung in Dezimal Prefix . . . . .	13
12.1. Laden . . . . .	106
12.2. Anmelden an Speichersystem . . . . .	107
12.3. Server bzw. Speicher den Ringen hinzufügen . . . . .	107
12.4. Auflisten der Vorhandenen Containers . . . . .	107
12.5. Zugreifen auf den Container . . . . .	107
12.6. Erstellt ein Object und schreibt den Inhalt ins Objekt . . . . .	107
12.7. Objekte des Containers auflisten . . . . .	108
B.1. Installation generelle Host Pakete . . . . .	xlix
B.2. Erstell /etc/swift Ordner und setzt Berechtigung . . . . .	xlix
B.3. Swift in /etc/swift/swift.conf konfigurieren . . . . .	xlix
B.4. Installation Data-Node Pakete . . . . .	xlix
B.5. Partition auf zweiter Festplatte erstellen . . . . .	xlix
B.6. XFS Dateisystem in der Partition anlegen . . . . .	l
B.7. Mount Konfiguration anlegen . . . . .	l
B.8. Mount Anlegen . . . . .	li
B.9. Rsyncd in /etc/rsyncd.conf konfigurieren . . . . .	li
B.10.Rsync Aktivieren in /etc/default/rsync . . . . .	li
B.11.Rsync Starten . . . . .	li
B.12.Account Server in /etc/swift/account-server.conf konfigurieren . . . . .	li
B.13.Container Server in /etc/swift/container-server.conf konfigurieren . . . . .	lii
B.14.Object Server in /etc/swift/object-server.conf konfigurieren . . . . .	lii
B.15.Installation Proxy-Node Pakete . . . . .	liii
B.16.X.509 Zertifikats in /etc/swift erstellen . . . . .	liii
B.17.MemCached in /etc/memcached.conf konfigurieren . . . . .	liii
B.18.Memcached starten . . . . .	liii
B.19.Account Container und Object Ring erstellen . . . . .	liii
B.20.Server bzw. Speicher den Ringen hinzufügen . . . . .	liii
B.21.Ring rebalance . . . . .	liv
B.22.Dateien Verteilen . . . . .	liv
B.23.Proxy Dienst starten . . . . .	liv
B.24.Auf allen Nodes die Dienste starten . . . . .	liv



# 1. Vorwort

“The Expanding Digital Universe“, so bezeichnet das internationale US-amerikanische Marktforschung und Beratungsunternehmen “International Data Corporation“ (IDC) das starke Wachstum an generierten und gespeicherten Daten in einem Jahr. IDC hat seit Beginn ihrer Studie in 2007 festgestellt, dass sich der Speicherbedarf alle zwei Jahre verdoppelt hat. Bleibt die Zunahme der Daten während den nächsten 10 Jahre konstant, haben wir so viele digitale Bits erstellt wie es Sterne im Universum gibt. Der grössere Teil der Daten werden unstrukturierte Daten sein (im Gegensatz zu verknüpften Daten eines Datenbanksystems), was das Ganze so komplex erscheinen lässt wie das Universum. [24]

## 1.1. Was bedeutet dieses starke Wachstum für uns?

Neben der zunehmenden Digitalisierung, hat sich auch das Volumen des Speicherplatzes der eingesetzten Speichermedien weiter entwickelt. Auf einem gegebenen Speichermedium können pro cm<sup>2</sup> immer mehr Daten gespeichert werden. Die Bedürfnisse der Anwender konnten bisher nicht zufriedenstellend erfüllt werden. Die Entwicklungsabteilungen der Speichermedium Hersteller hinken deshalb den Marktanforderungen seit jeher hinterher. Heerscharen von Ingenieuren beschäftigen sich seit Beginn des digitalen Zeitalters mit der Entwicklung immer effizienteren Technologien, um die Flut der Daten speichern zu können und für viele Benutzer abrufbar und bearbeitbar zu halten. Neben hardwaretechnischen Fortschritten des Speichermediums, um die physischen Speichergrenzen mit höherer Datendichte zu überwinden, entwickelt die Industrie zum Beispiel immer effizientere Algorithmen, um mit Logik und Software die Daten ohne Verlust der wesentlichen Informationen höher komprimieren zu können, d.h. das zu speichernde Datenvolumen substanziell zu verkleinern. Die bereits realisierten Lösungen zeigen, dass die Grenzen noch nicht erreicht sind.

## 1.2. Konsequenzen für den Service Provider

Das Zürcher Startup Unternehmen “Reference Image AG“ betreibt und entwickelt eine Webapplikation zur Speicherung, Archivierung, Verwaltung und Bearbeitung von qualitativen, hochauflösenden digitalen Bildern. Zu Ihrem Kundensegment gehören Galerien,

Museen, Künstler und Fotografen die sehr hohe Ansprüche an die Qualität Ihrer Bilder haben. Die Reference Image AG erlaubt die Speicherung von Bildgrößen bis zu 2 Gbyte. Das heutige Speichersystem ist bereits zu über 50 % ausgelastet, so dass sich ein Überdenken der zukünftigen Speicherarchitektur aufdrängt. Tests basierend auf der NFS Speicherarchitektur haben ungenügende Performance ergeben. Das neue Speichersystem soll die Anforderungen an die folgenden Leistungskriterien erfüllen, welche im Soll-Konzept ausführlicher beschrieben sind:

- Skalierbarkeit der Architektur (Anzahl Datenabfragen und Erweiterung der Speicherkapazität, bzw. des Datenvolumens)
- Datendurchsatz / Performance
- Datenverfügbarkeit (365 x 24)
- Datenintegrität (Gewährleistung der Fälschungssicherheit der Daten, Bilder)
- Datenqualität (die Originalauflösung der Bilddaten wird beibehalten, bzw. nicht komprimiert)
- Wirtschaftlichkeit (attraktives Preis-/Leistungsverhältnis).

Der Auftraggeber hat bezüglich der Skalierbarkeit festgelegt, dass die Anwendung verteilt über mehrere Standorte/Systeme betrieben werden soll. Da die Nutzung des Portals mit laufend wachsenden Besucherzahlen kontinuierlich steigt, wird die hohe Verfügbarkeit der Daten immer wichtiger und entscheidend für den Erfolg des Unternehmens. Die Software und Hardware Architektur soll diesem Umstand Rechnung tragen. Die heutigen Infrastruktur-Betriebskosten sind tief. Die Investitionen in das neue System sollen aus den erwarteten Gebühreneinnahmen der nächsten 5 Jahren getragen werden können. Eine rasche Amortisation der Investitionen gibt dem Unternehmen den nötigen Freiraum, den künftigen Bedürfnissen der Kunden zeitnah und angemessen zu entsprechen.

### **1.3. Fazit**

Um unseren stetig steigenden Bedarf an Speicherplatz decken zu können, werden wir auch zukünftig immer wieder neue Lösungen für die Speicherung der Daten finden müssen. Die good news ist: die Grenzen dafür sind noch nicht erreicht.

## 2. Zusammenfassung

Der Auftraggeber, ein Zürcher Startup Unternehmen, betreibt und entwickelt eine Bild-Archiv Webapplikation für Kunden mit hohen Ansprüchen an die Qualität ihrer Bilder. Die Anwendung erlaubt das Speichern, Archivieren, Verwalten und die Druckaufbereitung von qualitativ hochauflösenden digitalen Bildern. Ein einzelnes Bild kann eine Speichergrösse von bis zu 2 Gigabyte beanspruchen. Das Archiv belegt schon heute mehr als 2,5 Terrabyte Diskplatz.

Die Aufgabe dieser Arbeit besteht darin, ein geeignetes Speichersystem zu evaluieren, welches die Anforderungen für eine Speichergrösse von 11,5 Tebibyte in Szenario 1 und für 218 Tebibyte in Szenario 2 am besten erfüllt. In der Arbeit sollen die Anforderungen bezüglich Skalierbarkeit der Speicherkapazität und Anzahl Datenabfragen, der Datendurchsatz, die Datenverfügbarkeit, die Datenintegrität sowie die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems untersucht werden.

Bis anhin werden die Daten auf einem einzelnen gehosteten Server gespeichert, auf welchem auch die Webapplikation betrieben wird. Um die Daten vor Verlust zu schützen, sind die Festplatten des Servers mit einem RAID-5 System konfiguriert. Die verfügbare Speicherkapazität ist bereits zu über 50 % ausgelastet und kann nicht ohne Upgrade auf ein neues System erweitert werden. Bei gleichbleibendem Datenwachstum ist die freie Kapazität innert sieben Monaten erschöpft. Das bestehende System kann die Anforderungen bezüglich Verfügbarkeit und Skalierbarkeit nicht erfüllen. Das Überdenken der künftigen Speicherarchitektur drängt sich deshalb auf.

Die heutigen am Markt erhältlichen Speicherarchitekturen lassen sich in der obersten Kategorie in Block-, Datei- und Objekt-basierte Systeme unterteilen. Die Block-basierende Speicherarchitektur ist wohl die traditionellste und die am weitverbreitetste Form von allen. Block-basierende Speicher können mittels FibreChannel oder iSCSI über ein Speichernetzwerk (SAN) an mehrere Server-Systeme zur Verfügung gestellt werden. Mit dem Aufkommen von Desktop-Computern wuchs der Bedarf, die Daten zentral für alle Benutzer abzulegen, danach dezentral auf diese zugreifen zu können. Aus dieser Anforderung heraus wurden die datei-basierenden Speicherarchitekturen entwickelt. Dazu gehört das Network File System (NFS). Objekt-basierende Speichersysteme werden zunehmend bei sehr hohem Speicherkapazitätsbedarf gewählt, oder in Projekten in denen die Daten aus Gründen der Performanceoptimierung verteilt auf verschiedene Systeme gespeichert werden sollen.

Für die Evaluation wurde das Analytic Hierarchy Process (AHP) Verfahren gegenüber der Nutzwertanalyse bevorzugt. Bei AHP wird durch den hierarchischen Analyseprozess die Evaluation stark strukturiert. Der Analyseprozess, unterstützt mit einer Softwareanwendung, erlaubt die neutrale Berechnung der zu untersuchenden Lösungsvarianten. Bei vielen zu vergleichenden Kriterien erwächst zwar schnell ein etwas höherer Arbeitsaufwand, das Ergebnis der Analyse ist aber jederzeit gut dokumentiert und nachvollziehbar.

Für die Evaluation wurde jeweils ein Produktvertreter für jede der zu untersuchenden Speicherarchitekturen gewählt. Es wurden die heute am Markt angebotenen Architekturlösungen berücksichtigt, wie die Block-basierenden, Datei-basierenden und Objekt-basierenden Produkte. Ferner wurden ein Vertreter von Online Speicher (Amazon S3) und der bisherige Anbieter der bestehenden Lösung einbezogen. Anbieter von Cloud-Speicherplatz wie Google Drive, iCloud, myDrive oder Dropbox bieten zwar Speicherlösungen für Endanwender (consumer frontend services) an, konnten aber wegen der fehlenden Möglichkeit die bestehende Anwendung des Auftraggebers einzubinden, nicht berücksichtigt werden.

Untersucht wurde zudem die Eignung von einer Private Cloud, Community Cloud oder Public Cloud Lösung. Private Cloud beinhaltet den Aufbau eines eigenen Datencenters basierend auf der OpenStack Object Storage Lösung, währendem bei Community und Public Cloud Hosting-Anbieter gemeint sind, welche die gesamte IT-Infrastruktur mit einer bestimmten Speicherarchitektur samt Unterhalt und Verwaltung als Service anbieten. Es hat sich gezeigt, dass der Betrieb eines eigenen Datacenters mit eigenen Mitarbeitern zwar interessant ist, sich finanziell im Vergleich zu Hosting-Lösungen jedoch nicht rechnet.

Als Vertreter für Block-basierende Speicher wurde das Speichersystem des Herstellers NetApp gewählt, welches den Speicher über iSCSI den Applikations-Servern zur Verfügung stellt. Als Vertreter für Datei-basierende Speicher wurde dieselbe NetApp gewählt, welche den Speicher auch über NFS den Applikations-Servern zur Verfügung stellt. Als Vertreter von Objekt-basierenden Speichern wurde OpenStack Object Storage gewählt, die ebenfalls für Online Speicher eingesetzt wird. OpenStack Object Storage verwendet für die Speicherung gewöhnliche Computer-Systeme und erreicht durch redundante Verteilung der Daten eine hohe Verfügbarkeit. Dabei sind alle Daten auf mindestens drei Computer-Systemen gespeichert. Als Vertreter von Online Speicher wurde Amazon S3 berücksichtigt.

Das Evaluationsresultat empfiehlt als Gewinner für beide der oben beschriebenen Speicherbedarfsszenarien Amazon S3. Amazon S3 erhielt wegen den niedrigen Gesamtkosten (TCO), der beliebig skalierbaren Speicherkapazität, der hohen Redundanz und für die Sicherstellung der Datenintegrität die meisten Punkte. An zweiter Stelle bei Szenario zwei platzierte sich NetApp iSCSI dicht gefolgt von OpenStack Object Storage, welche beide aufgrund der hohen Personalkosten sich hinter Amazon S3 klassierten.

Für die OpenStack Object Storage wurde ein geeignetes System für die Machbarkeitsstudie aufgebaut und erfolgreich getestet. Dadurch dass sich Amazon S3 und OpenStack Object Storage ähnlich sind, kann abgeleitet werden dass auch die empfohlene Lösung mit Amazon S3 umsetzbar ist.

## 3. Definitionen

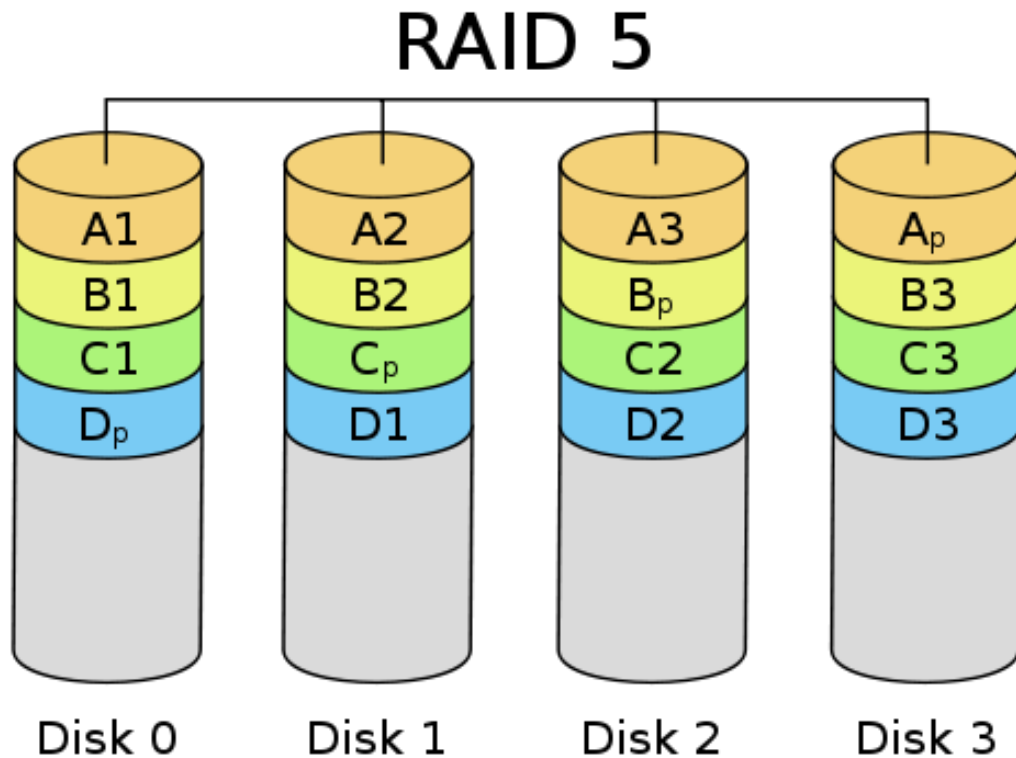
### 3.1. Speichereinheit

In der Arbeit werden die Angaben zu den Speichereinheiten anhand des SI-Standards [66] verwendet, welcher zwischen Dezimal Präfixe, wie sie bei Festplatten angewendet werden, und Binär Präfixen unterscheidet.

### 3.2. RAID-5

Ein RAID-5 Festplatten-Array besteht aus  $N$  identischen Festplatten auf welchen die Daten verteilt gespeichert sind. Die Einheit an Daten, welche auf derselben physischen Festplatte platziert ist, bevor weitere Daten auf eine andere Festplatte geschrieben werden, wird als eine Stripe-Einheit bezeichnet. In der **Abbildung 3.1** wird eine Stripe-Einheit durch Blöcke dargestellt. Z.B. stellt  $A_1$  eine Stripe-Einheit dar. [34]

Stripe-Einheiten, welche auf allen Festplatten verteilt denselben physikalischen Platz bzw. Adressbereich belegen, bezeichnet man als Stripe. In der **Abbildung 3.1** sind diese durch gleichfarbige Blöcke dargestellt. Hier repräsentieren z.B. die Stripe-Einheiten  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  und  $A_p$  einen Stripe. Jeder Stripe enthält mehrere Daten Stripe-Einheiten und eine Parität Stripe-Einheit. Eine Parität Stripe-Einheit ist eine XOR-Verknüpfung aller Daten Stripe-Einheiten eines Stripes. Durch die Speicherung und Berechnung einer Parität Stripe-Einheit pro Stripe, ermöglicht es in einem RAID-5 den Ausfall einer einzelnen Festplatte zu kompensieren. Die verlorenen Stripe-Einheiten der ausgefallenen Festplatte können durch das Lesen aller vorhandenen Daten Stripe-Einheiten und der Parität Stripe-Einheit der noch intakten Festplatten wiederberechnet bzw. rekonstruiert werden. Die Anzahl der Stripe-Einheiten eines Stripes ist durch die Stripe Width ( $W_s$ ) definiert. Die Anzahl der Daten Stripe-Einheiten in jedem Stripe ist durch  $W_s - 1$  definiert. [34]

Abbildung 3.1.: RAID-5 Architektur *RAID-5* [70]

Die einzelnen Parität Stripe-Einheiten werden in rotierender Folge über die Festplatten verteilt. Dieses Verfahren trägt dazu bei, die I/O Last, welche durch Anfragen eine Aktualisierung der Parität veranlassen, auf die einzelnen Festplatten besser zu verteilen. Weil die Daten in einem RAID-5 auf mehrere Festplatten verteilt sind, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass eine Festplatte bei einer I/O Operation beteiligt ist, was wiederum den Datendurchsatz und die I/O Rate eines Array erhöht. [34]

Für die Speicherung der Parität, muss ein Teil der gesamten Festplattenkapazität reserviert werden. Die für die Daten verfügbare Nettokapazität eines RAID-5 Arrays mit  $n$  Festplatten und  $s$  Speicherkapazität pro Festplatte lässt sich mit folgender Formel [34] berechnen:

$$\text{Speicherkapazität RAID-5} = (N - 1) * S \quad (3.1)$$

### 3.3. Spare-Disk

Spare-Disk sind leere Festplatten, welche beim Ausfall einer Festplatte im RAID vom RAID System automatisch als Ersatz-Festplatte verwendet werden kann. Durch den Einsatz von Spare-Disk verkleinert sich die MMTR, so dass die Wiederherstellung des

RAID sofort nach dem Erkennen des Festplattenausfalls starten kann.

### 3.4. MTTR

MTTR ist die Abkürzung von “Mean Time To Recovery“ und bedeutet so viel wie die durchschnittliche Zeit, welche eine Komponente benötigt, um sich nach einem Fehler wieder herzustellen. Die MTTR in einen RAID-5 berechnet sich aus der Zeit bis eine Ersatzfestplatte installiert ist und der Disk Wiederherstellungszeit.

$$MTTR_{RAID} = Replacement + Rebuild_{RAID} \quad (3.2)$$

Die Disk Wiederherstellungszeit in einem RAID-5 ist von den folgenden Faktoren abhängig:

- Anzahl der Festplatten
- Speicherkapazität
- Periodisierung der Rekonstruktion gegenüber dem normalen I/O
- normale I/O-Last während der Rekonstruktion
- CPU Last

Für die Ist-Analyse stehen keine aussagekräftigen Statistiken für die Disk Wiederherstellungszeit zur Verfügung. Es wird deshalb angenommen, dass heute eine allfällige MTTR 24 Stunden betragen würde.

### 3.5. MTBF

MTBF ist die Abkürzung von “Mean Time Between Failure“ und bedeutet so viel wie die durchschnittliche Betriebszeit einer Komponenten bis ein Fehler eintritt. Hersteller von Festplatten geben diesen Wert an, um die durchschnittliche Lebensdauer einer Festplatte zu beschreiben.

Die MTBF mit n Festplatten berechnet man in einem RAID-5 [20] wie folgt:

$$MTBF_{RAID-5} = \frac{MTBF_{Disk}^2}{N * (N - 1) * MTTR_{Disk}} \quad (3.3)$$



### 3.6. Verfügbarkeit

Ein Service bzw. ein System gilt als verfügbar, wenn es seine dafür bestimmte Tätigkeit vollständig erfüllt. Die Wahrscheinlichkeit, in welcher ein Service in einer definierten Periode verfügbar ist, bezeichnet man als Verfügbarkeit [30]. Im Idealfall darf ein Service nie ausfallen und soll immer verfügbar sein. In der Realität ist eine perfekte Verfügbarkeit kaum gewährleistet. Es wird angestrebt, die erforderliche oder gewünschte Verfügbarkeit möglichst genau auszudrücken, damit mit Kennzahlen und Metriken die Verfügbarkeit definiert und gemessen werden kann.

Die Verfügbarkeit wird aus dem Verhältnis der verfügbaren Zeit (Uptime) und der nicht verfügbaren Zeit (Downtime) eines Services [30] bemessen:

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{Uptime}}{\text{Downtime} + \text{Uptime}} \quad (3.4)$$

### 3.7. Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit beschreibt die vom Hardware Speicherhersteller und dem Serviceanbieter als Speicherdienstleister “Storage Service Provider (SSP)” gewährleistete Verfügbarkeit der Daten und die zugesicherte Antwortzeit beim Datenzugriff während dem Normalbetrieb. [67]

In dieser Arbeit wird der Begriff dazu verwendet, die gewährleistete Verfügbarkeit für den Datenzugriff des Speichersystems zu beschreiben. Die Datenverfügbarkeit aus der Sicht des Endbenutzers der Webapplikation wird mit diesen Begriff nicht definiert.

### 3.8. Hochverfügbarkeit

Die Autorin Andrea Held beschreibt in Ihrem Buch den Begriff “Hochverfügbar“ wie folgt:

*Ein System gilt als hochverfügbar, wenn eine Anwendung auch im Fehlerfall weiterhin verfügbar ist und ohne unmittelbaren menschlichen Eingriff weiter genutzt werden kann. In der Konsequenz heisst dies, dass der Anwender kein oder nur eine kurze Unterbrechung wahrnimmt.*

[30]

Harvard Research Group hat die Verfügbarkeit in Verfügbarkeitsklassen eingeteilt:

- Conventional (AEC-0): Funktion kann unterbrochen werden, Datenintegrität ist nicht essentiell
- Highly Reliable (AEC-1): Funktion kann unterbrochen werden, Datenintegrität muss jedoch gewährleistet sein.
- High Availability (AEC-2): Funktion darf nur innerhalb festgelegter Zeit beziehungsweise zur Hauptbetriebszeit minimal unterbrochen werden.
- Fault Resilient (AEC-3): Funktion muss innerhalb festgelegter Zeiten beziehungsweise während der Hauptbetriebszeit ununterbrochen aufrechterhalten werden.
- Fault Tolerant (AEC-4): Funktion muss ununterbrochen aufrechterhalten werden. Der 24\*7 Betrieb (24 Stunden, 7 Tage die Woche) muss gewährleistet sein.
- Disaster tolerant (AEC-5): Funktion muss unter allen Umständen verfügbar sein.

[30]

In der Arbeit werden zur Verfügbarkeitsbestimmung die Verfügbarkeitsklassen von Harvard Research Group verwendet.

### 3.9. Daten Integrität

Daten können durch Manipulationen oder durch Bit Fehler verfälscht werden. Solche Verfälschungen können zu Informationsverlust in den Daten bis hin zu vollständigen Korruption der Daten führen. Bernd Panzer-Steindel hat zusammen mit Tim Bell, Olof Barring und Peter Kelment am CERN die Integrität von Daten untersucht. Ihre Untersuchung hat gezeigt, dass die Fehlerrate auf dem Niveau von  $10^{-7}$  liegt, und hat verschiedene Ursachen. Eine Ursprung stellt die Festplatte selbst dar. Für die Untersuchung haben sie auf 3000 Servern alle zwei Stunden eine 2 Gigabyte Datei mit einem speziellen Bit-Muster geschrieben, neu eingelesen und mit dem Muster verglichen. Nach einer Laufzeit von 5 Wochen konnten 500 Fehler auf 100 Servern registriert werden. [49]

### 3.10. Standortübergreifend

Für die Gefahren von Datenverlust oder den Verlust der Verfügbarkeit beim Ausfall eines Standortes zu vermeiden, werden die Daten standortübergreifend verfügbar gemacht. Häufig werden dazu die Daten an zwei physisch getrennten Standorten gleichzeitig geschrieben und optional an einem dritten weiter entfernten Standort zeitversetzt geschrieben.

## 4. Ist-Analyse

Ziel der Ist-Analyse ist es, mit der Situationsanalyse den aktuellen Stand des bestehenden Systems bzw. der Speicherinfrastruktur zu beschreiben und zu bewerten. Die Ist-Analyse ist Ausgangspunkt für das Soll-Konzept und dient zur Darstellung der Vor- und Nachteile zwischen den beiden Systemen. Allerdings fehlen vom bisherigen System historische Messdaten, welche nicht mehr eruiert werden konnten. Die Angaben für die Ist-Analyse wurden in diversen Interviews mit dem Auftraggeber und aus den von ihm gelieferten schriftlichen Dokumenten erhoben und zusammengestellt.

### 4.1. Bestandesaufnahme

#### 4.1.1. Anwendungs-Architektur

Die genaue Anwendungs-Architektur wird hier nicht beschrieben, da dies die Geschäftsgeheimnisse des Auftraggebers verletzen würde. Es werden deshalb nur die Teile davon beschrieben, welche die Geschäftsgeheimnisse des Auftraggebers nicht verletzen und für diese Arbeit von Belang sind.

Die Applikation ist eine Web-Applikation, welche auf dem Web-Framework Ruby On Rails aufsetzt. Wie dem Namen “Ruby On Rails“ zu entnehmen ist, basiert das Framework auf der Programmiersprache Ruby. Ruby ist eine dynamische, Objekt-orientierte, interpretierbare Programmiersprache, von Yukihiro Matsumoto, der sie 1995 der Öffentlichkeit vorgestellt hat und heute sehr beliebt ist und sich einer breiten Gemeinschaft (engl. Community) erfreut. Ein Ruby Programm benötigt für deren Ausführung keine Kompilation.

Ruby On Rails auch “Rails“ oder “RoR“ genannt, implementiert eine Model-View-Controller Architektur. Die drei Sub-Frameworks, spielen dabei eine signifikante Rolle in der Separierung des Codes: Active Record, Action View, und Action Controller. Die drei Sub-Frameworks sind auch im **Abbildung 4.1** dargestellt (nach [12]).

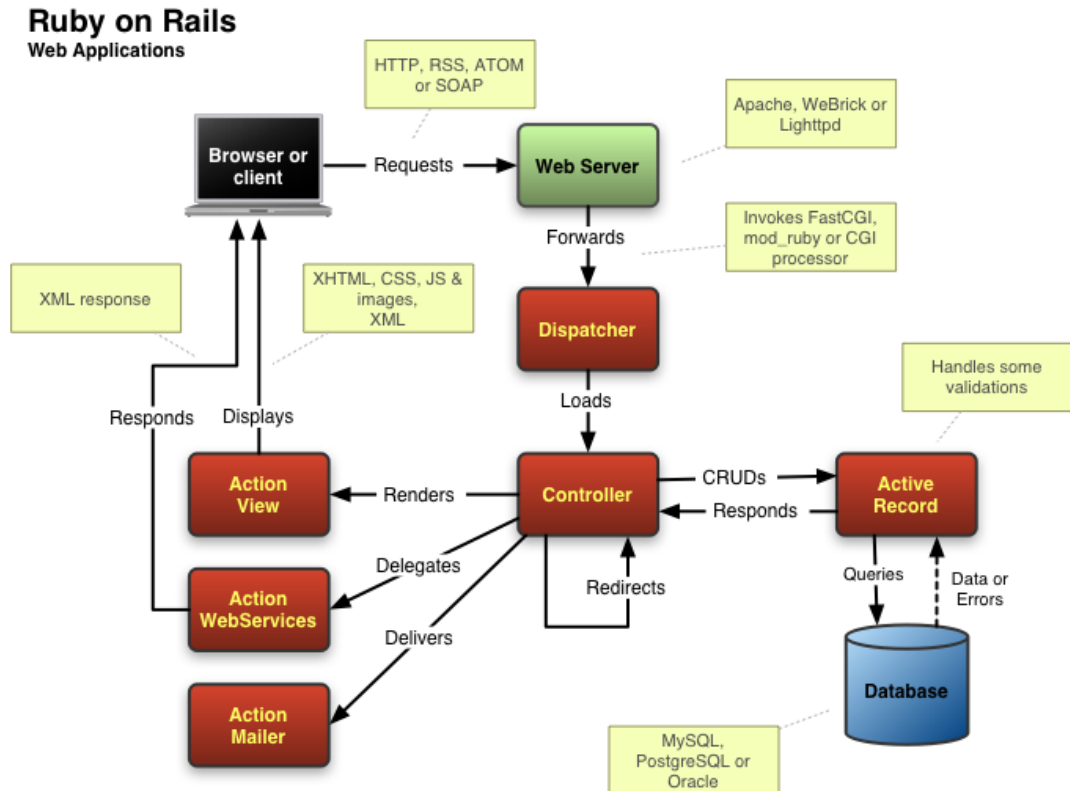


Abbildung 4.1.: Rails Architektur [40]

Beides, Ruby On Rails und Ruby sind Open-Source Programme. Die Quellprogramme sind für jeden Programmierer offen. Ruby wird unter der Lizenz “Ruby License“ und GPL veröffentlicht, während Rails unter der “MIT License“ veröffentlicht ist.

#### 4.1.2. System-Architektur

Die bestehende Kunden-System-Architektur besteht aus einem einzelnen Server, welcher von einem bekannten deutschen Webhosting-Provider gemietet wird. Beim gemieteten System handelt es sich um einen x64 Mikroarchitektur.

#### 4.1.3. Speicher-Architektur

Die Speicher-Architektur besteht aus einem internen Block-basierendem RAID-5 Festplattenspeicher. Die im Server verbauten Festplatten (RAID-5) werden mittels dem Linux Software RAID Kernel<sup>1</sup> und dem Verwaltungstool mdadm<sup>2</sup> zu einer logischen Einheit zusammengefasst. Für das RAID-5 werden drei “SATA 2“ Festplatten verwendet, welche jeweils eine Speicherkapazität von 2 Terabyte bzw. 1,818 Tebibyte aufweisen.

<sup>1</sup><https://raid.wiki.kernel.org/>

<sup>2</sup><http://neil.brown.name/blog/mdadm>

Im RAID Speicher sind ein root Dateisystem für das Betriebssystem, die Webapplikation, Datenbank, Logdateien und sämtliche Bilddaten installiert.

#### 4.1.4. Speicherkapazität

Die von RAID-5 zur Verfügung gestellte Speicherkapazität beträgt gemäss **Berechnung 4.1** 3,636 Tebibyte, davon sind nach Installation des Dateisystems  $\approx 3,5$  Tebibyte bzw. ca. 3,8 Terabyte effektiv verfügbar. Davon sind anhand des  $df^3$  Befehls, wie im **Listing 4.1** ersichtlich, ca. 2,5 Terabyte für das Betriebssystem, die Webapplikation, Datenbank, Logdateien und Bilddaten reserviert. Als freier Speicherplatz verbleiben ca. 1,3 Terabyte.

$$\text{Speicherkapazität RAID-5} = (3 - 1) * 1,818 \text{ TiB} = 3,636 \text{ TiB} \quad (4.1)$$

Listing 4.1: Report Dateisystem Speicherplatz Belegung in Dezimal Prefix

```
1 root@www1:~# df -h
2 Filesystem Size Used Avail Use% Mounted on
3 simfs 3.8T 2.5T 1.3T 67% /
```

---

#### 4.1.5. Datenwachstum

Das **Abbildung 4.2** zeigt den Speicherzuwachs von Mitte Juni bis Ende November 2011.

---

<sup>3</sup><http://www.debianadmin.com/manpages/dfmanpage.htm>

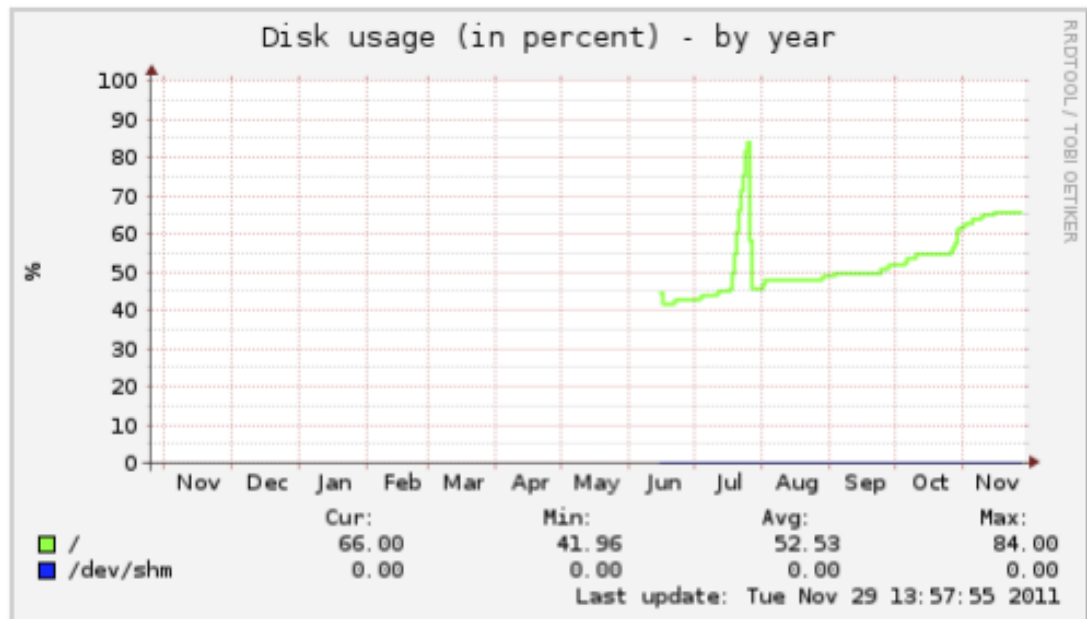


Abbildung 4.2.: Verhältnis von Speicherplatzverbrauch zur Speicherkapazität in Prozent in einer Zeitspanne von einem Jahr

#### 4.1.6. Zugriffswachstum

Für die Ist-Aufnahme konnten keine historischen Messdaten zur Verfügung gestellt werden.

#### 4.1.7. Skalierbarkeit Datenvolumen

Während dem Betrieb ist ein Ausbau der Speicherkapazität (Skalierbarkeit) nicht möglich. Eine Vergrößerung der Speicherkapazität ist nur durch den Wechsel auf ein anderes Hostingprodukt möglich. Dies erfordert eine Migration auf eine neue Server-Plattform.

#### 4.1.8. Skalierbarkeit Datenzugriffe

Keine Skalierung möglich.

#### 4.1.9. Daten Durchsatz I/O

Für die Ist-Aufnahme konnten keine historische Messdaten zur Verfügung gestellt werden.

### 4.1.10. Daten Redundanz

Die Daten-Redundanz wird durch das RAID-5 gewährleistet.

### 4.1.11. Datenverfügbarkeit

Stromausfälle und Netzwerkstörungen im Rechenzentrum des Hosting Hostings führten zu Störungen und Ausfällen in der Webapplikation und in der Datenauslieferung. Die Störungen wurden jedoch nicht dokumentiert, weshalb keine statistische messbare Aussage über die erreichte Datenverfügbarkeit gemacht werden kann.

### 4.1.12. Daten Sicherheit

Die Daten sind durch Verschlüsselung vom unerlaubten Fremdzugriff geschützt. Für die Verschlüsselung wird das Device Mapper Module dm-crypt eingesetzt. dm-crypt verschlüsselt die Daten bereits auf Blockebene und ist somit für das Dateisystem transparent. Der Hosting-Provider hat geeignete Objektbezogene Schutzmassnahmen installiert, welche den unerlaubten physischen Zugriff auf die Systeme und Daten verhindert.

### 4.1.13. Daten Integrität

Zu jedem Bild wird eine Hash Prüfsumme (engl. Checksum) gespeichert, die bei jedem Backup geprüft wird. Die Daten-Integrität ist somit weitgehend sichergestellt.

### 4.1.14. Sicherung

Es wird täglich mittels dem Tool ccollect<sup>4</sup> ein R-Sync Sicherung (engl. Backup) der Daten erstellt. Die Sicherung wird ausser Hause gelagert.

### 4.1.15. Wirtschaftlichkeit

Die Kosten für die Speicherung der Daten inklusive Webinfrastruktur sind vergleichsweise zu alternativen Lösungen tief.

---

<sup>4</sup><http://www.nico.schottelius.org/software/ccollect/>

#### 4.1.16. Lokalität

Die Web-Applikation inklusive dessen Primären-Daten werden am selben Standort betrieben. Die Sicherungsdaten (engl. Backupdata) werden an einen separaten Standort gelagert. Der Zugriff auf die Backup-Daten innert 30 Minuten ist gewährleistet.

### 4.2. Analyse-Ergebnisse

#### 4.2.1. Datenwachstum und Speicherkapazität

Die Messdaten aus dem **Abbildung 4.2** zeigen, dass das Datenvolumen seit Juni 2011 bis Ende November 2011 mit Ausnahme einer unregelmässigen Spitze und einem grösseren Wachstumsschub Ende Oktober kontinuierlich zugenommen hat. Die etwas erhöhte Spitze lässt sich durch eine vorübergehende technische Änderung am System erklären und hat somit für die Auswertung keine Relevanz. Während der erwähnten Zeitspanne hat das Datenvolumen von 1,634 Terabyte auf 2,546 Terabyte zugenommen. Dies entspricht einer Datenzuwachsrate von 0,912 Terabyte bzw. 55,8% in fünf Monate. Das durchschnittliche Datenwachstum beträgt 0,182 Terabyte bzw. 11,1% pro Monat.

Setzt sich der bisherige Trend fort, so ist die verfügbare Speicherkapazität von 3,8 Terabyte in weniger als 7 Monate erschöpft. Berücksichtigt man bei diesem durchschnittlichen Datenwachstum mögliche Wachstumsschübe für Neukunden, welche durch das Einlesen von deren bestehende Bilddatenbanken entstehen könnten, so reduziert sich die Kapazitätsreserve nach unten und würde eine vorzeitige Umstellung auf ein neues System bedingen.

Gemäss des Auftraggebers ist ferner ein neues Feature für die Web-Applikation geplant, welches den Speicherplatzbedarf verdoppeln würde. Die aktuelle Speichersituation lässt momentan den produktiven Einsatz des neuen Feature nicht zu. Das durchschnittliche Datenwachstum würde voraussichtlich auf 0,364 Terabyte pro Monat steigen.

Die jetzige Speicherkapazität erfüllt schon heute die Anforderungen nicht mehr.

$$\text{Datenwachstum}_{\text{Monate}5} = 2,546\text{TB} - 1,634\text{TB} = 0,912\text{TB} \quad (4.2)$$

$$\text{Datenwachstum}_{\text{Monate}5} = \frac{0,912\text{TB}}{\frac{1,634\text{TB}}{100\%}} = 55,813\% \quad (4.3)$$



$$\text{Durchschnittliches Datenwachstum}_{\text{Monate}} = \frac{0,912\text{TB}}{5\text{m}} = 0,1824\text{TB} \quad (4.4)$$

$$\text{Durchschnittliches Datenwachstum}_{\text{Monate}} = \frac{55,813\%}{5\text{m}} = 11,162\% \quad (4.5)$$

#### 4.2.2. Skalierbarkeit Datenvolumen

Die eingesetzte Speicherarchitektur lässt eine Skalierung des Datenvolumen mittels hinzufügen von weiteren Festplatten oder durch Migration auf grössere Festplatten zu. Die maximale Anzahl von Festplatten wird dabei durch die Anzahl vorhandener SATA Anschlüsse im Server bestimmt. Beim eingesetzten Server handelt sich um ein Hostingprodukt, welches begrenzt ausbaubar ist. Bei Hostinglösungen erfolgt die notwendige Skalierung oft durch hochrüsten mittels Migration auf eine leistungsfähigere und besser ausgebaute Hostinglösung. Der Ausbau auf eine leistungsfähigere Hardware bedingt ferner die Prüfung und den allfälligen Ausbau des Service Levels Agreement.

#### 4.2.3. Skalierbarkeit Datenzugriffe

Eine mögliche Skalierung bezüglich des Datendurchsatzes könnte durch schnellere Festplatten, durch eine optimierte Verteilung der I/O-Operationen auf verschiedene Festplatten oder durch die Verteilung der Daten auf weitere Systeme erreicht werden. Zu beachten sind auch hier dieselben Prämissen, wonach wie beim Ausbau des Datenvolumens das bestehende System nur sehr begrenzt ausbaufähig ist bzw. auf ein anderes Hostingprodukt migriert werden müsste.

**Skalierung durch schnellere Festplatten:** Moderne Festplatten, mit Ausnahme von den teuren Solid State Disk (SSD), bieten zwar eine grössere Speicherdichte, aber aufgrund der erreichten physikalischen Grenzen keine bedeutend effizientere IOPS. Eine Festplatte mit 7200 RPM erreicht durchschnittlich ein IOPS zwischen 75 und 100 IOPS. Bei SSD Disks wurden schon 1'190'000 IOPS in einem einzelnen PCI Geräte gemessen. [65] [31] Ein Wechsel auf die genannten SSD Festplatten, ist momentan noch mit sehr hohen Kosten pro Gigabyte verbunden. Gartner geht davon aus, dass 2012 die Preise pro Gigabyte bei SSD auf durchschnittliche 1 \$ sinken werden. Gegenüber den heutigen Preisen bei konventionellen Festplatten von 30 Cents pro Gigabyte ist dies immerhin 3x teurer. Aus diesem Grund werden SSD Disks bei grossen Datenvolumen meist noch nicht eingesetzt, ausser spezielle Anforderungen an die Performance rechtfertigt die höhere Investition. [5]

**Skalierung durch Verteilung der I/O Operationen:** Ein RAID oder Volume Manager bietet die Möglichkeit, die I/O Operationen auf mehrere Festplatten zu verteilen. In einem RAID-5 verkleinert sich wie in Kapitel **Kapitel 4.2.2** beschrieben, die MTTF mit jeder weiteren Festplatte. Zudem sind die verfügbaren Anschlüsse in einem Server ebenfalls ein zu berücksichtigender limitierender Faktor.

**Skalierung durch Verteilung der Daten:** Beim Kunden haben nicht alle Kategorien von Daten dieselben Anforderungen an den Durchsatz. Datenbanken z.B. benötigen in der Regeln einen höheren IOPS als statische Daten wie z.B. Bild-Daten, welche weniger oft abgefragt werden. Für die Verteilung der Daten ist eine Änderung in der System-Architektur und allenfalls in der Anwendungs-Architektur sinnvoll. Ein Beispiel für eine solche Anpassung der System-Architektur wäre die Auslagerung der Datenbank auf ein separates System, welches mit schnellen Solid State Disk ausgerüstet ist.

#### 4.2.4. Redundanz

Eine RAID-5 System bietet wie im **Absatz 3.2** beschrieben, keine 1:1 Redundanz. Die Daten sind im RAID-5 nicht doppelt gespeichert, sondern werden bei einen Datenverlust mittels XOR Operation aus den Parität Stripes und den vorhandenen Daten Stripe-Einheiten berechnet.

Beim Zugriff auf einen verlorenen Daten Stripe werden die Daten online berechnet. Die Berechnung der Daten, verringert die Performance des Systems.

Treten bei einer Festplatte Fehler auf, werden die verlorenen Daten bei einem Zugriff aus der Parität Stripe Einheit berechnet. Der Zugriff auf die Daten ist somit während des Betriebs möglich. Wird die ausgefallen Festplatte durch eine neu intakte Festplatte ersetzt, können die Daten durch einen Wiederherstellungsprozess (engl. Rebuild) während des Betriebs wieder hergestellt werden, welcher je nach Datenvolumen mehrere Stunden oder Tage beanspruchen kann. Durch die Berechnung und Schreib/Lese Operationen im RAID während des Wiederherstellungsprozesses verschlechtert sich der Datendurchsatz und I/O Rate für den Datenzugriff.

Einen Ausfall einer weiteren Festplatten kann das RAID-5 System nicht mehr kompensieren und führt zu einem physischen Datenverlust aller Primären-Daten . Die Daten müssen in der Folge mittels der Sicherung eingelesen und wiederhergestellt werden, was jedoch nur im Offline-Betrieb möglich ist. Während dieser Ausfallzeit (engl. Downtime) steht die Anwendung für den Benutzer nicht zur Verfügung, da diese Arbeit unplanmäßig während den normalen Betriebsstunden durchgeführt werden müsste. Das Ausfallzeit könnte den Rahmen des vereinbarten SLAs mit dem Kunden sprengen.

Bei Festplatten aus dem gleichen Produktionszyklus ist die Wahrscheinlichkeit eines zweiten Festplattenausfall signifikant höher als bei Festplatten aus unterschiedlichen Produktionszyklus.

#### 4.2.5. Service- und Daten-Verfügbarkeit

Die bisherige System-Architektur ermöglicht keine AEC-2 Hochverfügbarkeit. Grund dafür ist die Fokussierung auf einen einzelnen Server in der Produktivumgebung. Der Server stellt eine "Single Point of Failure" (kurz SPOF) dar. Tritt beim Server eine Störung auf, wie sie zum Beispiel aufgrund eines Gerätedefektes oder bei Softwarefehlern auftreten können, kann der Service nicht von einem redundantem System übernommen oder weitergeführt werden. Eine Störung wird voraussichtlich die Verfügbarkeit während den Betriebszeiten stark gefährden und entspricht nicht den heutigen Anforderungen. Allfälliger SLAs gegenüber den Kunden könnten kaum eingehalten werden.

Die Netzwerkverfügbarkeit wird vom Hosting Anbieter gemäss den Allgemeinen Geschäftsbedingungen [4] mit einer Verfügbarkeit von 99 % im Jahresmittel gewährleistet. Die Verfügbarkeit könnte somit bei einem 24x365 Stunden Betrieb während 87,6 Stunden nicht gewährleistet sein. Die max. Ausfallzeit (engl. Downtime) pro Ereignis oder Monat wäre zu untersuchen und mit dem Hostingprovider zu vereinbaren bzw. mit den SLAs gegenüber den Kunden in Einklang zu bringen.

Das Speichersystem für sich selbst betrachtet kann die Verfügbarkeit und die Daten-Integrität gewährleisten, sofern keine Störung durch einen Festplattendefekt eintritt. Das Speichersystem, welches ein interner Block-basierenden RAID-5 Speicher darstellt, ist ein Bestandteil des Serversystems und weist deshalb die selbe Verfügbarkeitsstufe wie das Serversystem auf. Die Service und Datenverfügbarkeit weist aus den genannten Gründen eine Verfügbarkeit Stufe von "Highly Reliable" AEC-1 auf.

Zudem werden die Daten und Applikation nur an einem einzigen Standort gehalten und betrieben. Treten externe, unvorhersehbare Ereignisse auf, wie z.B. ein lokaler Stromausfall, ein Gebäudebrand oder eine Naturkatastrophe, kann der Betrieb nicht ohne die Wiederherstellung des ganzen Systems (neue Hardware und Rückspielung der Daten vom der Sicherung) wieder aufgenommen werden. Sofern nicht ein gemieteter Ersatzserver bereitsteht, muss ebenfalls die Beschaffung und Installation eines neuen Systems bei einem anderen Hosting Provider während der Ausfallzeit (engl. Downtime) mit eingerechnet werden. Ein längerer Ausfall während mehreren Tagen wäre ein realistisches Szenario. Die daraus entstehenden Folgeschäden wie Kundenverlust, hoher Imageschaden usw. sind vom Auftraggeber abzuschätzen.

#### 4.2.6. Daten Sicherheit

Durch die Festplattenverschlüsselung sind die Daten bei abgeschaltetem Server vor unberechtigten Zugriffen geschützt. Befindet sich der Server jedoch im laufenden Betrieb, bietet die Verschlüsselung keinen echten Schutz vor Datendiebstahl.

In einem Interview mit Ben Schwan im Technology Review hat Edward W. Felden,

Professor für Informatik an der Princeton University den Grund dafür erklärt.

*... die Dechiffrierungsschlüssel bei einer Festplattenverschlüsselung sitzen immer irgendwo im DRAM-Speicher. Um an sie heranzukommen, schaltet der Angreifer zunächst den Strom des Rechners aus und stellt die Energieversorgung dann gleich wieder her. Dann bootet er die Maschine in ein spezielles, böswilliges Betriebssystem hinein. Zu diesem Zeitpunkt enthält der Speicher noch immer die Originalinformationen, die verfügbar waren, als der Rechner noch nicht abgeschaltet wurde – die gewünschten Schlüssel natürlich auch. Das kurze Abschalten des Stroms hat daran rein gar nichts geändert. Der Angreifer kann dann die gewünschten Dechiffrierungsschlüssel aus dem Speicher auslesen und damit die geschützten Informationen auf der Festplatte jederzeit entschlüsseln*

[57]

Ferner bietet eine Festplatte keinen Schutz bei Schwachstellen in der Software oder der Systemkonfiguration im laufenden Betrieb. Grund dafür ist, dass das Betriebssystem sowie die Anwendungen über eine Verschlüsselungsschicht unverschlüsselt zugreifbar sind.

## 5. Szenarien Beschreibung

Der Auftraggeber hat gewünscht, bei der Evaluation der Speicherlösungen mehrere Szenarien in der Volumenentwicklung über die Zeit zu berücksichtigen.

Die beschriebenen Szenarien sind mit den Auftraggeber besprochen worden. Die folgenden Annahmen wurden nicht aufgrund eines vorhandenen Geschäftsplan aufgebaut und können von den definierten Geschäftszielen des Auftraggebers abweichen.

### 5.1. Szenario-1 Schwaches Datenvolumen und geringes Wachstum im Datenzugriff

Bei Szenario-1 wird angenommen, dass sich der Kundenzuwachs, welche die Dienstleistung zur Speicherung und Aufbereitung Ihrer Bilddaten verwenden, marginal steigert. In diesen Fall beträgt das durchschnittliche Datenwachstum 0,25 Tebibyte pro Monat und bewegt sich in einem vergleichbaren Umfang wie im bisherigen Umfang, siehe Beschreibung des Ist-Zustands.

Datenwachstum in Tebibyte pro Monat: 0,25 Tebibyte

Bilder Zuwachs pro Monat: 4'690 Bilder

Speichervolumen in 36 Monaten: 11,5 Tebibyte

Anzahl Bilder in 36 Monaten: 168'821 Bilder

*(Bei Durchschnittsgrösse von 100 Mebibyte pro Bild)*

### 5.2. Szenario-2 Starkes Wachstum der Daten / starkes Wachstum der Abfragen

Im Szenario-2 wird davon ausgegangen, dass die Kundenbasis im Vergleich zum Ist-Zustand stark anwächst. Durch die substantielle Zunahme an Neukunden beträgt der durchschnittliche Datenzuwachs 6 Tebibyte pro Monat.

Datenwachstum in Tebibyte pro Monat: 6 Tebibyte

Bilder Zuwachs pro Monat: 12'583 Bilder

Speichervolumen in 36 Monaten: 218,5 Tebibyte

Anzahl Bilder in 36 Monaten: 458'228 Bilder

*(Bei Durchschnittsgrösse von 100 Mebibyte pro Bild)*

## 6. Soll-Analyse

Bei der Soll-Analyse sollen die erarbeiteten Szenarien aus dem Szenarienbeschrieb berücksichtigt werden.

### 6.1. Szenario-1

#### 6.1.1. Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit soll durchgehend von Speichersystem bis zum Web-Service mindestens dem AEC-2 Standard von Harvard Research entsprechen. Dies bedeutet, dass die Verfügbarkeit der Applikation, beziehungsweise der Daten, dass der Betrieb nur innerhalb festgelegter Zeitblöcke, beziehungsweise nur während der Hauptbetriebszeit minimal unterbrochen werden darf. Die bestehende Infrastruktur besteht nur aus einem einzelnen Web-Server. Dieser enthält gleichzeitig auch das Speichersystem mit seinen internen Festplatten, welche mit einem RAID-5 zusammengefasst sind. Eine defekte Komponente des Web-Servers würde das gesamte System zum Erliegen bringen. Wie in der Ist-Analyse beschrieben, erfüllt das Speichersystem für sich alleine zwar eine genügende Verfügbarkeit gemäss Definition von Harvard Research von AEC-2. Die restlichen Komponenten bzw. Softwarekomponenten des Web-Services, erfüllen diesen Anspruch allerdings nicht. Die bestehende Speicherarchitektur kann den Speicher nicht ohne Anpassung der Architektur, an weitere Web-Server zur Verfügung stellen.

Die Daten müssen mindesten in einfacher Redundanz vorhanden sein.

Um den AEC-2 Standard zu erfüllen, ist es nicht notwendig, dass die Primären-Daten standortübergreifend verfügbar sind.

#### 6.1.2. Datenzugriff

Die bestehende Speicherarchitektur konnte die bisherigen Datenzugriffe mit einem Web-Server zufriedenstellend erfüllen. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Anzahl Datenzugriffe für die Bildaufbereitung und Speicherung von neuen Bilddaten nicht weiter steigert. Mit der erhöhten Anforderung bezüglich der Verfügbarkeit ist es notwendig, dass der Datenzugriff auf das Speichersystem von mindestens einem weiteren Web-Server erfolgen kann.

Der POSIX-IO Zugriff soll nach Möglichkeit für die einfache Integration in die Web-Applikation unterstützt werden.

Der simultane Lesezugriff auf das gleiche Objekt muss unterstützt werden.

Der simultane Schreibvorgang auf ein Objekt muss nicht unterstützt werden.

### **6.1.3. Speicherkapazität**

Für die Erfüllung der Speichieranforderungen des Szenario-1 muss das Speichersystem den Speicherausbau auf mindestens 16,1 Terabyte unterstützen. In den 16,1 Terabyte ist eine Reserve von 40 % für ein mögliches künftiges Wachstum oder als Migrationsreserve einkalkuliert. Nicht berücksichtigt ist eine gewollte Redundanz der Speicherkapazität.

Das Speichersystem soll ca. 400'000 Objekte verwalten können.

Das Speichersystem soll zudem die Speicherung von Objekten von bis zu 2 Gibibyte Grösse unterstützen.

### **6.1.4. Datenqualität**

Die Selbstheilung von Objekten ist nicht gefordert kann aber als Option berücksichtigt werden.

Die standortübergreifende Datensicherung soll möglich sein. Die konsistente Wiederherstellung der Daten aus einer Sicherung muss möglich sein.

### **6.1.5. Vergleich mit Ist-Zustand**

Im Vergleich der neuen Anforderungen mit dem Ist-Zustand ergeben sich folgende Vorteile:

- Durchgehende Verfügbarkeit nach AEC-2 Standard
- Redundante Web-Server
- Kein Single Point of Failure
- Erfüllt die Anforderungen an die Speicherkapazität für die nächsten 3 Jahre
- Ermöglicht mehrere gleichzeitige Lesezugriffe auf das gleiche Objekt



## 6.2. Szenario-2

### 6.2.1. Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit soll dem AEC-4 Standard von Harvard Research entsprechen. Das bedeutet, dass die Applikationen und Daten unterbrechungsfrei verfügbar sein müssen. Der 24\*7 Betrieb (24 Stunden, 7 Tage die Woche) muss gewährleistet sein. Bei hoher Kundenzahl und Speichervolumen würde ein Betriebsunterbruch der Web-Services grossen Imageschaden verursachen und die Kunden bezüglich der Zuverlässigkeit der benötigten Services verunsichern.

Die Daten müssen mindesten in einfacher, idealerweise in doppelter Redundanz vorhanden sein.

Die Primären-Daten müssen mindestens an zwei Standorten gehalten werden.

### 6.2.2. Datenzugriff

Durch die gleichzeitig vielen Datenzugriffe muss es möglich sein, die Daten durch mehrere Web-Server zur Verfügung zu stellen.

Der POSIX-IO Zugriff soll nach Möglichkeit für die einfache Integration in die Web-Applikation unterstützt werden.

Der simultane Lesezugriff auf das gleiche Objekt muss möglich sein.

Der simultane Schreibvorgang auf ein Objekt muss nicht unterstützt werden.

### 6.2.3. Speicherkapazität

Für die Erfüllung der Speicheranforderungen des Szenario-2, muss das Speichersystem 306 Tebibyte unterstützen. In den 306 Tebibyte ist eine Reserve von 40 % für ein mögliches künftiges Wachstum oder als Migrationsreserve einkalkuliert. Nicht berücksichtigt ist eine gewollte Redundanz der Speicherkapazität.

Geht man von einem Datenzuwachs von 6 Tebibyte pro Monat aus, wird das Speichervolumen für alle Bilddaten nach 36 Monaten bereits 218,5 Tebibyte betragen. Berücksichtigt man zusätzliche Reserven von 40 %, so muss das Speichersystem mindestens 306 Tebibyte zur Verfügung stellen. Darin ist die Datenredundanz nicht eingerechnet.

Das Speichersystem soll 9'500'000 Objekte verwalten können.

Das Speichersystem soll zudem die Speicherung von Objekten von bis zu 2 Gibibyte Grösse unterstützen.

### 6.2.4. Datenqualität

Wegen der grossen Datenmenge soll die Selbstheilung von Objekten unterstützt werden. Damit verringert sich der Bedarf für die manuelle Wiederherstellung eines Objektes.

Die standortübergreifende Datensicherung soll möglich sein. Die konsistente Wiederherstellung der Daten aus einer Sicherung muss möglich sein.

### 6.2.5. Vergleich mit Ist-Zustand

Im Vergleich der neuen Anforderungen mit dem Ist-Zustand ergeben sich folgende Vorteile:

- Durchgehende Verfügbarkeit nach AEC-7 Standard
- Redundante Web-Server
- Kein Single Point of Failure
- Erfüllt die Anforderungen an die Speicherkapazität für die nächsten 3 Jahre
- Unterstützung von Selbstheilung von korrupten Objekten
- Ermöglicht mehrere gleichzeitige Lesezugriffe auf das gleiche Objekt

# 7. Entscheidungsfindung bei Evaluationen

## 7.1. Grundlagen

Evaluation ist der systematische Prozess der Datensammlung und Analyse, um eine Entscheidung treffen zu können.

## 7.2. AHP

Für das Evaluations- bzw. Bewertungsverfahren wurde das Analytische Hierarchie-Prozess-Verfahren (AHP) angewendet. AHP wurde in den siebziger Jahren von Thomas L. Saaty zur Lösung mehrkriterieller Entscheidungsprobleme entwickelt und basiert unter anderem auf einem mathematischen Modell. [52]

Der Entscheidungsprozesse ist beim AHP wie der Name ausdrückt eben analytisch und hierarchisch. Die Analyse beruht auf mathematischen und logischen Entschlüssen. Auf das genaue mathematische Verfahren wird in dieser Arbeit nicht eingegangen. Sie kann in diverser Literatur nachgelesen werden. [52]

Im AHP Verfahren werden alle Kriterien derselben Ebene in Paarvergleiche bewertet und anhand der 9-Punkte-Bewertungsskala aus der **Tabelle (7.1)** bzw. der umgekehrten Relation aus der **Tabelle (7.2)** gewichtet.

Nach der Berechnung der Kriterien-Prioritätenbestimmung, werden die Alternativen in Paarvergleiche zu jedem Kriterium anhand derselben 9-Punkte-Bewertungsskala verglichen und bewertet. Anschliessend wird wiederum durch Berechnung der Gewinner ermittelt.

### 7.2.1. Software Unterstützung

Der Berechnungsaufwand nimmt mit zunehmender Anzahl Alternativen und Kriterien zu. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, die Evaluation Software-unterstützt durchzuführen.

**Tabelle 7.1.:** 9-Punkte-Bewertungsskala [52]

	Definition	Interpretation
1	gleiche Bedeutung	Beide verglichenen Elemente haben die gleiche Bedeutung für das nächsthöhere Element.
3	etwas grössere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine etwas größere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen
5	erheblich grössere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine erheblich größere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen
7	sehr viel grössere Bedeutung	Die sehr viel größere Bedeutung eines Elements hat sich in der Vergangenheit klar gezeigt.
9	absolut dominierend	Es handelt sich um den größtmöglichen Bedeutungsunterschied zwischen zwei Elementen
2,4,6,8	Zwischenwerte	

**Tabelle 7.2.:** Umgekehrte Relationen der Bewertungsskala [52]

	Definition	Interpretation
1	gleiche Bedeutung	Beide verglichenen Elemente haben die gleiche Bedeutung für das nächsthöhere Element.
1/3	etwas geringere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine etwas geringere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen.
1/5	erheblich geringere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine erheblich geringere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen
1/7	sehr viel geringere Bedeutung	Die sehr viel geringere Bedeutung eines Elements hat sich in der Vergangenheit klar gezeigt
1/9	absolut unterlegen	Es handelt sich um den größtmöglichen Bedeutungsunterschied zwischen zwei Elementen
1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Zwischenwerte	

Alle Berechnungen in dieser Arbeit wurden mit der Software “AHP Decision“ von “True North Software“ durchgeführt.

## 8. Speicherarchitekturen

Sowohl private Personen als auch Unternehmen haben unterschiedliche Anforderungen an die Speicherung ihrer Daten. Während früher die Daten in der Regel in einem integrierten Speicher des Computersystems verwaltet wurden, werden heute eine breite Paletten an Speicherlösungen am Markt angeboten. Ein Grund dafür ist der kontinuierlich wachsende Bedarf an mehr Speicherkapazität aber auch zusätzliche Anforderungen an die Verwaltung der Daten, die Datensicherung. Spezifische Daten zu suchen und zu bearbeiten soll heute einfach, effizient und zu günstigen Kosten möglich sein, was laufend neue Lösungsansätze bedingt und es nicht einfacher macht, auf das richtige Pferd bzw. Technologie zu setzen. Wer möchte morgen schon gezwungen sein, seine mühsam aufbereiteten Daten in einem aufwendigen Migrationsverfahren, womöglich mit einem notwendigen Datenverlust, in ein neues System zu übernehmen? Eine genauere Betrachtung des Angebotsmarktes für die vorhandenen und die künftigen sich durchzusetzenden Technologien drängt sich deshalb auf.

Die heutigen am Markt erhältlichen Speicherarchitekturen lassen sich in der obersten Kategorie in Block- (Block-based), Datei- (File-based) und Objekt- (Object-based) basierte adressierende Systeme unterteilen. Die Kategorien zur Einteilung der verschiedenen Lösungen lässt sich nicht exakt zuordnen, da einige Speicherlösungen aus einem Mix aus mehreren Kategorien bestehenden können.

### 8.1. Block-basierend

Die Block-basierende Speicherarchitektur ist wohl die traditionellste von allen und ist die am weitverbreiteste Form. Die meisten Computersysteme, sei es Server, Desktop-PCs, Tablet-PC, Smartphones, Spielkonsole, verwaltet ihre Daten in einem blockbasierenden Speicher. Als Speichermedium wird in diesen Geräten oft eine magnetische Festplatte, Solid State Disk oder ein Flash-Speicher verwendet.

Bei Block-Speicher werden Daten in Blöcke gelesen und gespeichert (adressiert), ein Block bildet sich aus einer Sequenz von Bits bzw. Bytes. Die Grösse eines Blocks wird als Blocklänge bezeichnet und ist bei allen Blöcken einer Einheit gleich gross.

Experten wie Mike Mesnier, Greg Ganger und Erik Riedel, sehen jedoch bei zunehmender Speichergrosse und Komplexität von Systemen fundamentale Einschränkungen von

Block-Schnittstellen.

*Since the first disk drive in 1956, disks have grown by over six orders of magnitude in density and over four orders in performance, yet the storage interface (i.e., blocks) has remained largely unchanged. Although the stability of the block-based interfaces of SCSI and ATA/IDE has benefited systems, it is now becoming a limiting factor for many storage architectures. As storage infrastructures increase in both, size and complexity, the functions that system designers want to perform are fundamentally limited by the block interface.*

[37]

Vergleicht man die Performance der ersten Festplatte, welche von IBM produziert wurde, mit einer heute erhältlichen Seagate Festplatte (Jahr 2011), so hat sich die Speicherdichte von 2000 bit per Quadratzoll auf 625 Gigabyte und die Transferrate von 8 Kilobyte auf 600 Megabyte pro Sekunde verbessert. [58][59]

Für den Zugriff auf blockbasierende Speichersysteme werden meist Schnittstellen-Protokolle wie das Small Computer System Interface (SCSI) oder Advanced Technology Attachment (ATA) verwendet. Diese Protokolle wurden jedoch in einer Zeit entwickelt, als man davon ausging, dass ein Blockspeicher jeweils nur von einem Computersystem verwendet wird und nicht mit mehreren Computersystemen geteilt werden soll. Diese Annahme für single user systems stimmt für den Consumer Elektronik Bereich mehrheitlich noch heute. In Bereichen jedoch, in denen grosse Speicherkapazitäten oder eine hohe Verfügbarkeit für viele gleichzeitige Benutzer gefordert sind, wie dies viele Geschäftsanwendungen charakterisiert, stimmen diese Annahmen nicht mehr.

Für blockbasierende Speicher, welche nicht als Server-interne Speicher bestehen, unterscheidet man den Direct Attached Storage (DAS) und das Storage Area Network (SAN).

### **8.1.1. Direct Attached Storage**

Bei DAS handelt es sich, wie es aus der englischen Bezeichnung zu entnehmen ist, um Speicher, welcher direkt an ein Computersystem angeschlossen wird. Bei DAS Enclosure handelt sich um ein Gehäuse mit mehreren verbauten Festplatten, welche üblicherweise über einen Host-Bus-Adapter an ein Computersystem angeschlossen werden. Als Schnittstellen-Protokoll werden ATA, SATA, eSATA, SCSI, SAS oder Fibre Channel eingesetzt. DAS können mit mehreren Computersystemen geteilt werden, sofern genügend Schnittstellen zur Verfügung stehen.

### 8.1.2. Storage Area Network

Die Storage Networking Industry Association (SNIA) definiert ein Storage Area Network (SAN) als ein Netzwerk, dessen primärer Bestimmungszweck das Transferieren von Daten zwischen Computersysteme und Speicherelemente und unter Storage Elemente ist. Ein SAN besteht aus einer Kommunikations-Infrastruktur, welches eine physische Verbindung und eine Management-Schicht beinhaltet, das die Verbindungen, die Speichereinheiten und das Computersystem organisiert, damit der Datentransfer sicher und robust erfolgen kann. Der Begriff SAN wird normalerweise (aber nicht notwendigerweise) mit dem Block I/O Service in Verbindung gebracht und weniger mit dem Datei-Zugriff-Service. [62]

Je nach SAN Implementierung kommen folgende Geräte bzw. Komponenten vor:

- Server
- Host Bus Adapter
- Gigabit Interface Converter
- SAN-Switch
- Storage system (Speichersystem)
- Tape Library
- Logical Unit

**Server** Der Server greift über das SAN auf Ressourcen von Speichersystem oder Tape Library zu. In einzelnen Fällen kann der Server selbst über SAN anderen Servern Speicher zur Verfügung stellen.

**Host Bus Adapter** Host Bus Adapter (HBA) für das SAN sind intelligente Hardwareschnittstellen, welche für die Verbindung von Server in einem SAN verwendet werden. Sofern die Server nicht bereits mit einem Host Bus Adapter ausgerüstet sind, können diese normalerweise durch Host Bus Adapter in form von Steckkarten erweitert werden. Der Host Bus Adapter selber hat pro Port einen Einschub, in welche ein Gigabit Interface Converter eingebaut wird. [21]

**Gigabit Interface Converter** Der Gigabit Interface Converter ist eine modulare Schnittstelle, welche elektrische Signale in optische Signale umwandeln. [62]

**SAN-Switch** Der SAN Switch ist ein Koppler, welcher dezidiert für die SAN-Umgebung verwendet wird.



**Speichersystem** Das Speichersystem stellt im SAN den geteilten Speicher zur Verfügung. Gemäss den IT Marktforschung und Analyse Unternehmen Gartner gehören EMC, IBM, NetApp, Dell, HP, Hitachi Data Systems zu den Marktführern. [54]

**Tape Library** Tape Library ist eine Bandbibliothek, in welchem sich ein oder mehrere Bandlaufwerke und mehrere Magnetbänder befinden und meistens der automatische Bandwechsel mittels eines Bandroboters realisiert wird. Das Tape Library wird für die Sicherung von Daten auf Band eingesetzt.

**Logical Unit** Ein Logical Unit ist ein Gerät, welches über SCSI-Protokoll über das Logical Unit Number (LUN) adressiert wird. Das Gerät wird, technisch nicht korrekt, oft als LUN bezeichnet. Im Speichersystem werden z.B. mehrere Festplatten mittels RAID zu einer Einheit zusammengefasst. Sofern keine weitere Virtualisierung von dem Speicherhersteller zum Einsatz kommt, wird die zusammengefasste Einheit wiederum in Speichereinheiten aufgeteilt und diese als LUN dem Server zugeteilt. [62]

#### 8.1.2.1. Fibre Channel

SCSI ist zwar sehr populär, ist jedoch mit 80 Mbps Geschwindigkeit, mit maximal 25 Meter Buslänge und mit maximal 32 Geräten pro Bus, ein limitierender Faktor für viele Anwendungen. Unter anderem wegen den erwähnten Limitierungen von SCSI hat das American National Standards Institute (ANSI) die Fibre Channel Technik entwickelt. Fibre Channel ist ein mehrschichtiges Netzwerk, welches die charakteristischen Funktionen für die Übertragung von Daten über ein Netzwerk definiert. Der Standard enthält von der physikalischen Schnittstelle, Daten Codierung, Übertragungssteuerung (Link Control), Fluss Kontrolle, bis hinzu den Protokoll Schnittstellen. Im Vergleich zu anderen Netzwerken beinhaltet die Fibre Channel Architektur einen signifikanten Anteil von Hardware Prozessen, um eine hohe Performance zu erreichen. [28][21]

Beim Design von Fibre Channel hat man darauf geachtet, die besten charakteristischen Eigenschaften der I/O Bus-Kommunikation (Channel) zwischen zwei Geräten und der Netzwerk- Kommunikation zwischen mehreren Geräten zu kombinieren. Die Channel-Kommunikation ist im Vergleich zur Netzwerk-Kommunikation, hardwareintensive, schnell und produziert wenig Overhead. Netzwerk-Kommunikation ist hingegen abhängig von der Softwareimplementierung, das Protokoll, unterstützt aber die Kommunikation für eine grosse Anzahl von Geräten.

Anders als es der Namen von Fibre-Channel vermuten lässt, ist Fibre-Channel nicht auf Fiberoptik-Kabel als Träger-Medium beschränkt, sondern lässt sich ebenso mit Kupferkabel betreiben. Aufgrund von physikalischen Eigenschaften ist das Fiberoptik-Kabel gegenüber dem Kupferkabel in Geschwindigkeit kombiniert mit Distanz überlegen. So

liegt die maximale Distanz bei Kupferkabel bei 30 Metern bei einer Geschwindigkeit von 1 Gbps, bei höheren Geschwindigkeiten wird die maximale Distanz noch weiter reduziert. Beim Fiberoptic-Kabel wird die maximale Distanz der Signalübertragung von der Installationsqualität, des Fiberoptic-Kabeltyps, des Kern-Durchmessers, der Lichtwellenlänge Rundreise Latenz und der eingesetzter Hardware bestimmt. Je weiter das Licht innerhalb des Kabels übertragen werden muss, desto grösser ist der Verlust der ursprünglichen Signalstärke. Mit spezieller Hardware können auch Distanzen von bis zu 600 Kilometer<sup>1</sup> erreicht werden.

Es gibt drei Fibre Channel Topologien:

- Point-to-Point
- Arbitrated-Loop
- Switched-Fabric

**Point-to-Point-Topologie** Die Point-to-Point-Topologie ist die direkte Verbindung von zwei Fibre Channel Geräten. Oft handelt es sich um eine Verbindung von einem Server und einem Speichersystem, wie dies im Direct Attached Storage (DAS) Umfeld vorkommt. [21]

**Arbitrated-Loop-Topologie** Bei der Arbitrated-Loop-Topologie können bis zu 126 Knoten (NL\_Ports) in einem geteilten Bus-Ring zusammengeschlossen werden. In diesem Ring kann eine Verbindung zwischen zwei Ports aktiv sein, während alle anderen Ports als Repeater arbeiten und das Signal weiterleiten. Die Arbitrated-Loop-Topologie ist in seiner Architektur dem Token-Ring ähnlich. [28][21]

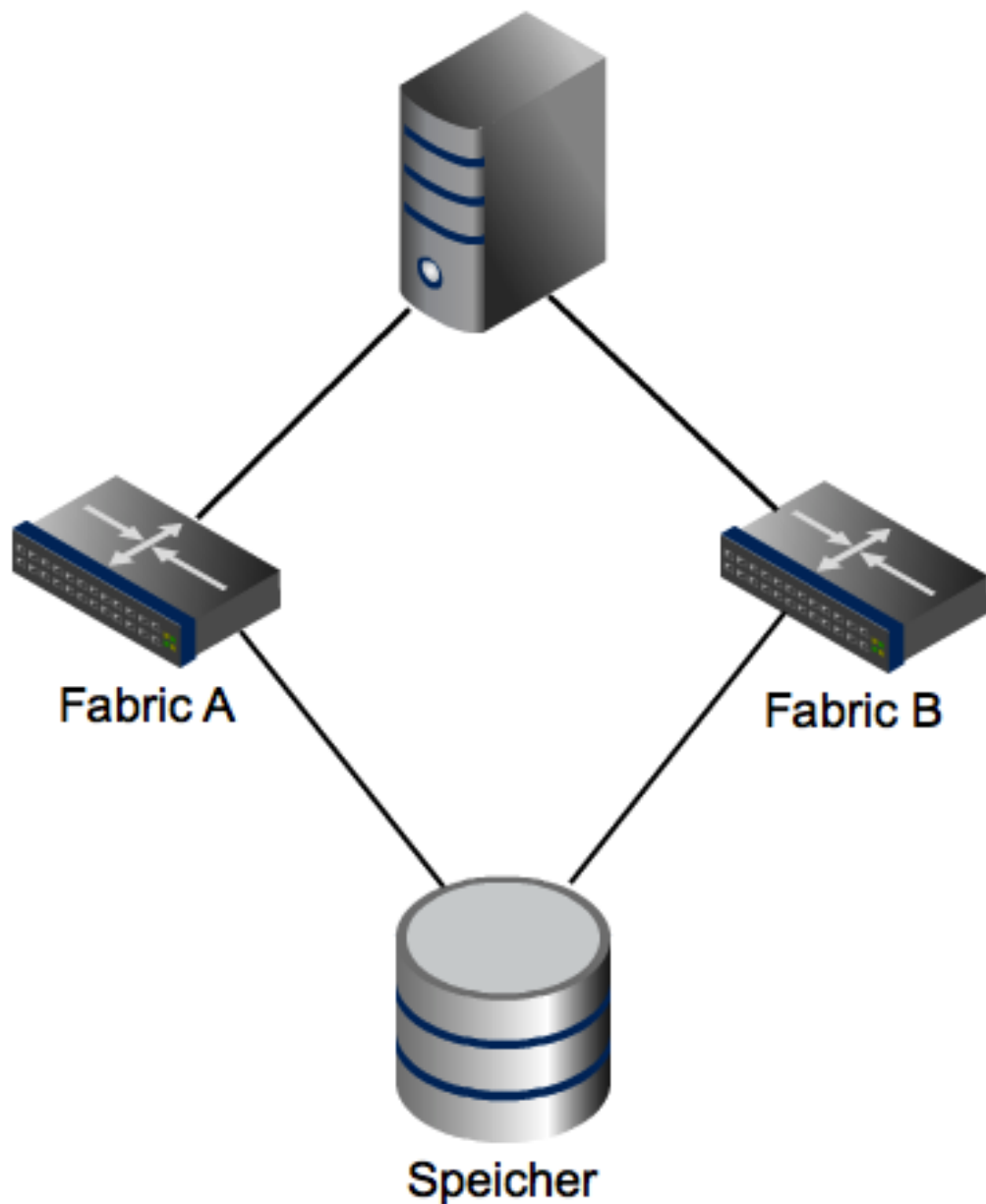
**Switched-Fabric-Topologie** Die klassische SAN Topologie basiert auf der Switched-Fabric-Topologie. Eine Switched-Fabric-Topologie besteht aus einer oder mehreren Switches, die zu einer Fibre-Channel-Fabric zusammengeschlossen werden. Die einzelnen involvierten FC-Geräte, wie Server oder Stagesysteme, werden über eine oder mehrere Ports an eine Switched-Fabric angeschlossen. In einer Fabric können bis zu  $2^{24}$  Ports angeschlossen werden. [28][21]

Mit der Switched-Fabric-Topologie lassen sich verschiedene Fabric Topologien bilden. Die einfachste Topologie, welche die Eliminierung von "Single Point of Failure" zum Ziele hat, ist die Dual Switch Topologie, wie in der **Abbildung 8.1** dargestellt. In dieser Topologie dient jeder Switch als eigenständige Fabric. Die FC-Geräte wie Server und Stagesysteme werden jeweils pro Fabric bzw. Switch mit mindestens einem FC-Port angeschlossen. Durch den Einsatz von Path Management Software auf dem Server, kann

---

<sup>1</sup><http://www.enterprisestorageforum.com/industrynews/article.php/2171801/Synchronous-SAN-Sets-Fibre-Channel-Distance-Record.htm>

eine vom Speichersystem zugeteilte Logical Unit über mehrere Path angesprochen werden. Diese Implementierung bietet gleich verschiedene Vorteile. Wenn ein Path oder eine ganze Fabric ausfallen sollte, übernimmt der andere Path automatisch die Kommunikation. Bei Wartungsarbeiten an Komponenten einer Fabric kann der Service ohne Downtime des Gesamtsystems weiter betrieben werden. Moderne Path Management Software und Speichersysteme unterstützen zudem die Lastverteilung (Loadbalance) der I/O-Last über alle Paths. [21]



**Abbildung 8.1.:** Fibre Channel SAN mit Dual Switch Topologie

Die Meshed Fabric Topologie erhöht die zusätzlich die Ausfallsicherheit innerhalb einer einzelnen Fabric. Für die Meshed Fabric sind pro Fabric mindestens vier Fibre Channel SAN Switches erforderlich. Jeder Switch wird, wie in **Abbildung 8.2** ersichtlich, mit

mindestens einem Path, den sogenannten Inter-Switch-Link (ISL), zu allen anderen Switches in der Fabric verbunden. Die Meshed Fabric kann den gleichzeitigen Ausfall von mehreren Kabeln und Switches verkraften, ohne dass deshalb die ganze Fabric ausfällt. [21]

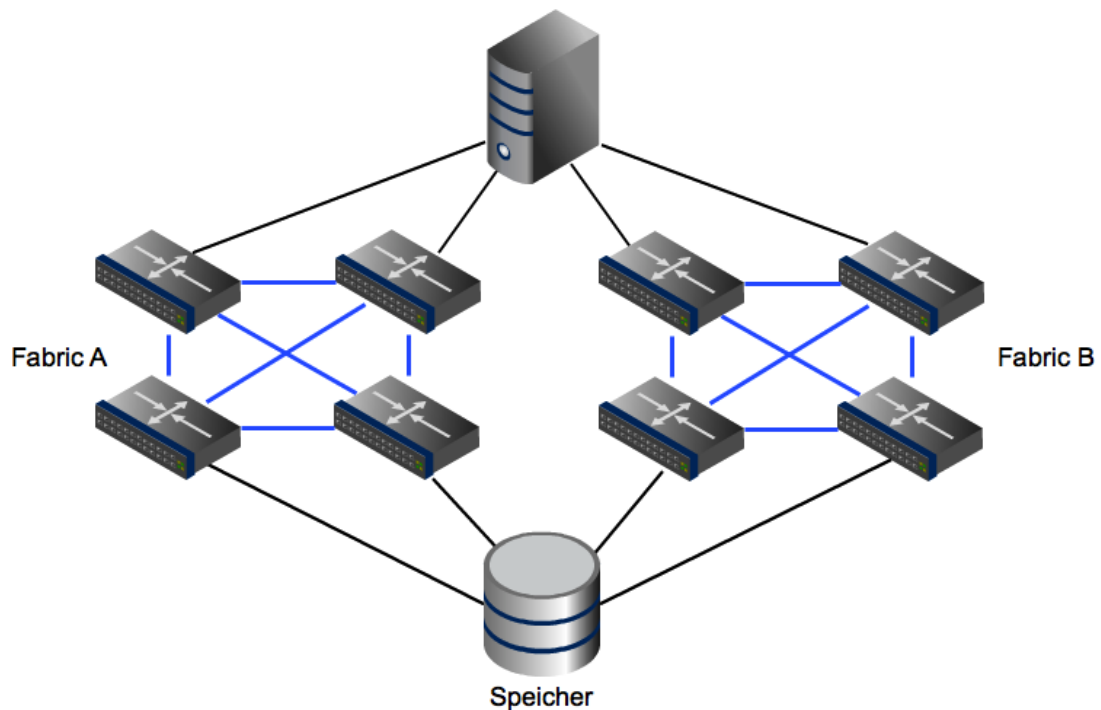


Abbildung 8.2.: Fibre Channel SAN mit Meshed Fabric Topologie

#### 8.1.2.2. iSCSI

Das SCSI-Protokoll ist ein populäres Protokoll für die Kommunikation mit I/O Geräten speziell für Speichergeräte. SCSI weist die Client-Server Architektur auf, wobei die Clients bei SCSI Interfaces als "initiators" bezeichnet werden und die logische Einheit vom Server als "target".

SCSI Protokoll wurde schon über Protokolle transportiert, jedoch waren all die Transportprotokolle in der Distanz limitiert. IBM startete 1996 mit der Forschung für die Übertragung von SCSI über das Ethernet, dabei untersuchte IBM, ob sich der Transport mittels IP oder TCP/IP besser eignen würde. Messungen zeigten damals, dass in einem lokalen Netzwerk der Transport mittels IP besser als TCP/IP geeignet ist. Mit den erwarteten künftigen Entwicklungen bezüglich des Datentransports über die lokalen Netzwerkgrenzen hinaus war hingegen der Einsatz von TCP/IP die bessere Wahl. 1999 hatten sich IBM und Cisco darauf geeinigt, "SCSI over TCP/IP" gemeinsam in einer Internet Engineering Task Force (IETF) als Industriestandard weiterzuentwickeln [33]. Die definitive Spezifikation von SCSI over TCP/IP ist im RFC 3720 mit dem Namen iSCSI im April 2004 fertiggestellt worden. [56]

Für den Betrieb eines Fibre Channel SAN sind spezielle Hardware und Fibre Channel Kenntnisse notwendig. Da bei iSCSI dieselbe Technik wie im Computernetzwerk verwendet wird, benötigt der Aufbau und Betrieb von Netzwerk Infrastruktur und Management Software Lösungen keine zusätzliche Ausbildung, was die Gesamtbetriebskosten (TCO) substanziell senkt.

Grundsätzlich kann jeder Computer, welcher mit einem Netzwerkanschluss ausgerüstet ist und einen iSCSI Software Treiber hat, iSCSI nutzen. Computer, welche genügende Prozessorleistung aufweisen, können die zusätzliche Last für die Verarbeitung von iSCSI mit konventionellen Netzwerkkarten lösen. Computersysteme für welche die Verarbeitungsgeschwindigkeit kritisch ist, kann diese zusätzliche Last eine Bürde sein. Vergleichbar wie bei Fibre Channel gibt es für iSCSI spezielle Netzwerkkarten bzw. Host Bus Adapter, welche mittels TCP/IP Offload Engine (TOE) und volle iSCSI Offload Engine im eigenen Chip die TCP IP bzw. iSCSI Pakete verarbeiten. Solche Netzwerkkarten entlasten die Central Processing Unit (CPU) des Servers wesentlich und weisen bessere Werte in der Latenz auf.

In einem Ethernet Netzwerk verwaltet sich jeder Switch mehr oder weniger autonom und führt eine eigene Weiterleitungstabelle, mit welcher der Switch entscheidet, über welchen Port ein Ethernet Paket ausgeliefert werden muss. Dazu enthält die Weiterleitungstabelle pro MAC Adresse den dazugehörigen Port. Trifft ein Ethernet Paket mit noch unbekannter MAC Adresse ein, leitet der Switch das Paket über alle Ports weiter. Durch die Rückantwort vom Zielsystem lernt der Switch, über welchen Port dieses erreichbar ist. Werden in einem Switch Netzwerk benachbarte Switches untereinander über mehrere Pfade verbunden, kann es in einem solchen Szenario vorkommen, dass das Paket wieder am ursprünglichen Switch ankommt, wenn der benachbarte Switch die MAC-Adresse ebenfalls nicht kennt. Es entsteht dadurch eine Verdoppelung des Ethernet Paketes im Netzwerk bzw. es kommt zu einer Schleifenbildung, was in der Folge zu einer Netzwerkstörung führt. Mittels Spanning Tree Protokoll (STP) sollen solche Schleifen vermieden werden. Das Spanning Tree Protokoll erstellt eine Baum Topologie mit jeweils einem aktiven Path zwischen zwei Switches. Diese Topologie hat verschiedene Nachteile:

- Beim Topologie-Wechsel wird im Netzwerk der Spanning Tree neu ausgehandelt. Während dieser Neuaushandlung ist der Datentransport während mindestens 15 Sekunden unterbrochen. Ein typischer Topologiewechsel kann zum Beispiel durch einen Pfad-Ausfall zwischen zwei Switches hervorgerufen werden.
- In einer Baum-Hierarchie müssen die Pakete innerhalb des Baumes der Hierarchie entsprechend weitergeleitet werden (auf und ab) und können nicht über einen theoretisch direkteren Pfad quer weitergeleitet werden. Befindet sich z.B. das Ziel auf der anderen Baumseite, muss das Paket die ganze Hierarchie hinauf und auf der anderen Seite hinunter bis zum Zielsystem weitergeleitet werden. Könnten die Switches über mehrere Pfade miteinander kommunizieren, so würde dem Daten-

transport über den direkten Weg nichts im Wege stehen und würde zudem weniger Switches involvieren bzw. belasten.

Hersteller wie Brocade haben diese Problematik für den Betrieb von iSCSI SAN erkannt und haben Lösungen entwickelt, welche das Prinzip von Fibre Channel Fabrics für Ethernet Netzwerke umsetzen. Bislang ist dafür noch kein allgemein verbindlicher Standard entstanden und proprietäre Lösungen sich im Markt kaum durchsetzen können.

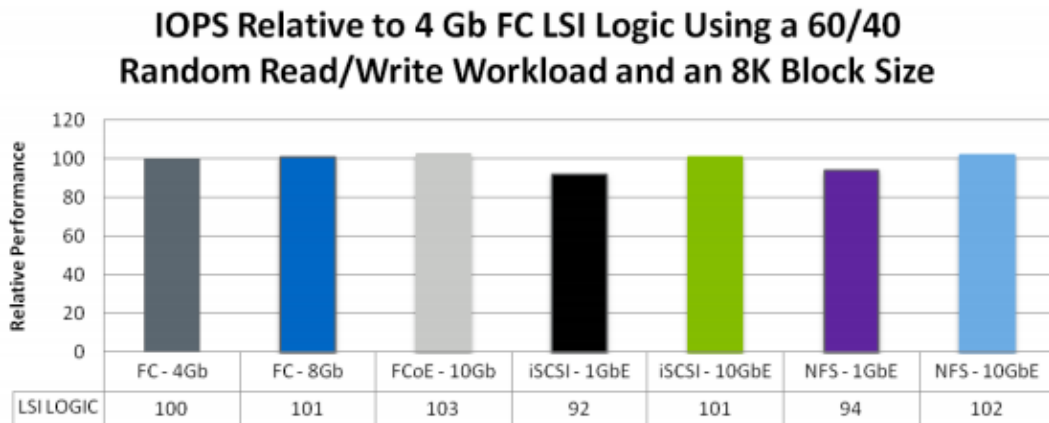
Wie beim Fibre Channel SAN sollte im Geschäftsumfeld iSCSI über ein dediziertes Netzwerk laufen. Die Abgrenzung erhöht die Sicherheit einerseits und das Storage Netzwerk ist andererseits klar von anderen Netzwerken abgeschottet. Fehlerhafte Firewall-Regeln für das Computer Netzwerk haben keinen direkten Einfluss auf die Sicherheit des Datennetzwerkes. Störungen oder Überlast im Computer Netzwerk beeinflussen nicht die iSCSI Verbindungen. Mittels IPsec kann die Sicherheit durch die verbesserte Authentifizierung und der optionaler Verbindungsverschlüsselung weiter erhöht werden.

iSCSI stellt die Integrität des übermittelten Paketes mit dem CRC-32c Digests sicher.

**Skalierbarkeit Datenvolumen** Einem Server können mehrere Logical Units zugeteilt werden. Durch den Einsatz eines Volume Managers können mehrere Logical Units zu einer grossen logischen Volume zusammengefasst werden. Sollte die Kapazität eines Speichersystems nicht ausreichen, kann ein weiteres Speichersystem an das SAN angeschlossen werden.

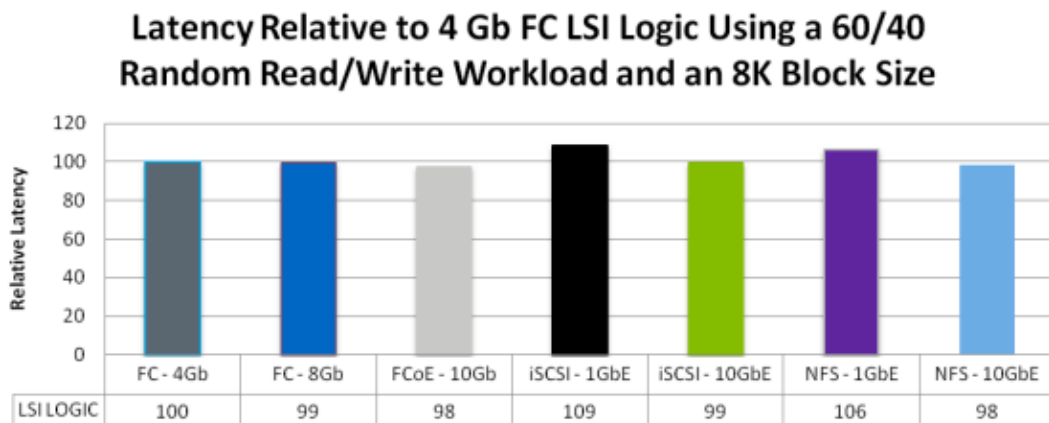
**Durchsatz I/O** Die Firma Netapp zählt zu den Marktführern für unternehmensweite NAS Speicherlösungen. Neben dem “Network File System“ (NFS), unterstützen die Speicherlösungen von Netapp auch die Integration von Logical Units über iSCSI als auch über Fibre Channel. Saad Jafri und Chris Lemmons von Netapp haben die Bereitstellung von Speichern über die verschiedenen Verfahren bezüglich Performance für eine VMWare vSphere Umgebung untersucht. Netapp weist in ihrem Report nicht die konkreten Messwerte aus, sondern lediglich die Werte im Vergleich zu einem 4Gb Fibre Channel.

Wie im **Abbildung 8.3** von Netapp zu entnehmen ist, sind die I/O pro Sekunden Werte von iSCSI in einen 1Gb Ethernet Netzwerk im Vergleich zu dem 4Gb Fibre Channel rund 8 %tiefer. Wobei höhere Werte bei I/O pro Sekunden besser sind. Im 10 Gb Ethernet Netzwerk erreicht iSCSI dieselben Werte wie Fibre Channel in einem 8Gb Netzwerk. [32]



**Abbildung 8.3.:** Netapp IOPS Durchsatz für alle unterstützten Protokolle im Vergleich zu 4Gb FC mit 8K Blockgrösse[32]

Der Report von Netapp hat ebenfalls die Latenz verglichen. Bei der Latenz möchte man einen möglichst tiefen Wert erreichen. Gemäss **Abbildung 8.4** ist die Latenz von iSCSI in einen 1 Gb Ethernet Netzwerk rund 9% höher als bei Fibre Channel in einem 4Gb Netzwerk. Bei iSCSI in 10Gb Ethernet waren die Werte gleich gut wie Fibre Channel im 4Gb Netzwerk. Das Fibre Channel in einem 8Gb Netzwerk hatte jedoch rund 1% tiefere Werte. [32]



**Abbildung 8.4.:** Netapp Latenz für alle unterstützten Protokolle im Vergleich zu 4Gb FC mit 8K Blockgrösse [32]

### 8.1.3. Logical Volume Manager

Logical Volume Manager oder Dateisysteme, welche die Logik eines Logical Volume Managers kombinieren, ermöglichen mehrere Block-Geräte bzw. Logical Units zu einer grossen logischen Volume zusammenzufassen. Dies birgt den Vorteil, dass die maximale Grösse eines Block-Gerätes nicht der limitierende Faktor des darauf installierten Dateisystems ist. Neben dem Erstellen von Logischen Volumes können einige Logical Volume Manager den Last-Zugriff auf die verschiedenen Block-Geräte durch Striping optimaler verteilen und sorgen damit für eine besser Performance beim Datenzugriff. Eine weitere

Aufgabe des Logical Volume Managers ist die redundante Haltung der Daten durch Spiegelung. Mittels serverseitiger Spiegelung (Host-Based Mirroring) können die Daten von zwei Standorten zur Verfügung gestellt werden. Dazu werden von zwei Speichersystemen, welche an unterschiedlichen Standorten installiert sind, gleich viele und gleich grosse Logical Units über das SAN dem Computersystem zugeteilt.

Klassische Server Linux Distributoren, wie Red Hat, Suse und Debian inkl. Ubuntu liefern den quelloffenen Logical Volume Manager 2 (LVM2) in ihrem Distributionspaket mit. Der LVM2 kann theoretisch auf einem 64-Bit System eine Logical Volume von 8 Exabyte bilden und adressieren. [35]

Das ursprünglich von Oracle als ZFS-Ersatz entwickelte Btrfs Dateisystem könnte sich künftig zum Standard Dateisystem für viele Linux Server Distributionen mausern. Das für Solaris entwickelte ZFS als auch Btrfs kombinieren Dateisystem und Logical Volume Manager. Btrfs selbst wurde jedoch noch nicht als stabile Version veröffentlicht und ist deshalb für den produktiven Betrieb noch nicht empfehlenswert. [51]

#### **8.1.4. Datei System**

Betriebssysteme adressieren die Daten auf Block-Geräten nicht direkt an, sondern greifen über das darüberliegende Dateisystem zu. Das Dateisystem organisiert wie und wo Dateien auf den Block-Geräten abgelegt werden und verwalten die freie Speicherkapazität. Einige Dateisysteme regeln auch die Zugriffsberechtigungen auf die Daten. Die Block-Geräte (Logical Units) können im SAN oder DAS an verschiedene Computersysteme gleichzeitig zugeteilt werden. Es ist die Aufgabe des Dateisystems sicherzustellen, dass mehrere Computersysteme gleichzeitig vom gleichen Dateisystem lesen bzw. auf dieses schreiben können. Konventionelle Dateisysteme wie Ext3 unter Linux gehen von einer exklusiven Nutzung des Speichers aus. Dieses Dateisystem enthält keine Funktionen, die den gleichzeitigen Zugriff auf Daten regeln. Problematik beim gleichzeitigen Zugriff ist die Sicherstellung der Datenkonsistenz. Schreiben zum Beispiel zwei Computersysteme gleichzeitig in dieselbe Datei, ist zu regeln, welche Änderung gültig ist, um Dateninkonsistenz zu vermeiden. Dateisysteme, welche den gleichzeitigen Datenzugriff erlauben, regeln den Zugriff auf Dateien z.B. mit einem Sperrmechanismus (locking). Schreibt ein Computersystem in eine solche gleichzeitig benutzte Datei, wird die Datei für Änderungen durch das andere Computersystem gesperrt. Dieser muss sich den neuen aktuellen Stand mit einem Daten-Refresh wieder holen. Cluster Dateisysteme wie Red Hat Global Filesystem (GFS) und Red Hat Global Filesystem 2 (GFS2) unterstützen dieses Sperren. Das Dateisystem Red Hat GFS Version 2 unterstützt bei einem 64-bit-System theoretisch Dateisysteme bis 8 Exabyte, Red Hat gewährleistet jedoch nur einen Support von maximal 100 Terabyte. [36]

Dateisysteme wie ZFS und Btrfs stellen die Integrität der Daten vor Veränderung, wie dies zum Beispiel durch einen Bit-Fehler auf dem Block Gerät oder im Memory entste-



hen könnte, mittels Prüfsumme sicher. Dabei wird zur jeder Datei eine Hash-Prüfsumme abgespeichert. Wird die Datei gelesen, wird die Prüfsumme aus der Datei neu berechnet und mit der abgespeicherten Prüfsumme verglichen. Sofern das Dateisystem ebenfalls gespiegelt ist, korrigiert das Dateisystem die fehlerhafte Datei aus der intakten Kopie automatisch. Dieses Verfahren wird auch als selbstheilend (self-healing) bezeichnet. [16][47]

Dateisysteme können mittels Sicherungssoftware auf Bandlaufwerke oder andere Speichermedien gesichert werden.

## 8.2. Datei-Basierend

Bei Datei-basierten Speicherarchitekturen werden Daten nicht wie bei Block-basierten Speicherarchitekturen über Blöcke adressiert, sondern über Dateien.

Mit dem Aufkommen von Desktop-Computern, wurde die Rechenlast des zentralen Mainframecomputer wesentlich entlastet (verteilte Rechenlast auf viele kleine Rechner). Ohne die Vernetzung der Desktop-Computer mussten die Daten mittels portablen Speichermedien ausgetauscht werden. Dies mag in kleinen Umgebungen noch praktikabel gewesen zu sein, wurde jedoch mit der steigenden Anzahl der Teilnehmer zusehends schwieriger bis unmöglich. Verfügbarkeit und Konsistenz der Daten konnte nicht zufriedenstellend gelöst werden. Die direkte Vernetzung der Desktop-Computer erlaubte zwar den effizienten Datenaustausch über das Netzwerk, bot aber trotzdem keine gefällige Lösung für die Datenkonsistenz und Datensicherung. Die bessere Lösung war der gemeinsame zentral angelegte Speicher, in welchem sämtliche Unternehmensdaten für alle Benutzer verfügbar gehalten und mit einem regelmässigen Backup gesichert wurden. Alle Anwender verfügten immer über die aktuellste Version der Daten. Unternehmen wie Sun Microsystems, IBM, Microsoft und Apple erkannten die Bedürfnisse der Benutzer und entwickelten für ihre Betriebssysteme die Funktionen für den geteilten Datenzugriff.

Zu den bekanntesten und weitverbreitetsten Lösungen zählen NFS und CIFS (SMB).

### 8.2.1. Network File System

Das ursprünglich rein von der Firma SUN Microsystems (heute Oracle) 1984 entwickeltes Network-File-System, ermöglicht den gemeinsamen Zugriff von mehreren Computersystemen auf das Dateisystem eines zentralen Host (Server), als ob der einzelne Benutzer Zugriff auf ein lokales Dateisystem hat. Die zweite Version von NFS erschien 1989 und war die erste Version welche von Internet Standard Request for Comments (RFC) standardisiert wurde und unter der RFC Nummer 1094 <sup>2</sup> veröffentlicht wurde.

---

<sup>2</sup><http://tools.ietf.org/html/rfc1094>

de. Für den Transport des NFS Protokolls wurde bis Version zwei ausschliesslich das UDP Transportprotokoll unterstützt. Die Version 3 von NFS (RFC<sup>3</sup> 1813), die 1995 veröffentlicht wurde, war die erste Version, in der Computer, Betriebssystem, Netzwerk-Architektur und Transport-Protokoll unabhängig ist. Die Unabhängigkeit wird mit der Verwendung von Remote Procedure Call (RPC) erreicht, welches wiederum ein eXternal Data Representation (XDR) verwendet. [63]

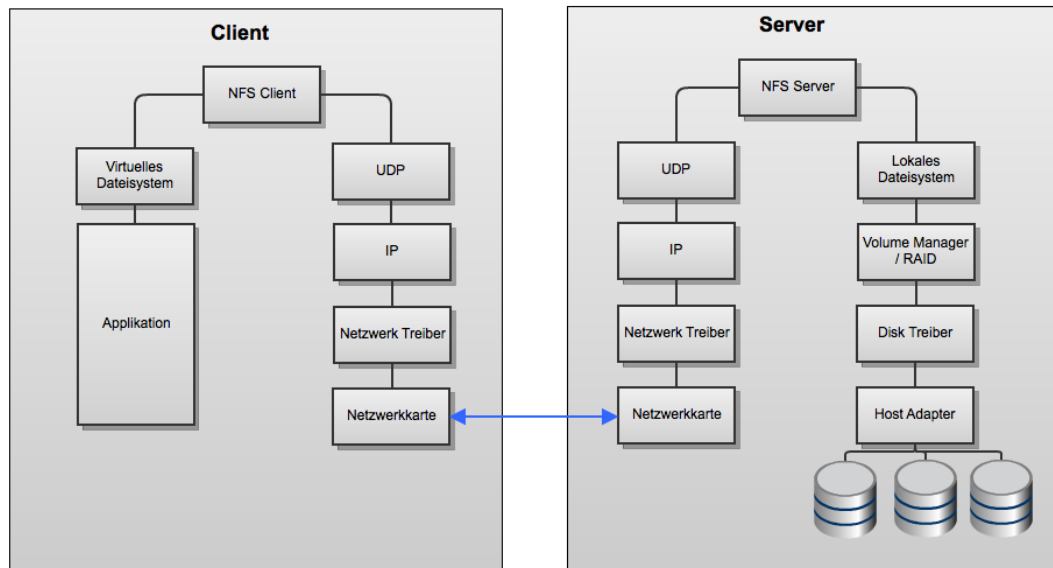


Abbildung 8.5.: NFS Architektur [32]

Wie im **Abbildung 8.5** zu entnehmen ist, ist NFS eine weitere Schicht, welche auf dem Dateisystem und dessen Block-Geräten des Computersystems bzw. Speichersystem aufbaut. So ist es zum Beispiel die Aufgabe des Dateisystems bzw. des Block-Gerätes, die Redundanz und Integrität der gespeicherten Daten sicherzustellen.

Die Datenkonsistenz für den gleichzeitigen Zugriff von mehreren Computern stellt NFS mit einem separaten Protokoll, dem Network-Lock-Manager (NLM) sicher. Der Network-Lock-Manager sorgt dafür, dass eine Datei, welche von einem Computersystem geändert wird, vor der Änderung durch andere Benutzer, gesichert ist. Wenn ein Client eine Sperrung angefordert hat, muss derselbe Client dem Server die Entsperrung mitteilen, nachdem er die Daten nicht mehr benötigt. Diese Sperrlogik führt jedoch zu Problemen, wenn der Client vor der Entsperrung ein Systemabsturz erleidet, also die Entsperrung gar nicht mehr melden kann und somit die Datei für alle anderen Benutzer gesperrt bleibt. NFS setzt mit NLM das Advisory Locking Sperr-Verfahren ein. Das bedeutet, dass andere Clients beim Zugriff auf eine gesperrte Datei nur darauf hingewiesen werden, dass die Datei gesperrt ist, ohne den Client daran zu hindern, eine gewünschte Änderung an den Daten vorzunehmen. [63]

<sup>3</sup><http://tools.ietf.org/html/rfc1813>

Seit Version 4 von NFS Protokoll (RFC 3530) ist das Sperrverfahren (Locking) im Protokoll selber implementiert. Dadurch entfällt der zusätzliche Einsatz des Network Lock Managers. NFS Version 4 unterstützt zudem das Sperren eines Bytes-Bereiches innerhalb einer Datei. Der Client erhält vom Server lediglich einen Leasing-Zeitraum für die Sperrung (Lock), welche der Client vor Ablauf der Frist wieder erneuern muss, um sie aufrechtzuerhalten. NFS in der Version 4 erlaubt ferner das Sperrverfahren Mandatory Locking, das allen anderen Clients nicht ermöglicht, sich über die Sperrung hinwegzusetzen. [17]

Indem NFS auf TCP/IP als Kommunikationsprotokoll aufbaut, kann eine NFS Freigabe, Standort übergreifend festgelegt werden. Es gilt auch hier, dass die Latenz und die Bandbreite der Verbindung zwischen den Standorten entscheidend ist und limitierend wirken kann.

NFS selbst hat keine eigene Implementierung für die Sicherstellung der Datenintegrität. Stattdessen verlässt sich NFS seit Version 2 auf die TCP und Ethernet Fehlererkennung. TCP prüft im Standardverfahren die Integrität mit einer 16-Bit-Integer Prüfsumme. Die 16-Bit-Integer Prüfsumme erkennt Fehler im pseudo IP-Header, TCP-Header und Daten. Das Verfahren zeigt Schwächen bei einzel Bit-Fehlererkennung. Ethernet verwendet für die Fehlererkennung eine CRC32 Prüfsumme. Diese ist zwar effektiv in der Erkennung und Behebung von Bit-Fehlern, bietet aber keinen durchgehenden (End-to-End) Schutz. Grund dafür ist beim Wechseln der Kollisionsdomäne-Paketes, wie es bei einem Switch oder Router der Fall ist, da jedes Mal eine neue CRC32 Prüfsumme erstellt wird. Bei NFS ab Version 4 kann der Datentransfer zusätzlich mit Kerberos abgesichert werden. Kerberos hat einen strengen Schutz gegen Manipulationen am Datenpaket und stellt somit die Integrität der Daten sicher. Nachteilig ist nur, dass Kerberos zusätzlich eingerichtet werden muss. [33]

Bis und mit Version 4 war die Verarbeitung der Metadaten und die Verarbeitung der Daten in einem Protokoll und Server implementiert. NFS skalierte deshalb bei der Verarbeitung von Dateien mit grossem Speicherplatzbedarf nicht ausreichend. Fragt ein NFS-Client einen NFS-Server für eine Datei an, prüft der Server die Metadaten. Die Metadaten geben Auskunft über den Speicherort, die Grösse, das Erstellungsdatum und das Änderungsdatum einer Datei und wandelt die Anfrage in einen Disk I/O um. Die Daten der Datei werden gesammelt und über das Netzwerk übertragen. Bei kleinen Dateien benötigt der Server den grössten Zeitanteil für das Sammeln der Daten, während bei grossen Dateien der Transfer der Daten über das Netzwerk selbst der limitierende Faktor ist. Mit der Entwicklung von pNFS konnte der Transfer der Daten parallelisiert werden. Die Architektur von NFS wurde dazu in mehrere Komponenten aufgeteilt. Der NFS Server besteht neu aus einem getrennten Metadaten Server und einem oder mehreren Daten-Servern. Die Aufgabe des MetadatenServers besteht darin, Ort und Art der Datenspeicherung zu verwalten. Die Daten-Server hingegen kümmern sich um Lese- und Schreib Anfragen von den Clients. Bei einer Anfrage für eine grosse Datei können meh-

rere Daten-Server parallel Teile der Datei dem Client ausliefern. Der Client kann dann die verschiedenen Teile wieder zu einer ganzen Datei zusammensetzen. [60][26]

Mit der NFS Version 4.1 wurde pNFS Bestandteil von NFS und ist seit 2010 im RFC 5661 standardisiert. Server Linux Distributoren, wie Red Hat haben vorerst NFS 4.1, erst als Vorschau in ihre Distribution integriert. [23]

### 8.2.2. NAS Appliance

Network Attached Storage (NAS) sind Speichersysteme mit einem angepassten Dateisystem für den gemeinsamen Dateizugriff in einer heterogenen Computer Netzwerkkumgebung, welche über ein LAN angeschlossen sind. Als Speicher verwenden NAS je nach Typ interne Festplatten, Direct Attached Storage oder einen über SAN angefügten Speicher. An Clients stellen NAS den Speicher über NFS, CIFS, iSCSI zur Verfügung. High-End NAS können den Speicher auch über Fibre-Channel zur Verfügung stellen.

Gemäss Gartner gehören die Anbieter IBM, EMC und NetAPP zu den führenden NAS Anbietern im Midrange und High-End-Bereich. Gemäss Gartner gehört Magic Quadrant Netapp zusammen mit EMC zu den innovativsten Anbietern.

#### *Strengths*

- *NetApp remains one of the few truly unified storage providers among all top-tier vendors, with its software features continuing to be industry benchmarks. The company was able to regain some of the NAS revenue market share that it had lost in 2009. Its fast revenue growth in 2010 was driven by its successful campaign targeted at midsize enterprises with the value propositions of NFS supporting VMware and unified storage in consolidating Windows application storage.*
- *In 2010, NetApp increased its aggregate up to 100TB with Data ONTAP 8.0.1 and introduced compression to complement its popular deduplication capability. It added a RESTful object storage interface (based on its acquisition of Bycast) to its unified storage, targeting global content repositories. On the hardware side, it launched new systems with better performance and denser disk shelves.*
- *NetApp's new software bundles have simplified the procurement process and made software pricing more affordable. For customers seeking converged infrastructure, NetApp launched FlexPod for VMware with its partners Cisco and VMware, offering packages including servers, storage and switches.*

#### *Cautions*

- *The vast majority of the Data ONTAP 8.0 adoption was on the 7 mode (instead of the cluster mode) for larger aggregates, while the early adoption of the cluster mode focuses on high-performance NFS file services.*

*The cluster mode is not ready for mainstream enterprise customers who require those 7-mode features that are still missing in the cluster mode. The ONTAP 8.1 scheduled for release later this year will likely continue to support the two modes: clustered and nonclustered modes of operation.*

- *While NetApp continues to enjoy its leading edge in unified storage, it's facing fiercer competition in the high-end NAS market, where file systems larger than 100TB are required and where high performance without the expensive Flash Cache is desired. NetApp is also challenged in the low-end NAS and unified storage market with new products from both major and emerging competitors.*

[54]

## 8.3. Objekt-Basierend

### 8.3.1. Verteilte Dateisysteme

Verteilte Dateisysteme sind Dateisysteme, welche ihren Speicher aus dem Speicher von mehreren Computersysteme bilden. Somit werden die Daten auf mehrere Computersysteme verteilt gespeichert, meist geschieht diese Redundant, dass heisst die Daten werden mehrfach auf Verschiedenen Computersysteme abgelegt um den Datenverlust beim Ausfall eines Computersystems zu vermeiden. Eines der bekanntesten Konzepte für Verteilte Dateisystem stammt von Google.

Unternehmen wie Google, welche Web-Applikationen mit Millionen von Anwendern betreiben und einen Speicherbedarf von hunderten Terrabyte bis Petabyte an Daten haben, stellen naturgemäss höchste Anforderungen an das Speichersystem. Google hat deshalb für das eigene verteilte Dateisystem das sogenannte Google Filesystem entwickelt. Google hat beim Design des Dateisystems angenommen, dass es auf gewöhnlichen und günstigen Hardwarekomponenten installiert wird, welche des öfteren Komponentenfehler haben könnten. Der Ausfall von Komponenten wird nicht als Sonderfall behandelt, sondern ist die Norm. Ferner handelt es sich bei den gespeicherten Daten eher um riesige Dateien mit einer Grösse von 100 Megabyte bis Multi-Gigabytes. Die Auslastung wird primär durch zwei Arten von Lesevorgängen verursacht. Das Lesen eines ganzen Datenstroms und das regellose Lesen. Die Schreibbelastung wird durch grosse sequentielle Schreibvorgänge verursacht. Dateien werden erweitert oder modifiziert. Als Architektur hat Google einen Cluster bestehend aus einem einzigen Metadaten-Server und mehreren Chunkservern gewählt. Die Daten werden bei Google in Einheiten unterteilt, den sogenannten Chunks. Jeder Chunk erhält eine eindeutige Identifizierung. Die Chunks werden über mehrere Chunkserver repliziert (Redundanz), um die Ausfallsicherheit zu gewährleisten. Der Metadaten-Server speichert in seinem Arbeitsspeicher

die Daten bestehend aus Namensraum, Berechtigung Informationen, die Zuordnung der Datei zu den Chunks und den Speicherort der Chunks. Google hat das eigene Dateisystem bis anhin nicht veröffentlicht, hat jedoch eine Studie über das Design und die Architekturprinzipien veröffentlicht. Einige der heute erhältlichen verteilten Dateisysteme, wie Hadoop Distributed Filesystem (HDFS) und CloudStore beruhen auf denselben Architekturprinzipien wie sie die Google Studie darstellt. [25][2][50]

Neben Google Konzept, gibt es auch Konzepte von anderen Organisationen wie z.B. Amazon, welches mit Ihren Objekt-Basierten Speicher genannt Amazon S3 einen Online Speicher Ihren Kunden anbietet. Amazon S3 ist auf die Speicherung von sehr grossen Datenmengen konzipiert. Mit OpenStack Object Storage steht eine vergleichbare Quell-offene Alternative zu Amazon S3 zur Verfügung.

## 9. Marktübersicht

Dieser Abschnitt behandelt den Speichermarkt für primäre Speicher. Mit der Marktübersicht soll aufgezeigt werden, welche Speicherlösungskategorien in welchen Marktsegmente gefunden werden können und welche Hersteller sich im Markt etabliert haben. Zudem wird in einem kurzen Überblick dargestellt, welche Trends im Speichermarkt aktuell sind.

### 9.1. Speicherlösungen

Die erhältlichen Speicherlösungen lassen sich in die folgenden Kategorien aufteilen:

- Konsumer Speicher
- NAS Speicher
- Modulare Disk Array Speicher
- Verteilte Dateisystem Cluster Speicher
- Online Speicher auch Cloud Storage genannt.

**Konsumer Speicher** Unter diesem Begriff werden die Speicher für Konsumer Elektronik, wie Notebook, PC, Smartphones, Multimedia Center, Audio Player, Camcorder usw. verstanden. Der Speicher basiert vorwiegend auf Blockgeräten wie Festplatten, Flash Disks, Solid State Disk etc.

**NAS Speicher** NAS Produkte sind gemäss Gartner Speichersysteme, welche mit optimierten Dateisystemen gemeinsamen Dateizugriff für die im LAN angeschlossenen heterogenen Computer Systeme ermöglichen. Die NAS Produkte können ihren Speicher von internen Disks oder Direct-Attached Storage sowie von SAN Array Speicher zur Verfügung stellen. Die NAS Produkte verwenden für den gemeinsamen Dateizugriff Industrie Standardprotokolle, wie zB. Network File System (NFS) in Unix Umgebungen, oder Common Internet File System (CIFS) für Windows-Umgebungen. Viele NAS Produkte unterstützen heute natives ISCSI und in einigen Fällen Fibre Channel, um den Speicher auch über Logical Units zur Verfügung zu stellen. Die NAS Produkte werden mit einem für ihre Aufgaben optimierten Betriebssystem betrieben. [54]

**Modulare Disk Array Speicher** Modulare Disk Array Speicher sind Speichersysteme mit doppelten Controllern oder Node Cluster Architektur, welche den Speicher über Block Zugriffsprotokolle wie Fibre Channel oder iSCSI zur Verfügung stellen. Sie werden mit vom Hersteller vorkonfigurierten Festplatten ausgeliefert. Die Festplatten werden mit eigener Konfiguration oder mittels Konfiguration des Herstellers für die gewünschte Redundanz im Speichersystem in RAID-Einheiten zusammengefasst. Die Modularen Disk Arrays werden vorwiegend im SAN, manchmal auch im DAS Bereich eingesetzt.

**Verteilte Dateisystem Cluster Speicher** Verteilte Dateisystemspeicher sind Speicher Cluster, welche den Speicher verteilt über mehrere handelsübliche Computerhardware zu einem grossen Speicher zusammenfassen und diese über eine API Anwendung zur Verfügung stellen. Die gespeicherten Daten werden meist in mehrfacher Redundanz über mehrere Cluster Nodes im Speicher Cluster verteilt. Neben wenigen spezialisierten Anbieter werden die meisten verteilten Dateisystem Cluster-Speicher als individuelle Lösungen auf eigener Computer-Hardware betrieben.

**Online Speicher (Cloud Storage)** Online Speicher, auch Cloud Storage genannt, wird von Gartner als Speichersystem beschrieben, welches seine verfügbare Kapazität über eine Wide-Area-Network inklusive dem Internet als Dienstleistung zur Verfügung stellt. Als Dienst ist die Speicherkapazität nach oben und nach unten skalierbar und wird nach dem jeweiligen Bedarf des Benutzers verrechnet. Dies ist mit der Versorgung von Strom durch einen Elektrizitätsversorger vergleichbar. [3]

## 9.2. Marktsegment

Der Speichermarkt kann in die Marktsegmente Heimanwender, Kommerz und Grossdatenanbieter unterteilt werden.

**Heimanwender/ Homeoffice** Der Heimanwender hat im Vergleich zu den anderen Marktsegmenten einen geringen Speicherbedarf. Seine Speicherlösungen beschränken sich in der Regel auf den internen Speicher seines Computersystems und seiner Elektronikgeräten. Für Heimanwender, welche einen etwas grösseren Speicherbedarf benötigen, (zum Beispiel Multimedia Inhalte oder Home Office) hat sich ein Markt für einfache NAS Systeme etabliert, welche in der Regel Speicherplatzgrössen bis zu 9 Terabyte erlauben.

**Kommerz** Zum Marktsegment 'Kommerz' gehören KMUs und Grossunternehmen in der Sparte Handel, Industrie und Dienstleitung. Diese Anbieter haben einen mittleren



bis hohen Bedarf an Speicherkapazität, im Tebibyte Bereich.

Unternehmen, welche tiefe Anforderungen an die eigene IT-Infrastruktur haben, verwenden ihre Speicherlösungen primär für den gemeinsamen Datenzugriff.

Unternehmen mit hohen Anforderungen an die eigene IT-Infrastruktur (z.B. Finanzdienstleister), verwenden ihre Speicherlösung für den gemeinsamen Datenzugriff auf Datenbanken und unstrukturierte Daten als hochverfügbare Systemumgebung.

**Grosse Datenanbieter** Zu den grossen Datenanbieter zählen Webdienstleister wie Google, Facebook, Yahoo, Amazone und Unternehmen aus der Multimedia Industrie wie Pixar Studios, RedBull, aber auch Forschungseinrichtungen wie Cern oder Bibliotheken wie die Amerikanische Library of Congress. Diese verwalten in ihren Speichern grosse Datenvolumen im Bereich von mehreren hundert Tebibyte bis Exbibyte.

Für die Speicherung solcher Datenmengen stützen sie sich auf verteilte Dateisystem Cluster Speicher oder hochleistungs NAS Speicherlösungen.

### 9.3. Gross Datenanbieter

Gemäss den Anforderungen des Auftraggebers und den beschriebenen Szenarien zählt das zu evaluierende Speichersystem zum Marktsegment der Grossen Datenanbieter. Diese Arbeit und Marktanalyse beschränkt sich deshalb auf dieses Marktsegment.

Demzufolge beschäftigen wir uns mit Speicherlösungen in der Kategorie NAS Speicher, Modulare Disk Array Speicher, Verteilte Dateisystem Cluster Speicher und Online Speicher (Cloud Storage).

### 9.4. Welche aktuellen Speicherlösungen konnten sich im Markt etablieren?

**NAS Speicherlösungen** Gartner hat die Anbieter von NAS im mittleren und oberen Marktsegment auf deren Marktchancen hin untersucht. Gartner hat diese in Marktführer, Herausforderer, Visionäre und Nischen-Anbieter gegliedert. Es wurden nur Anbieter berücksichtigt, die NAS Lösungen ab einem Preis von 25'000 \$ anbieten, die mindestens eines der Protokolle NFS oder CIFS unterstützen und ein Betriebseinkommen von mindestens 5 Millionen Dollar ausweisen.

Als Marktführer wurden Anbieter, welche einen bedeutenden Marktanteil haben, ausreichend Marketing- und Verkaufs-Kapazitäten haben und technologisch führend und innovativ sind.

Als Herausforderer gelten Anbieter mit einem starken Produkt, welche einen namhaften Marktanteil besitzen und über Ressourcen verfügen, diesen ausbauen zu können. Die Anbieter sind jedoch zu wenig Visionär, um sich als Marktführer zu qualifizieren.

Als Visionäre gelten Anbieter, die ein einzigartiges, innovatives Produkte anbieten, welches operationale oder finanziell wichtige End-Benutzer Probleme anspricht, jedoch noch nicht bewiesen haben, einen substantiellen Marktanteil gewinnen zu können.

Als Nischen-Anbieter gelten Hersteller, welche clevere Produkte vermarkten, die auf kundenspezifische Bedürfnisse oder Marktsegmente ausgerichtet sind.

Wie aus der **Abbildung 9.1** zu entnehmen ist, stuft Gartner die NetApp dicht gefolgt von EMC als Marktleader ein. Als Herausforderer gilt Oracle und als Visionär gilt BlueArc.

Gartner sieht die Stärken von NetApp darin, dass dieser als einer der wenigen wirklichen Storage Anbieter alle Marktstufen abdeckt und mit Software-Features weiterhin die Messlatte der Industrie vorgibt. NetApp hat seinen Unternehmensgewinn in 2010 stark gesteigert. Zu deren Schwächen gehören, dass in der neuen Version ihrer Betriebssystem-Software noch nicht alle Funktionen von der alten Version integriert werden konnten, welche aber weitgehend zu den allgemein geforderten Features zählen.

Zu den Stärken von EMC zählt Gartner die Übernahme von Isilon's, einem visionären Anbieter, welcher starke Wachstumschancen im traditionellen Datencenter und im Cloud Service Markt hat. Gleichzeitig schwächt die Übernahme von Isilon den Hersteller, weil sich die Produkte nun den Funktionen und Einsatzgebieten überlappen und sich die Kunden fragen, wie der Fahrplan der künftigen Entwicklung aussieht, bevor der Kunde neue Investitionen tätigt.

Zu den Stärken von BlueArc zählt Gartner, dass BlueArc mit Titan und Mercury ein NAS System anbietet, welches hoch-performant und Modular ausbaubar ist. Zu den wichtigsten benötigten Verbesserungen gehören die ultraschnelle objektbasierte Replikation im Katastrophenfall. Als weitere Schwachstelle sieht Gartner zudem den kleinen Marktanteil.

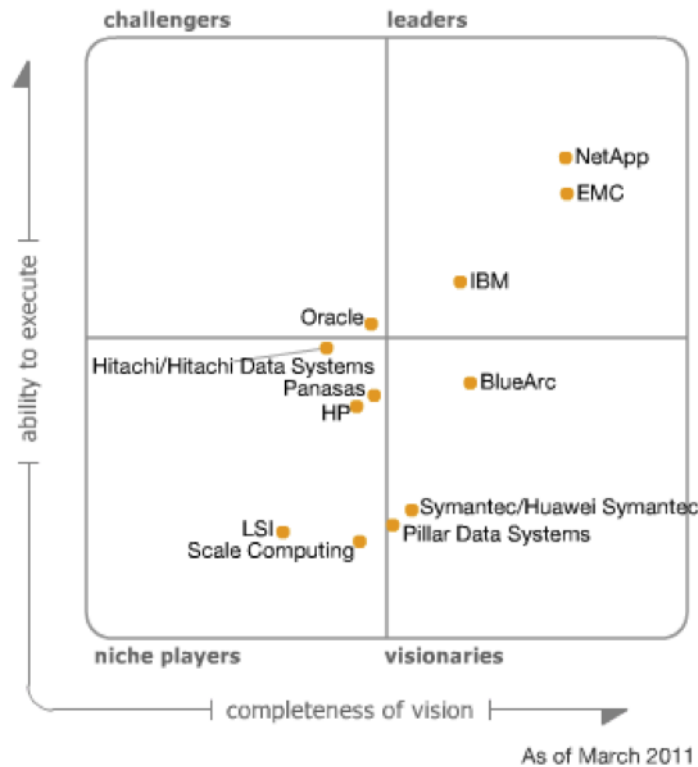


Abbildung 9.1.: Gartner Magic Quader März 2011

**Modulare Disk Array Speicher** Gartner hat die Anbieter von Modularen Disk Array im mittleren und oberen Bereich auf deren Marktchancen hin untersucht und hat diese in Marktführer, Herausforderer, Visionäre und Nischen-Anbieter unterteilt. Es wurden nur Anbieter berücksichtigt, die Modulare Disk Array Lösungen ab einem Preis von 25'000\$ anbieten und in den Märkten Nord Amerika, EMEA oder Japan und Asien Pazifik vertreten sind.

Als Marktführer wurden Anbieter, welche einen bedeutenden Marktanteil haben, ausreichend Marketing- und Verkaufs-Kapazitäten haben und technologisch führend und innovativ sind.

Als Herausforderer gelten Anbieter mit einem starken Produkt, welche einen namhaften Marktanteil besitzen und über Ressourcen verfügen, diesen ausbauen zu können. Die Anbieter sind jedoch zu wenig Visionär, um sich als Marktführer zu qualifizieren.

Als Visionäre gelten Anbieter, die ein einzigartiges, innovatives Produkt anbieten, welches operationale oder finanziell wichtige End-Benutzer Probleme anspricht, jedoch noch nicht bewiesen haben, einen substantiellen Marktanteil gewinnen zu können.

Als Nischen-Anbieter gelten Hersteller, welche clevere Produkte vermarkten, die auf kundenspezifische Bedürfnisse oder Marktsegmente ausgerichtet sind.

Wie aus der **Abbildung 9.2** zu entnehmen ist, stuft Gartner EMC, NetApp, HP, Dell und Hitachi Data System zu den Marktführern ein. Oracle und Fujitsu sieht Gartner

als Herausforderer und XIO wird als visionär bezeichnet.

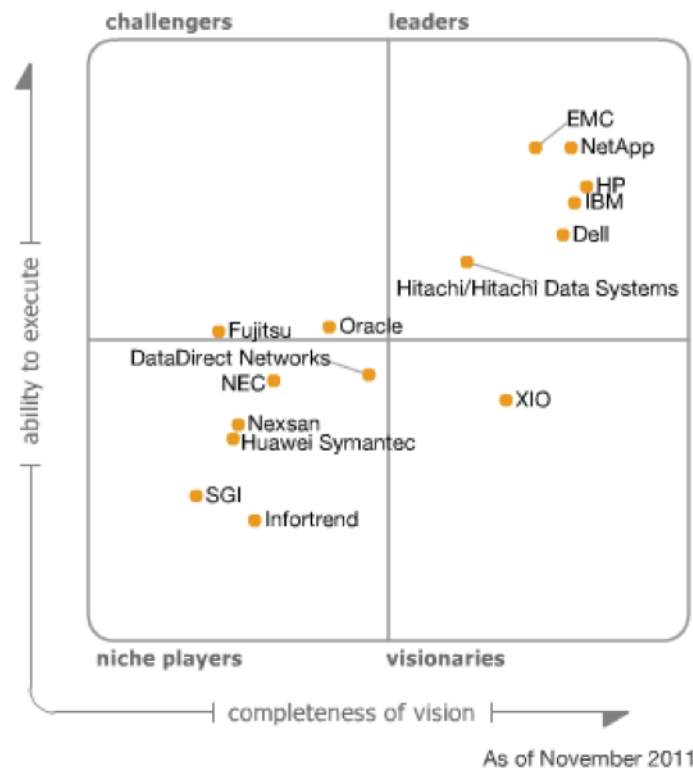


Abbildung 9.2.: Gartner Magic Quadrant Modular Disk Array März 2011

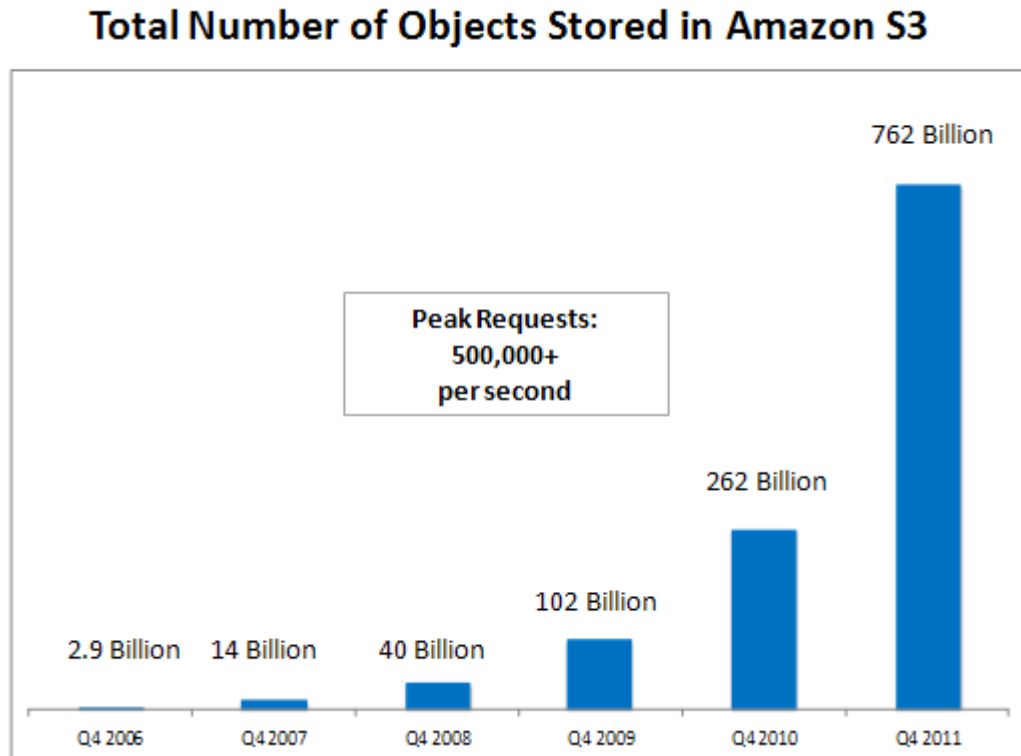
**Distributed Filesystem Cluster Speicherlösungen** Zu den bekannten Vertretern der Distributed Filesystems gehören Hadoop HDFS, Gluster, Lustre. Alle drei haben gemeinsam, dass es sich bei den Lösungen um Open-Source Software handelt.

Hadoop basiert auf dem Design-Konzept von Google Filesystem und Google Mapreduce. The Guardian hat Apache Hadoop 2011 als Erfinder des Jahres ausgezeichnet. InfoWorld hat Hadoop für den InfoWorld 2012 Technology Award gewählt und für Gartner zählt Hadoop zu den top 10 Technologie-Trends, welche Einfluss auf die Informatik Infrastruktur nehmen. Zu dem prominentesten Unternehmen, die Hadoop einsetzen und mitentwickeln zählen Yahoo und Facebook. Neben den beiden genannten gibt es mittlerweile viele weitere namhafte Unternehmen wie IBM, AOL, Twitter, die Hadoop einsetzen. [27][68][19][29]

GlusterFS wurde von der Firma Gluster Inc. als Opensource Projekt entwickelt. Im Jahr 2011 wurde Gluster Inc. von der Firma Red Hat Inc. übernommen, um Lösungen für den Big Data Bereich anbieten zu können. Red Hat wurde mit der Übernahme von Gluster Inc. zum Hauptunterstützer von GlusterFS.

**Online Speicher** Zu den ersten großen und wohl der bekannteste Online-Speicher Anbieter zählt Amazon mit ihrem S3 Produkt. Amazon veröffentlicht zwar keine Finanzdaten über ihre Cloud Produkte, hingegen veröffentlichte Amazon Daten bezüglich

dem Wachstum der Anzahl gespeicherten Objekten. Gemäss eigenen Aussagen speicherte Amazon im Jahr 2006 ca. 2.9 Milliarden Objekte, im Jahr 2010 waren es bereits 269 Milliarden Objekte. Dieses Ergebnis könnte Amazon im Jahr 2011 mit 762 Milliarden Objekten mehr als verdoppeln. [14]



**Abbildung 9.3.:** [14]Anzahl gespeicherte Objekte in Amazon S3 [14]

Neben Amazon zählt RackSpace zu den führenden Cloud Anbietern. Wie Amazon bietet auch RackSpace den Online Speicher für jedermann an. Ihr Online Speicher wird unter der Produkt Bezeichnung Cloud File vermarktet. Hinter Cloud File steckt ein selbst entwickelter Speicher, OpenStack Object Storage mit Code Name Swift genannt. RackSpace hat an OpenStack Object Storage ein Jahr lang entwickelt und diese wie ihre anderen Cloud Eigenentwicklungen als Quelloffenes Projekt unter OpenStack veröffentlicht. Zu OpenStack tragen neben Rackspace weitere namhafte Unternehmen wie Dell, HP, Citrix, AMD, NetApp, Suse, AT&T, NASA und andere bei. RackSpace setzt ferner den selbst entwickelten OpenStack Object Storage als Online Speicher ein. [43]

In der Schweiz ist die Entwicklung von Cloud Storage noch nicht so weit fortgeschritten wie in Amerika. Zu den wenigen Anbietern gehört unter anderem die Swisscom.

## 9.5. Trend

Für Gartner zählen Modular Disk Array Speicher und NAS zu den etablierten Speicherlösungen. Online Speicher (Cloud Storage) sieht Gartner eher als Speicherlösungen der

Zukunft, welche sie laufend beobachtet und einen festen Platz in ihren Marktanalysen bekommen hat.

# 10. Evaluation

## 10.1. Soll-Kriterien festlegen

Die gewählten Kriterien für die Evaluation wurden zusammen mit dem Auftraggeber im Gespräch festgelegt. In einem weiteren Schritt wurden die einzelnen Kriterien nach ihrer logischen Zugehörigkeit hierarchisch geordnet und verfeinert (**Abbildung 10.1**). Die überarbeitete Kriterienauswahl wurde anlässlich eines weiteren Meetings mit dem Auftraggeber besprochen und fixiert.

Die Kriterien sind für die späteren Verweise hierarchisch nummeriert.

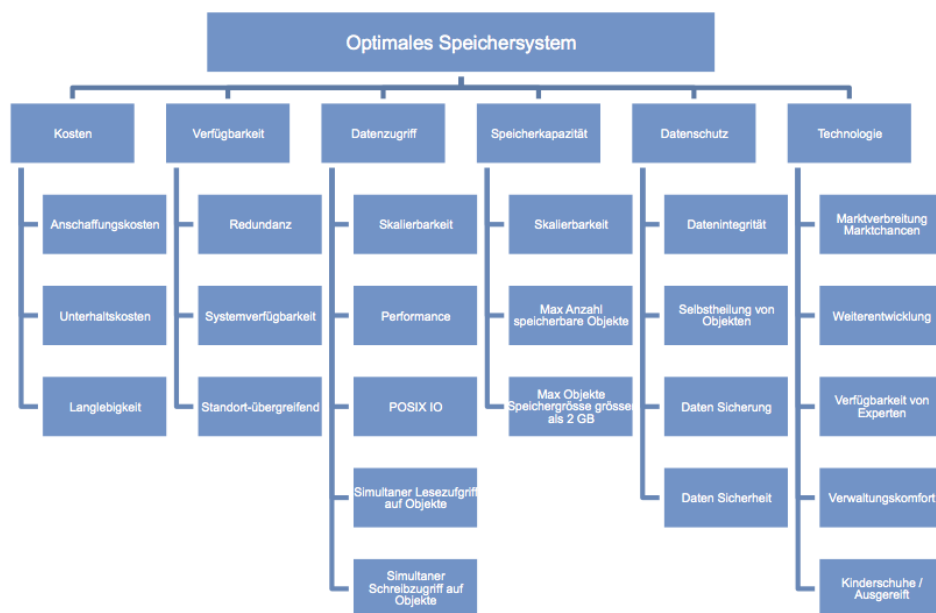


Abbildung 10.1.: Optimales Speichersystem Kriterien

### 10.1.1. Haupt Soll-Kriterien festlegen

Die Hauptkriterien sind in der obersten Hierarchie-Ebene dargestellt und werden durch ihre Unterkriterien weiter verfeinert und definiert.

**Soll-1. Kosten** Die Kosten sollen einen gewinnbringenden Betrieb ermöglichen.

**Soll-2. Verfügbarkeit** Die Anforderungen an die Verfügbarkeit der Daten ist pro Szenario beschrieben und sollen entsprechend erfüllt werden.

**Soll-3. Datenzugriffe** Die Anzahl Datenzugriffe soll skalierbar sein. Es soll möglich sein, von mehreren Webservern gleichzeitig auf den Datenspeicher zugreifen zu können. Der Datenzugriff soll über POSIX IO oder über ein dokumentiertes API erfolgen können.

**Soll-4. Speicherkapazität** Die Speicherkapazität soll die Speicheranforderungen der verschiedenen Szenarien erfüllen. Zudem soll die Speicherung von grossen Dateien bis zu 2 Gigabyte möglich sein.

**Soll-5. Datenschutz** Der beschriebene Datenschutz soll jederzeit gewährleistet sein. Entscheidend ist der Schutz gegen die unerlaubte Veränderung von Daten. Für den Auftraggeber wichtig ist die laufende Sicherung der Daten, um den Verlust von Daten zu verhindern.

**Soll-6. Technologie** Die Technologie bzw. das Produkt soll im Markt verbreitet sein, oder die Aussicht auf eine zukünftige Verbreitung im Markt. Zudem sollte die Technologie ausgereift sein, damit ein stabiler Betrieb gewährleistet ist. Nach Möglichkeit sollten genügen Experten verfügbar sein die sich mit der Technologie auskennen.

### 10.1.2. Unter Soll-Kriterien festlegen

Die Unterkriterien mit der gleichen Nummer-Ebene gehören zum selben Oberkriterium und werden später bei der Kriteriengewichtung untereinander direkt verglichen.

**Soll-1-1. Anschaffungskosten** Die IT Infrastruktur soll über eine Abschreibungsdauer von 5 Jahren ausgelegt werden. Die gewählte Lösung kann sowohl eine Miete der Anlagen (Hosting) als auch die eigene Beschaffung der Hardware-Infrastruktur enthalten (managed servers). Um die Anbieter besser vergleichen zu können sind die Kosten auf 3 Jahre zu berechnen.

**Soll-1-2. Unterhaltskosten** Zu den Unterhaltskosten zählen sämtliche anfallenden Kosten für den Betrieb und Unterhalt der IT Infrastruktur eines Hosting-Anbieters. Nicht dazu zählen Kosten für die Anwendungs-Software (Anschaffung und Entwicklung) sowie die internen Kosten des Auftraggebers, sofern diese nicht direkt mit dem Betrieb der IT Infrastruktur verbunden sind (nicht direkt zurechenbare Kosten).



**Soll-1-3. Nachhaltigkeit** Die Gesamtkosten (Anschaffung und Unterhalt) soll auf drei Jahre für alle Varianten gerechnet werden. Dabei soll auf eine gute Qualität der Komponenten für den Betrieb über 5 Jahre geachtet werden. Eine nachhaltige Planung steht im Vordergrund. Im Vergleich sollen sowohl die Anschaffungskosten und die Betriebskosten separat und auch insgesamt (TCO über 3 Jahre) verglichen werden. Die Gesamtkosten sollten 50 % der Einnahmen aus derselben Periode (3 Jahre) nicht übersteigen, damit ein langjähriger Betrieb wirtschaftlich realisierbar ist. Je tiefer die Gesamtkosten bei gleichbleibender Qualität, umso besser die Bewertung.

**Soll-2-1. Redundanz** Die redundante Haltung von aktiven Daten, welche gelesen und manipuliert werden können, ermöglicht eine höhere Verfügbarkeit der Daten, z.B. beim Ausfall einer Systemkomponente. Die doppelte Datenhaltung wie sie bei der Datensicherung oder Archivierung entsteht, fällt nicht unter den Begriff "redundante Daten", da diese nicht direkt zur Erhöhung der Datenverfügbarkeit beiträgt. Die Speicherlösung sollte die Daten mindestens doppelt, oder wenn möglich dreifach redundant halten.

**Soll-2-2. Systemverfügbarkeit** Die verbesserte Systemverfügbarkeit, wird durch Software- oder Hardware-Redundanz erreicht. Die IT Infrastruktur (Server, Speicher, Netzwerk usw. soll möglichst redundant ausgelegt sein, um eine Verfügbarkeit nach AEC-3 Standard zu gewährleisten.

**Soll-2-3. Standort-übergreifend** Die aktiven Daten sollen nach Möglichkeit an mindestens zwei voneinander getrennten Standorten gespeichert werden, um den Dienst auch im Falle des Ausfalls eines Rechenzentrums aufrecht erhalten zu können.

**Soll-3-1. Skalierbarkeit** Die Speicherlösung sollte bei Bedarf den Speicher gleichzeitig an bis zu 30 Serversysteme zur Verfügung stellen können.

**Soll-3-2. Performance** Die Speicherlösung soll eine IO-Performance von mindestens 27.31 MBit pro Sekunde haben.

**Soll-3-3. POSIX IO** Die POSIX IO (inoffizielle Bezeichnung) ist ein Teil des POSIX Standards, welche die IO Schnittstelle für POSIX kompatible Applikationen definiert. Der Standard definiert ferner die Funktionen read(), write(), open(), close() inklusive deren Fehlerbehandlung. Die Speicherlösung soll für eine einfache Implementierung nach Möglichkeit diesen Standard unterstützen.

**Soll-3-4. Simultaner Lesezugriff auf Objekte** Das gleichzeitige Lesen desselben Objektes von zwei oder mehreren Serversystemen soll möglich sein.

**Soll-3-5. Simultaner Schreibzugriff auf Objekte** Das gleichzeitige Schreiben auf dasselbe Objekte von zwei oder mehreren Serversystemen soll optional möglich sein.

#### **Soll-4-1. Skalierbarkeit**

**Soll-4-2. Max Anzahl speicherbare Objekte** Das Speichersystem soll die Anzahl der speicherbaren Objekte gemäss den Soll-Szenarien unterstützen.

**Soll-4-3. Max Objektgrösse von bis zu 2 GB** Das Speichersystem muss die Speicherung von Objekten mit einer Speichergrösse von bis zu 2 Gigabyte unterstützen.

**Soll-5-1. Datenintegrität** Die Datenintegrität der gespeicherten Daten soll gewährleistet sein.

**Soll-5-2. Selbstheilung von Objekten** Die Selbstheilung von beschädigten Daten soll nach Möglichkeit unterstützt werden. Diese Funktion ist bei der Verwaltung von grossen Datenmengen eine wichtige und geschätzte Funktion.

**Soll-5-3. Datensicherung** Die gespeicherten Daten sollen mit einem effizienten Sicherungsverfahren gesichert werden können. Wenn die aktiven Daten nicht an zwei Standorten zur Verfügung gestellt werden können, wie in (**Standort-übergreifend**) definiert, ist es zwingend erforderlich, dass der Sicherungsdatenträger an einem zweiten, physisch getrennten Standort gelagert wird.

**Soll-5-4. Datensicherheit** Die Datenzugriffsberechtigung wird in der Applikation implementiert. Die Speicherlösung soll zudem sicherstellen, dass die Daten nicht von unerlaubten Dritten gelesen oder manipuliert werden können (physischer und logischer Zugriffsschutz).

**Soll-6-1. Marktverbreitung / Marktchancen** Die Speicherlösung soll im Markt etabliert sein oder Tendenzen aufweisen, welche in den nächsten fünf Jahren die Verbreitung im Markt wahrscheinlich erscheinen lässt.

**Soll-6-2. Weiterentwicklung** Die Speichertechnologien, welche aktiv weiterentwickelt werden, sollen höher bewertet werden.

**Soll-6-3. Verfügbarkeit von Experten** Die Verfügbarkeit von Experten einer etablierten Speicherlösungstechnologie soll sichtbar sein. Dabei soll das Expertenwissen regional breit verfügbar sein. Die Verfügbarkeit von Experten in der Schweiz ist höher zu werten als im Ausland.

**Soll-6-4. Verwaltungskomfort** Die Speichertechnologie soll für die geforderte Datenmengen mit einem möglichst geringem Verwaltungsaufwand ermöglichen.

**Soll-6-5. Kinderschuhe / Ausgereift** Die Speichertechnologie soll ausgereift und stabil laufen. Eine Implementierung von Beta-Versionen ist nicht erwünscht.

## 10.2. KO-Kriterien

Die KO-Kriterien sind Muss-Kriterien, welche von dem gewählten Speichersystem erfüllt werden müssen. Speichersysteme welche die KO-Kriterien nicht erfüllen, werden bei der AHP-Evaluation ausgeschlossen. Die KO-Kriterien wurde mit dem Auftraggeber besprochen und vereinbart.

**KO-1. Dateigrösse bis 2 Gigabyte** Die Speicherung von Dateien muss eine Objektgrösse von bis zu 2 Gibibyte erlauben.

**KO-2. Speicherkapazität Szenarien** Die geforderten Speicherkapazitäten der Szenarien plus dem benötigten Speicherplatz für die Datenredundanz muss von der Speicherlösung unterstützt werden.

**KO-3. Kosten-Spannweite** Die Kosten der teuersten Speicherlösung, darf nicht dreimal teurer sein, als die günstigste Lösung.

## 10.3. Auswahl der Alternativen / Vertreter

Mit dem Auftraggeber wurde definiert, dass für die Speicherlösungen, SAN, NAS, Distributed Filesystem Cluster, Online Speicher und dedizierter Webserver je ein Vertreter für die Evaluation ausgewählt werden sollen. Die Lösungen wurden nach Marktverbreitung und Technologie-Leader ausgewählt.

Die Alternativen/ Vertreter sind für die späteren Verweise nummeriert.

**AI-1. Hetzner** Dedizierte Webserver zählen im engeren Sinn nicht als reine Speicherlösungen. Der deutsche Hosting-Anbieter Hetzner bietet allerdings dedizierte Webserver mit der in Szenario 1 geforderten Speicherkapazität (siehe **Absatz 6.1**). Die bestehende Lösung wurde mit Hetzner Webserver realisiert. Hetzner als dedizierter Webserver Anbieter wurde deshalb auch berücksichtigt.

**AI-2. NetApp NFS** Als Vertreter für die NAS Speicherlösung wurde die NetApp FAS2240-4 gewählt. Für die Entscheidung zu NetApp haben dazu beigetragen, dass die Firma NetApp zu den Marktführern im NAS Bereich gehört und von Gartner als innovativ eingestuft wurde. Zudem pflegt die Firma ein breites Partnernetzwerk in der Schweiz.

**AI-3. NetApp iSCSI** Als Vertreter für Block Speicherlösung wurde ebenfalls die NetApp FAS2240-4 gewählt. Die NetApp FAS2240-4 beherrscht ebenfalls iSCSI und FC SAN und kann somit als Block Speicherlösung ebenfalls eingesetzt werden. Für iSCSI im Vergleich zu FC-SAN spricht, dass neben der Ethernet-Netzwerk Technologie nicht zusätzliche Netzwerk Technologien eingesetzt werden müssen.

**AI-4. OpenStack Object Storage** Als Vertreter für verteilten Speicher war ursprünglich Hadoop HDFS vorgesehen. In der aktuellen Version ist der Name-Node von HDFS noch ein Single Point of Failure (SPOF). Zudem liegen die Stärken bei HDFS bei den Datenprozessen für gespeicherte Objekte mittels MapReduce Algorithmus. Aus diesem Grund wurden weitere verteilte Dateisystem untersucht, wie etwa GlusterFS und OpenStack Object Storage. OpenStack Object Storage soll von der Architektur vergleichbar sein wie Amazon S3. Bei gewichtigen Online Speicheranbieter wird RackSpace erfolgreich eingesetzt. Ein weiterer Grund die für OpenStack Object Storage spricht, ist das gelungene quelloffene Projekt, das viele namhafte IT-Hersteller als Partner gewinnen konnte.

**AI-5. Amazon S3** Amazon S3 wurde als Representant für Online Speicherlösungen gewählt. Amazon S3 ist gemäss **Absatz 9.4** einer der etabliertesten Anbieter, wenn nicht die erfolgreichste Online Speicherlösung zur Zeit. Amazon betreibt mehrere Rechenzentrum verteilt auf mehrere Kontinenten. Für den Auftraggeber würde das Europäische Rechenzentrum in Frage kommen.

### 10.3.1. Gewichtung der Soll-Kriterien mit AHP

In diesem Abschnitt werden alle Soll-Kriterien der gleichen Hierarchie-Ebene bzw. gleichen Unter-Kriterien paarweise miteinander verglichen und mit der Skala **Tabelle (7.1)** aus dem **Kapitel 7** gewichtet.

**Kosten verglichen mit Verfügbarkeit (Soll-1/Soll-2)** Mit steigenden Anforderungen an die Verfügbarkeit steigen auch die Kosten. Der Betrieb einer Infrastruktur eines Service-Anbieters muss kostendeckend sein. Einen Ausfall des Systems während definierten Betriebszeiten (das System muss online verfügbar sein), hat ebenfalls Auswirkungen auf das Unternehmen. So kann es zum Imageverlust, zu Kundenabgängen führen, oder die Zahlung von Entschädigungen erfordern. Die Rekonstruktion eines Datenverlustes kann trotz Sicherungskopie bei grossen Datenmengen zeitintensiv und kostspielig sein. Aus diesen Gründen ist ein gute Balance zwischen Kosten und Verfügbarkeit zu finden. Die Kosten sind deshalb im Vergleich zur Verfügbarkeit etwas grösser zu gewichten.

**Gewichtung: 3**

**Kosten verglichen mit Datenzugriffe (Soll-1/Soll-3)** Die Unterkriterien von Datenzugriffe sind mit der Skalierbarkeit der Datenzugriffe, Performance usw. wichtige Entscheidungskriterien. Dennoch sind diese im Vergleich zu den Kostenkriterien etwas tiefer zu gewichten. Grund dafür ist, dass der profitable Betrieb der Web-Applikation sichergestellt werden muss. Die Kosten sind deshalb etwas höher zu gewichten als die Datenzugriffe.

**Gewichtung: 3**

**Kosten verglichen mit Speicherkapazität** Die Kosten und die Speicherkapazität sind gleich hoch bis etwas höher zu gewichten. Grund dafür ist, dass die Speicherlösung den rentablen Betrieb der Web-Applikation ermöglichen muss. Zugleich ist sicherzustellen, dass die geforderte Speicherkapazität vom Speichersystem erfüllt wird. Diese Kriterien sind deshalb gleich hoch zu gewichten.

**Gewichtung: 2**

**Kosten verglichen mit Datenschutz** Für eine Web-Dienstleistung ist der Schutz der Daten wichtig. Wird die Plattform Opfer eines Hackersangriffes und wird dies publik, kann dies zu einem grossen Imageverlust führen. Aus diesem Grund ist sicherzustellen, dass die Web-Applikation sicher betrieben werden kann. Die Sicherheit muss jedoch in erster Linie auf der Web-Applikation und dem Webserver sichergestellt werden und in zweiter Priorität auf dem Speichersystem. Die Kosten sind deshalb im Vergleich zum Datenschutz sehr viel bis absolut höher zu gewichten.

**Gewichtung: 8**

**Kosten verglichen mit Technologie** Wie in den anderen Vergleichen ist sicherzustellen, dass die Web-Applikation rentabel betrieben werden kann. Deshalb sind möglichst

tiefe Betriebskosten anzustreben. Die Kosten sind deshalb in Vergleich zur Technologie erheblich grösser zu gewichten.

**Gewichtung: 7**

**Verfügbarkeit verglichen mit Datenzugriffe** Aus Sicht des Anwenders ist die Verfügbarkeit der Daten höher zu gewichten als der möglichst schnelle Zugriff oder die Art und Weise wie der Zugriff stattfindet. Allerdings kann eine lange Wartezeit beim Ausliefern der Daten für den Anwender ebenfalls als “nicht verfügbar“ empfunden werden. Es ist daher wichtig, dass der Zugriff auch vom Speichersystem effizient bewältigt werden kann. Die Verfügbarkeit ist deshalb gleich bis etwas grösser zu gewichten als der Datenzugriff.

**Gewichtung: 2**

**Verfügbarkeit verglichen mit Speicherkapazität** Zum Geschäftsmodell der Web-Applikation gehört das Bereitstellung von Speicherkapazität für die Speicherung von grossen Bilddaten. Sind die Speicherkapazitäten ausgeschöpft und ist keine Wachstum mehr in der Speicherkapazität möglich, verliert der Auftraggeber ein neues Geschäft oder verliert gar einen bestehenden Kunden und kann mit dem Marktwachstum nicht Schritt halten. Aus diesem Grund ist die Verfügbarkeit etwas geringer zu gewichten als die Speicherkapazität.

**Gewichtung: 1/3**

**Verfügbarkeit verglichen mit Datenschutz** Um eine möglichst hohe Verfügbarkeit zu erreichen, werden zur Gewährleistung der Verfügbarkeit Massnahmen für den Datenschutz unternommen. Aus diesem Grund ist die Verfügbarkeit höher zu gewichten. Die Verfügbarkeit kann auch durch Schwachstellen erheblich höher zu gewichten sein als der Datenschutz.

**Gewichtung: 5**

**Verfügbarkeit verglichen mit Technologie** Für den Betrieb ist sicherzustellen, dass die Verfügbarkeit gewährleistet ist. Im Vergleich zur Marktverbreitung und die Verfügbarkeit von Experten ist deshalb die Verfügbarkeit erheblich bis sehr viel grösser zu gewichten.

**Gewichtung: 6**

**Datenzugriffe verglichen mit Speicherkapazität** Die Skalierbarkeit der Datenzugriff ist für ein Speichersystem fast gleich wichtig wie die Skalierbarkeit der Speicherkapazität.

pazität. Die Art und Weise wie der Zugriff stattfindet, ist hingegen weniger wichtig als die maximale Grösse eines Objektes. Deshalb ist der Datenzugriff etwas weniger gross zu gewichten als die Speicherkapazität.

**Gewichtung: 3**

**Datenzugriffe verglichen mit Datenschutz** Für die Web-Applikation ist es wichtig, dass die geforderten Zugriffe auf das Speichersystem verarbeitbar sind. Die Sicherheit der Daten soll zudem vorwiegend aus Sicht der Applikation sichergestellt werden. Aus diesem Grund ist der Datenzugriff sehr viel grösser zu gewichten als der Datenschutz.

**Gewichtung: 7**

**Datenzugriffe verglichen mit Technologie** Für die Web-Applikation ist es wichtig, dass die geforderten Zugriffe auf das Speichersystem verarbeitbar sind. Für den Langzeitbetrieb ist es aber auch wichtig, dass die Speichertechnologie mit den künftigen Anforderungen des Marktes Schritt halten kann. Deshalb ist der Datenzugriff erheblich grösser zu gewichten als die Technologie.

**Gewichtung: 5**

**Speicherkapazität verglichen mit Datenschutz** Zum Geschäftsmodell der Web-Applikation gehört die Bereitstellung von Speicherkapazität zur Speicherung von grossen Bilddaten. Sind die Speicherkapazitäten erschöpft und ist kein Wachstum mehr möglich, kann der Auftraggeber mit den Marktanforderungen nicht mehr Schritt halten. Der Datenschutz der Daten ist ebenfalls wichtig. Der Schutz der Daten muss jedoch hauptsächlich auf der Applikationsseite erfolgen. Aus diesem Grund ist die Speicherkapazität sehr viel bis absolut grösser zu gewichten als der Datenschutz.

**Gewichtung: 8**

**Speicherkapazität verglichen mit Technologie** Für den langfristigen Betrieb ist es wichtig, dass die Technologie laufend den neuen Marktanforderungen angepasst werden kann und genügend Experten vorhanden sind, welche mit der Technologie vertraut sind. Für das Geschäftsmodell ist es aber wichtiger, die notwendige Speicherkapazität zur Verfügung stellen zu können. Deshalb ist die Speicherkapazität sehr viel wichtiger als die Technologie.

**Gewichtung: 7**

**Datenschutz verglichen mit Technologie** Für den langfristigen Betrieb ist es wichtig, dass die Technologie laufend den neuen Marktanforderungen angepasst werden kann und genügend Experten vorhanden sind, welche mit der Technologie vertraut sind. Aus diesem Grund ist der Datenschutz etwas bis erheblich geringer zu gewichten als die Technologie.

**Gewichtung: 4**

**Tabelle 10.1.:** AHP Gewichtung Top Kriterien

Top Kriterien							
	K	V	D	S	Ds	T	Gewicht
<b>Kosten (K)</b>	1	3	3	2	8	7	0.353
<b>Verfügbarkeit (V)</b>	1/3	1	2	1/3	5	6	0.155
<b>Datenzugriff (D)</b>	1/3	1/2	1	1/4	7	5	0.122
<b>Speicherkapazität (S)</b>	0.5	3	4	1	8	7	0.299
<b>Datenschutz (Ds)</b>	1/8	1/5	1/7	1/8	1	1/4	0.026
<b>Technologie (T)</b>	1/7	1/6	1/5	1/7	4	1	0.045
<b>Konsistenz Kennzahl</b>	0.083						

### **Gewichtung Kosten**

Wie nach der Gewichtung und in der **Tabelle (10.2)** zu entnehmen ist, haben die Unterhaltskosten, gefolgt von Langlebigkeit die höhere Gewichtung als die Anschaffungskosten.

Die Paarvergleiche im Detail:

**Anschaffungskosten verglichen mit Unterhaltskosten (Soll-1-1/Soll-1-2)** Die Betriebskosten sind der Hauptkostenfaktor in der Lebenszeit eines Informations-Systems. Gemäss Gartner fielen die weltweiten IT-Kosten im Jahr 2011 um 20 % für Computer Hardware und um 43 % für IT-Serviceleistungen. Zudem steigen die Kosten zum Beispiel von Disk Array Speicher nach Ablauf der ordentlichen vom Hersteller gewährleisteten Wartung, wegen teuren weiterführenden Wartungsverträge stark an. Aus diesem Grund sind die Anschaffungskosten im Vergleich zu den Unterhaltskosten erheblich geringer zu gewichten.

**Gewichtung: 1/5**

**Anschaffungskosten verglichen mit Nachhaltigkeit (Soll-1-1/Soll-1-3)** Fällt die Langlebigkeit eines Systems, weil es technologisch veraltet ist oder weil die Kosten für Wartungsverträge nach Ablauf der ordentlichen Wartung im Vergleich zur Neubeschaffung unrentabel sind, kurz aus. Sind erneut Kosten in der Anschaffung und Migration



der Daten notwendig. Aus diesem Grund sind die Anschaffungskosten im Vergleich zur Langlebigkeit etwas geringer zu gewichten.

**Gewichtung: 1/3**

**Unterhaltskosten verglichen mit Nachhaltigkeit (Soll-1-2/Soll-1-3)** Der Hauptkostenfaktor in der Lebenszeit eines Informationssystems sind die Betriebskosten. Steigen diese Kosten aufgrund hoher Wartungsvertragskosten mit der Lebensspanne des Systems an, kann sich der Betrieb als unrentabel herausstellen. Aus diesem Grund sind die Betriebskosten im Vergleich zur Langlebigkeit etwas grösser zu gewichten.

**Gewichtung: 3**

**Tabelle 10.2.:** AHP Kosten

Kosten				
	A	U	L	Gewicht
Anschaffung (A)	1	0,2	0,333	0,105
Unterhaltskosten (U)	5	1	3	0,637
Langlebigkeit (L)	3	0,333	1	0,258
Konsistenz Kennzahl	0.033			

### **Gewichtung Verfügbarkeit**

Wie nach der Gewichtung und in der **Tabelle (10.3)** zu entnehmen ist, hat die Redundanz eine erheblich höhere Gewichtung als die Systemverfügbarkeit und Standortübergreifende Verfügbarkeit.

Die Paarvergleiche im Detail:

**Redundanz verglichen mit Systemverfügbarkeit (Soll-2-1/Soll-2-2)** Die Daten eines Informationssystem sind dessen wertvollstes Gut. Mit höherer Redundanz der Daten steigt auch die Verfügbarkeit der Daten. Die Gesamtverfügbarkeit hängt jedoch auch von der Verfügbarkeit der einzelnen Systemkomponenten zusammen. Deshalb sollten die Daten systemübergreifend redundant sein, um ein hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten. Gemäss eigener Erfahrungen ist die Zahl der Datenträgersausfällen höher als die restlichen Komponentenausfällen eines Systems. Die Datenredundanz ist deshalb erheblich grösser zu gewichten als die Systemredundanz.

**Gewichtung: 5**

**Redundanz verglichen mit Standort-übergreifend (Soll-2-1/Soll-2-3)** Die Standortübergreifende Verfügbarkeit der Daten kann nur mit Redundanz der Daten erreicht

werden. Aus diesem Grund ist die Datenredundanz absolut höher zu gewichten als die standortübergreifende Verfügbarkeit.

**Gewichtung: 9**

**Systemverfügbarkeit verglichen mit Standort-übergreifend (Soll-2-2/Soll-2-3)** Die standortübergreifende Verfügbarkeit des System kann, erreicht werden, wenn die Daten auf mehrere Standorte verteilt werden und an diesen Standorten die Daten von einem lokalen System gelesen werden können. Das zweite System sollte idealerweise ein baugleiches Gerät sein, welches am zweiten Standort abgeschaltet ist und bei einem Ausfall am Hauptstandort hochgefahren wird. Um die Verfügbarkeit zu gewährleisten, sollten keine manuellen Eingriffe erforderlich sein, da diese mit einem Unterbruch der Dienstleistung verbunden wäre. Aus diesem Grund ist die Systemverfügbarkeit etwas höher bis erheblich höher zu gewichten als die standortübergreifende Verfügbarkeit.

**Gewichtung: 4**

**Tabelle 10.3.: AHP Verfügbarkeit**

Verfügbarkeit				
	R	Sv	St	Gewicht
Redundanz (R)	1	5	9	0,743
Systemverfügbarkeit (Sv)	1/5	1	4	0,194
Standort-Übergreifend (St)	1/9	1/4	1	0,063
Konsistenz Kennzahl	0,061			

### **Gewichtung Datenzugriff**

Wie nach der Gewichtung und in der **Tabelle (10.4)** zu entnehmen ist, hat die Fähigkeit für simultane Lesezugriffe auf Objekte dicht gefolgt von Skalierbarkeit der Datenzugriffe die höchste Gewichtung, gefolgt von Performance und der Unterstützung von POSIX IO. Die kleinste Gewichtung hat der simultane Schreibzugriff auf Objekte.

Die Paarvergleiche im Detail:

**Skalierbarkeit verglichen mit Performance (Soll-3-1/Soll-3-2)** Die Skalierung der Anzahl Datenzugriffe von mehreren Systemen ermöglicht die Web-Applikation höher redundant zu betreiben und die Verarbeitung der Bilddaten auf mehrere Server zu verteilen. Der maximale Datendurchsatz ist daher weniger bedeutend als dessen balancierten Verteilung der Zugriffe auf mehrere Server. Eine Speicherlösung, welche eine schlechte Performance aufweist, skaliert in der Regel ebenfalls nicht. Aus diesem Grund ist die Skalierung der Datenzugriffe etwas grösser zu gewichten als die Performance

**Gewichtung: 3**

**Skalierbarkeit verglichen mit POSIX IO (Soll-3-1/Soll-3-2)** Ist ein Zugriff auf die Daten über POSIX IO möglich, fällt allenfalls die Anpassung der entwickelten Web-Applikation geringer aus, als wenn er auf die Daten per API zugreifen muss. Für den Betrieb der Web-Applikation ist die Skalierung der Anzahl Datenzugriffe sehr viel bis absolut bedeutender als die Methode des Datenzugriffs.

**Gewichtung: 8**

**Skalierbarkeit verglichen mit Simultaner Lesezugriff auf Objekte (Soll-3-1/Soll-3-4)** Der simultane Lesezugriff auf ein Objekt ermöglicht ein Objekt von mehreren Servern gleichzeitig zu lesen und dem Anwender darzustellen. Wird dies nicht unterstützt, kann dem Benutzer die Bilddatei nicht dargestellt werden, wenn ein anderer Besucher dieselbe Bilddatei gerade betrachtet. Aus diesem Grund ist die Skalierung und der simultane Lesezugriff auf Objekte gleich bedeutend.

**Gewichtung: 1**

**Skalierbarkeit verglichen mit Simultaner Schreibzugriff auf Objekte (Soll-3-1/Soll-3-5)** Der simultane Schreibzugriff auf ein Objekt erlaubt ein Objekt gleichzeitig von zwei oder mehreren Systemen bearbeiten zu können. Die Web-Applikation des Auftraggeber führt jedoch keine Änderungen an einer original Bilddatei durch, sondern erstellt modifizierte Kopien. Aus diesem Grund ist der gleichzeitige Schreibzugriff auf ein Objekt absolut geringer zu gewichten als die Skalierung des Datenzugriffs.

**Gewichtung: 9**

**Performance verglichen mit POSIX IO (Soll-3-2/Soll-3-3)** Für den Betrieb der Web-Applikation ist die Performance der Datenzugriffe erheblich bis sehr viel bedeutender als die Methode des Datenzugriffs.

**Gewichtung 6**

**Performance verglichen mit Simultaner Lesezugriff auf Objekte (Soll-3-2/Soll-3-4)** Die Performance ist erheblich geringer bedeutend als der simultane Lesezugriff auf Objekte. Grund dafür ist, dass das gleiche Objekte von mehreren Web-Servern gelesen werden kann, um diese den Website Besuchern darstellen können

**Gewichtung: 1/5**

**Performance verglichen mit Simultaner Schreibzugriff auf Objekte (Soll-3-2/Soll-3-5)** Weil keine Manipulationen an der original Bilddatei durchgeführt wird, ist die

Performance des Datenzugriff erheblich höher zu gewichten als der simultane Schreibzugriff auf Objekte.

**Gewichtung: 5**

**POSIX IO verglichen mit Simultaner Lesezugriff auf Objekte (Soll-3-3/Soll-3-4)**

Die Zugriffsmethode der Web-Applikation kann bei Bedarf durch die Entwickler angepasst werden. Für den Betrieb der Web-Applikation ist daher die Zugriffsmethode auf die Bilddaten erheblich geringer bedeutend als der simultane Lesezugriff.

**Gewichtung: 1/5**

**POSIX IO verglichen mit Simulatener Schreibzugriff auf Objekte (Soll-3-3/Soll-3-5)**

Weil keine Änderungen an original Bilddateien durchgeführt werden, ist es für den Auftraggeber bedeutender, dass ein Zugriff über POSIX IO möglich ist.

**Gewichtung: 3**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte verglichen mit Simulatener Schreibzugriff auf Objekte (Soll-3-4/Soll-3-5)**

Die Webapplikation des Auftraggeber führt keine Änderungen an der original Bilddatei durch, was den simultanen Schreibzugriff auf Objekten für den Betrieb der Web-Applikation von geringer Bedeutung ist. Der simultane Lesezugriff auf Objekten muss für den Betrieb der Web-Applikation möglich sein, damit die Bilddaten in mehreren Websitzungen gleichzeitig dargestellt werden können. Deshalb ist der simultane Lesezugriff gegenüber dem simultanen Schreibzugriff absolut höher gewichtet.

**Gewichtung: 9**

**Tabelle 10.4.: AHP Gewichtung Datenzugriff**

Datenzugriff						
	SK	Pe	POI	L	S	Gewicht
Skalierbarkeit (Sk)	1	3	8	1	9	0,364
Performance (Pe)	1/3	1	6	1/5	5	0,158
POSIX IO (POI)	1/8	1/6	1	1/5	3	0,056
Simultaner Lesezugriff auf Objekte (L)	1	5	5	1	9	0,392
Simultaner Schreibzugriff auf Objekte (S)	1/9	1/5	1/3	1/9	1	0,031
Konsistenz Kennzahl	0,08					

**Gewichtung Speicherkapazität**

Wie nach der Gewichtung und in der **Tabelle (10.5)** zu entnehmen ist, hat die Skalierbarkeit zusammen mit der max. Anzahl speicherbarer Objekte die höchste Gewichtung.

Die Möglichkeit zur Speicherung von Objekte grösser als 2 GiB hat die tiefste Gewichtung, da die mindest Speichergrösse von bis zu 2 GiB bereits als KO Kriterium KO-1 festgelegt wurde und es sich somit um ein optionales Kriterium handelt.

Die Paarvergleiche im Detail:

**Skalierbarkeit verglichen mit Max Anzahl speicherbare Objekte (Soll-4-1/Soll-4-**

**2)** Die Skalierung der Speicherkapazität ist gleich zu gewichten wie die maximale Anzahl speicherbarer Objekte. Beides sind limitierende Faktoren, die bei Erreichen der Grenze die Speicherung von neuen Objekten verunmöglichen. Erreicht man die Grenze der speicherbaren Objekten, kann die vorhandene freie Speicherkapazität nicht für neue Objekte verwendet werden. Umgekehrt wenn die Speicherkapazität nicht ausgebaut werden kann, kann die freie Kapazität an speicherbaren Objekten nicht dazu verwendet werden, neue Objekte zu speichern.

**Gewichtung: 1**

**Skalierbarkeit verglichen mit Max Objektgrösse von bis zu 2 GB (Soll-4-1/Soll-**

**4-3)** Die Skalierbarkeit der Speicherkapazität ist für den Betrieb sehr viel höher zu gewichten als die maximale Speichergrösse für Objekte grösser als 2 Gigabyte.

**Gewichtung: 7**

**Max Anzahl speicherbare Objekte verglichen mit Max Objektgrösse von bis zu 2**

**GB (Soll-4-2/Soll-4-3)** Die maximale Anzahl speicherbarer Objekte ist für den Betrieb sehr viel höher zu gewichten als die maximale Speichergrösse für Objekte grösser als 2 Gigabyte.

**Gewichtung: 7**

**Tabelle 10.5.: AHP Gewichtung Speicherkapazität**

Speicherkapazität				
	S	A	O	Gewicht
Skalierbarkeit (S)	1	1	7	0,467
Max Anzahl speicherbare Objekte (A)	1	1	7	0,467
Max Objekt Speichergrösse grösser als 2 GiB (O)	1/7	1/7	1	0.067
Konsistenz Kennzahl	0			

**Gewichtung Datenschutz**

Wie nach der Gewichtung und in der **Tabelle (10.6)** zu entnehmen ist, hat das Kriterium Datensicherung gefolgt von Datenintegrität die höchste Gewichtung. Erheblich weniger Gewichtung haben Selbstheilung von Objekten und Datensicherheit.

Die Paarvergleiche im Detail:

**Datenintegrität verglichen mit Selbstheilung von Objekten (Soll-5-1/Soll-5-2)** Damit das Speichersystem beschädigte Objekte selbständig heilen kann, ist es erforderlich, dass die Objekte redundant gespeichert werden und die Integrität der gespeicherten Objekte geprüft wird. Die Integrität der Objekte wird dabei mit einer zuvor erstellten und gespeicherten Hash-Prüfsumme verglichen. Aus diesem Grund ist die Datenintegrität erheblich höher zu gewichten als die Selbstheilung von Objekten.

**Gewichtung: 5**

**Datenintegrität verglichen mit Datensicherung (Soll-5-1/Soll-5-3)** Verliert man alle primären Daten durch einen Hard- bzw. Software Fehler oder durch unerlaubtes Einwirken von Dritten, ist es unerlässlich, dass eine vollständige und konsistente Sicherungskopie der Daten besteht, um keinen totalen Datenverlust hinnehmen zu müssen. Wenn ferner die Datenintegrität nicht sichergestellt ist, besteht ebenfalls die Gefahr eines Datenverlustes. Ist ein Objekt nicht mehr integer sondern korrupt und wird dies nicht vor der Datensicherung festgestellt, besteht die Gefahr eines Datenverlustes. Der Verlust aller Daten ist schwerwiegender als der Verlust einzelner Daten. Aus diesem Grund ist die Datenintegrität geringer zu gewichten als die Datensicherung.

**Gewichtung: 1/3**

**Datenintegrität verglichen mit Datensicherheit (Soll-5-1/Soll-5-4)** Primär muss bei einer Webapplikation die Datensicherheit innerhalb der Webapplikation sichergestellt werden. Aus diesem Grund ist die Datensicherheit sehr viel höher zu gewichten als die Datenintegrität.

**Gewichtung: 7**

**Selbstheilung von Objekten verglichen mit Datensicherung (Soll-5-2/Soll-5-3)** Die Selbstheilung von Daten stellt sicher, dass alle redundant gespeicherten Primären-Daten integer sind. Durch die Selbstheilung verringert sich das Risiko des Datenverlustes. Der Verlust aller Daten ist jedoch schwerwiegender als der Verlust einzelner Daten. Aus diesem Grund ist die Selbstheilung der Daten erheblich geringer zu gewichten als die Datensicherung.

**Gewichtung: 1/5**

**Selbstheilung von Objekten verglichen mit Datensicherheit (Soll-5-2/Soll-5-4)** Primär muss bei einer Webapplikation die Datensicherheit innerhalb der Webapplikation

sichergestellt werden. Aus diesem Grund ist die Selbstheilung der Daten etwas höher zu gewichten als die Datensicherheit.

**Gewichtung: 3**

**Datensicherung verglichen mit Datensicherheit (Soll-5-3/Soll-5-4)** Die Datensicherheit ist primär auf der Web-Applikationschicht zu gewährleisten und zu realisieren. Erfährt man einen Datenverlust durch das Einwirken von Dritten, ist sicherzustellen, dass eine Sicherungskopie der Daten existiert. Aus diesem Grund ist die Sicherung der Daten sehr viel höher zu gewichten als die Sicherheit.

**Gewichtung: 7**

**Tabelle 10.6.:** AHP Gewichtung Datenschutz

Datenschutz					
	I	H	B	S	Gewicht
Datenintegrität (I)	1	5	1/3	7	0,311
Selbstheilung von Objekten (H)	1/5	1	1/5	3	0,097
Datensicherung (B)	3	5	1	7	0,544
Datensicherheit (S)	1/7	1/3	1/7	1	0,048
Konsistenz Kennzahl	0,084				

### **Gewichtung Technologie**

Wie nach der Gewichtung und in der **Tabelle (10.7)** zu entnehmen ist, hat das Kriterium Ausgereift mit Abstand die höchste Gewichtung. Die zweithöchste Gewichtung ist der Weiterentwicklung zugeordnet, gefolgt von der Verfügbarkeit von Experten und der Marktverbreitung/Marktchancen. Am wenigsten Gewicht wird dem Verwaltungskomfort zugeteilt.

Die Paarvergleiche im Detail:

**Marktverbreitung / Marktchancen verglichen mit Weiterentwicklung (Soll-6-1/Soll-6-2)** Ein Technologie, die nicht mehr weiterentwickelt wird, hat trotz einer allfälligen grossen Marktverbreitung über kurz oder lang keine Chancen und wird durch neuere und bessere Technologien aus dem Markt verdrängt. Beim Entscheid zu einer neuen Lösung ist es wichtig, dass man sich für ein Technologie entscheidet, welche noch nicht am Ende ihres Lebenszyklus angelangt ist. Aus diesem Grund ist die Marktverbreitung/-Marktchance erheblich geringer zu gewichten als die Weiterentwicklung.

**Gewichtung: 1/5**

**Marktverbreitung / Marktchancen verglichen mit Verfügbarkeit von Experten (Soll-6-1/Soll-6-3)** Mit einer hohen Marktverbreitung ist in der Regel die Verfügbarkeit von Experten ebenfalls gegeben. Aus diesem Grund ist die Marktverbreitung und die Verfügbarkeit von Experten gleich zu gewichten

**Gewichtung: 1**

**Marktverbreitung / Marktchancen verglichen mit Verwaltungskomfort (Soll-6-1/Soll-6-4)** Ein Produkt, welches hohen Verwaltungskomfort aufweist, jedoch wegen anderen Faktoren eine schlechte Marktverbreitung oder Marktchancen aufweist, ist für den langfristigen Betrieb eher ungeeignet. Die Marktverbreitung ist deshalb etwas höher zu gewichten als der Verwaltungskomfort.

**Gewichtung: 3**

**Marktverbreitung / Marktchancen verglichen mit Kinderschuhe / Ausgereift (Soll-6-1/Soll-6-5)** Für den Betrieb der Web-Applikation ist es wichtig, dass die Speicherlösung technisch und im Alltagseinsatz ausgereift ist. Die Marktverbreitung ist deshalb absolut geringer zu gewichten als eine ausgereifte Speicherlösung.

**Gewichtung: 1/9**

**Weiterentwicklung verglichen mit Verfügbarkeit von Experten (Soll-6-2/Soll-6-3)** Eine Technologie, welche nicht mehr weiter entwickelt wird, läuft Gefahr, den Marktanforderungen bald nicht mehr zu genügen und könnte in der Folge von neuen Technologien ersetzt werden. Der Rückgang der Marktanteile der Technologie hat auch zur Folge, dass der Nachwuchs sich in den alten Technologien ebenfalls weiterbilden muss. Dies wiederum hat zur Folge, dass die Anzahl Experten mittelfristig ebenfalls abnimmt. Aus diesem Grund ist die Weiterentwicklung erheblich höher zu gewichten als die Verfügbarkeit von Experten.

**Gewichtung: 5**

**Weiterentwicklung verglichen mit Verwaltungskomfort (Soll-6-2/Soll-6-4)** Die Weiterentwicklung ist für den Langzeitbetrieb wichtiger als der Verwaltungskomfort. Bestehende Schwächen im Verwaltungskomfort könnten in weiterentwickelten Versionen behoben oder verbessert sein. Die Weiterentwicklung wird deshalb für den Langzeitbetrieb sehr viel höher gewichtet als der Verwaltungskomfort.

**Gewichtung: 7**



**Weiterentwicklung verglichen mit Kinderschuhe / Ausgereift (Soll-6-2/Soll-6-5)**

Für den Betrieb der Web-Applikation ist es wichtig, dass die Speicherlösung technisch und betrieblich ausgereift ist. Die Weiterentwicklung ist deshalb erheblich geringer zu gewichten als eine ausgereifte Speicherlösung.

**Gewichtung: 1/5**

**Verfügbarkeit von Experten verglichen mit Verwaltungskomfort (Soll-6-3/Soll-6-**

**4)** Bietet ein Speicherlösung einen hohen Verwaltungskomfort, kann die Verwaltung in der Regel schneller und von weniger gut geschultem Personal durchgeführt werden. Folglich verringert sich die Abhängigkeit zu Experten. Für die Konzeption, Inbetriebnahme, spätere Optimierung und Problemlösungen der Speicherinfrastruktur ist man in der Regel weiterhin auf das Wissen von Experten angewiesen. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass der Zugriff auf Expertenwissen vorhanden ist. Die Verfügbarkeit von Experten ist deshalb, erheblich höher zu gewichten als der Verwaltungskomfort.

**Gewichtung: 5**

**Verfügbarkeit von Experten verglichen mit Kinderschuhe / Ausgereift (Soll-6-3/Soll-6-5)**

Für den Betrieb der Web-Applikation ist es wichtig, dass die Speicherlösung technisch und betrieblich ausgereift sind. Ein nicht ausgereiftes Produkt könnte massive Mängel ausweisen, die einen effizienten Betrieb gefährden würden, falls dies nicht gänzlich durch Experten kompensiert werden könnte. Die Verfügbarkeit von Experten ist deshalb sehr viel geringer zu gewichten als die ausgereifte Speicherlösung.

**Gewichtung: 1/7**

**Verwaltungskomfort verglichen mit Verwaltungskomfort (Soll-6-3/Soll-6-5)**

Für den Betrieb der Web-Applikation ist es wichtig, dass die Speicherlösung technisch und betrieblich ausgereift ist. Der höchste Verwaltungskomfort bringt letztendlich nichts, wenn das Produkt Mängeln aufweist und den Betrieb gefährdet.

Der Verwaltungskomfort ist deshalb absolut geringer zu gewichten als die ausgereifte Speicherlösung.

**Gewichtung: 1/9**

Tabelle 10.7.: AHP Gewichtung Technologie

Technologie						
	M	W	E	V	A	Gewicht
Marktverbreitung/Marktchancen (M)	1	1/5	1	3	1/9	0.064
Weiterentwicklung (W)	5	1	5	7	1/5	0.238
Verfügbarkeit von Experten (E)	1	1/2	1	5	1/7	0.079
Verwaltungskomfort (V)	1/3	1/7	1/2	1	1/9	0.031
Ausgereift (A)	9	5	7	9	1	0.588
Konsistenz Kennzahl	0.094					

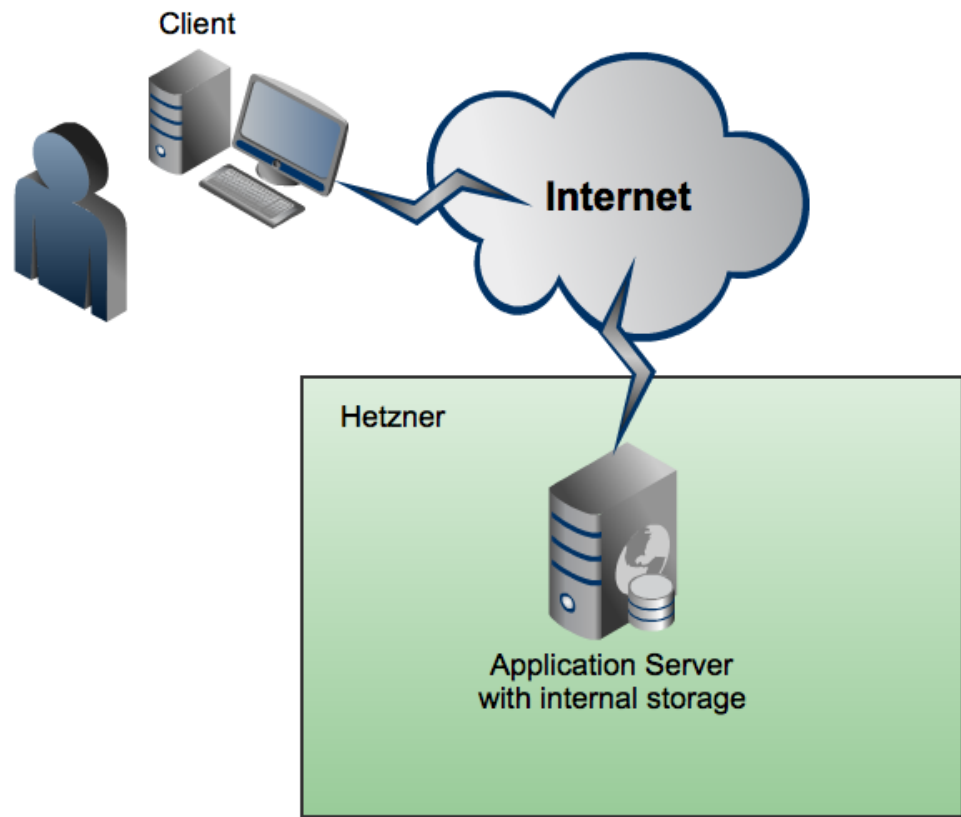
## 10.4. Analyse Alternativen auf KO-Kriterien

## 10.5. Daten Sammeln

### 10.5.1. AI-1: Hetzner Server

Hetzner ist einer der grössten Hosting Anbieter in Deutschland und bietet seit 1997 für Unternehmen und Privatpersonen Hosting-Produkte an. In den vergangenen Jahren hat Hetzner von diversen Computer-Magazinen Auszeichnungen bekommen. Hetzner betreibt in Deutschland mehrere Rechenzentren die mehrfach redundant an das Internet angeschlossen sind.

Die **Abbildung 10.2** zeigt den gemieteten Hetzner Server mit dem internen RAID Disk Speicher. In **Abbildung 10.3** wird die interne Architektur des RAID-Speichers mit den verschiedenen Speicherschichten dargestellt.



**Abbildung 10.2.:** Dezipierter Server System und Netzwerk Architektur

### Speicherkapazität

Der grösste dedizierte Server, welcher Hetzner in seinem Produktkatalog führt, ist der Root-Server XS 29. Der XS 29 ist mit 15 mal 3 Terabyte SATA Festplatten ausgerüstet. Mit dem zusätzlich eingebauten Hardware-RAID-Controller lassen sich die 15 Festplatten zu einen RAID zusammenfügen. Als CPU hat der Server einen Intel Xeon E3-1245 Quad-Core eingebaut und verfügt über 16 Gigabyte Hauptspeicher.

Die max. Grösse einer Datei ist vom Dateisystem abhängig. ext3 oder "third extended filesystem" genannt, ist bei den meisten bekannten Linux Distributoren das standard Dateisystem. Die maximale Grösse einer Datei hängt von der verwendeten Blockgrösse ab. Nach eigenen Tests ist die standard Blockgrösse bei Debian, Ubuntu, Red Hat und Suse 4 Kibibyte gross. Bei einer Blockgrösse von 4 Kibibyte, kann eine Datei maximal 2 Tebibyte und das Dateisystem 16 Tebibyte gross sein. [18]

Die maximale Anzahl an Objekten hängt von der Grösse des Dateisystems ab. Bei einem 16 Tebibyte unterstützt die standard Konfiguration maximal 17'592'186'044'416 Objekte.

## Verfügbarkeit

Die RAID-5 Konfiguration mit 15 Festplatten im RAID, bietet mit 38,192 Tebibyte gemäss **Berechnung 10.1** bei einfacher Redundanz die grösst mögliche Speicherkapazität. Wegen der möglicherweise langen Wiederherstellungs-Zeit (MTTR) dieser Konfiguration, ist man darauf angewiesen, dass der Ausfall vom eigenen Überwachungssystem erkannt und nach Benachrichtigung des Hetzner Support die defekte Festplatte rasch ausgetauscht wird. Die Festplatten selber sind während des Betriebs austauschbar, es ist somit kein Unterbruch des Betriebs erforderlich.

Der eingesetzte LSI RAID Kontrolle lässt auch die Konfiguration einer Hot-Spare Festplatte zu. Ein Host-Spare Festplatte ist ein leere ungenutzte Festplatte, die beim Ausfall einer Festplatte im RAID automatisch die defekte Festplatte ersetzt.

Da es sich nur um ein Server System handelt, ist ein standortübergreifende Verfügbarkeit der Daten nicht möglich.

$$\text{Max Speicherkapazität} = (15 - 1) * 2,728 \text{ TiB} = 38,192 \text{ TiB} \quad (10.1)$$

$$\text{Max Speicherkapazität mit Hostspare} = (15 - 1 - 1) * 2,728 \text{ TiB} = 35,464 \text{ TiB} \quad (10.2)$$

## Datenzugriff

Der Datenzugriff findet lokal über POSIX IO statt, dass heisst das die Web-Applikation auf dem selben Server betrieben wird.

Der Lese- und Schreibzugriff ist auf den Server begrenzt. Theoretisch könnte der Speicher mit Protokollen wie NFS zwischen mehreren Systemen geteilt werden. Es handelt sich beim System um einen Miet-Server. Es kann deshalb nicht davon ausgegangen werden, dass weitere Miet-Server am selben Netzwerk-Knoten angeschlossen sind, oder sich sogar im gleichen Rechenzentrum befinden. Es muss aus diesen Gründen mit einer schlechten Bandbreite mit hoher Latenz zwischen den Systemen gerechnet werden, was die Teilung des Speichers aus Performancegründen unbefriedigend macht.

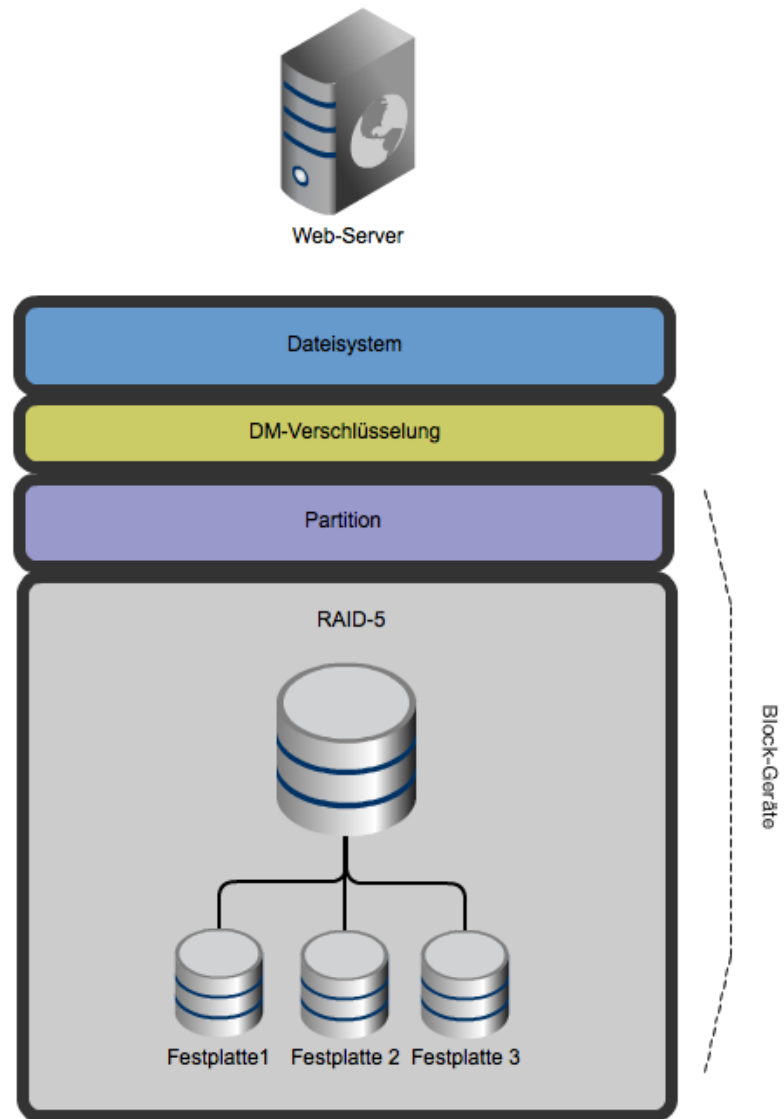


Abbildung 10.3.: Interne Speicherarchitektur

## Datenschutz

Die Integrität der Daten wird nur auf RAID Ebene sichergestellt und nicht auf Objekt-Ebene. Die Selbstheilung von Objekten wird nicht unterstützt.

Die Daten können mit einen RSYNC Job gesichert werden. Gegen eine zusätzliche Gebühr von 79 € für 10 GB ist die Datensicherung bei Hetzner möglich.

Der Datenzugriff lässt sich über die Dateiberechtigung im Dateisystem auf Benutzer- und Gruppen-Ebene steuern. Gegen den unerlaubten physischen Datenzugriff bietet die Verschlüsselung der Disk einen ausreichenden Schutz.

## Technologie

Die Konfiguration und Betrieb des Server inklusive RAID ist dem Mieter überlassen. Die RAID Technologie ist eine viel eingesetzte und bewährte Technologie.

Für die Konfiguration und den Betrieb des Servers reicht das Administratoren-Wissen für standard Linux aus.

Die Verwaltung des Speichers erfolgt über Kommandozeile bzw. über SSH.

## Kosten

Abgesehen von den einmaligen Einrichtungskosten von 499 € und den Server Installationskosten gibt es keine weitere Investitionskosten.

Für die Installation und Betrieb des gemieteten Servers ist der Mieter selber verantwortlich. Die Mietkosten betragen pro Monat 299 €.

Die Kosten für die Miete des Servers bleiben während der gesamten Mietdauer konstant. Die Kündigung ist jeweils auf 30 Tage zum Monatsende möglich.

**Kosten Szenario-1** Die Kosten für Szenario-1 betragen gemäss Zusammenstellung der Tabelle (10.9) Total € 11'163.00. Das entspricht zum aktuellen Tageskurs (13 April 2012) 13'422.95 CHF.

**Tabelle 10.8.:** Kosten Hetzner Szenario-1

Beschreibung	Kosten pro Stk/M.	Anzahl	Total
<b>Investitionskosten</b>			
Einrichtung Root Server XS 29	€ 499.00	1	€ 499.00
<b>Total:</b>			<b>€ 499.00</b>
<b>Fortlaufende Kosten</b>			
Root Server XS 29	€ 299.00	1	€ 299.00
<b>Total pro Monat:</b>			€ 299.00
<b>Total 36 Monate:</b>			<b>€ 10'764.00</b>
<b>Total Gesamt:</b>			<b>€ 11'163.00</b>

**Kosten Szenario-2** Es ist kein Produkt erhältlich, welches die Anforderungen der vorgeschlagenen Speicherkapazität von Szenario-2 erfüllen könnte.

### 10.5.2. AI-2 und AI-3: Netapp NFS und iSCSI

Wie in der Markt Analyse erwähnt, ist NetApp der führende Anbieter im mittleren (engl. midrange) und oberen (Highend) Bereich von NAS und Speicherlösungen. Für beide Szenarien wurde das Modell FAS2240-4 gewählt.

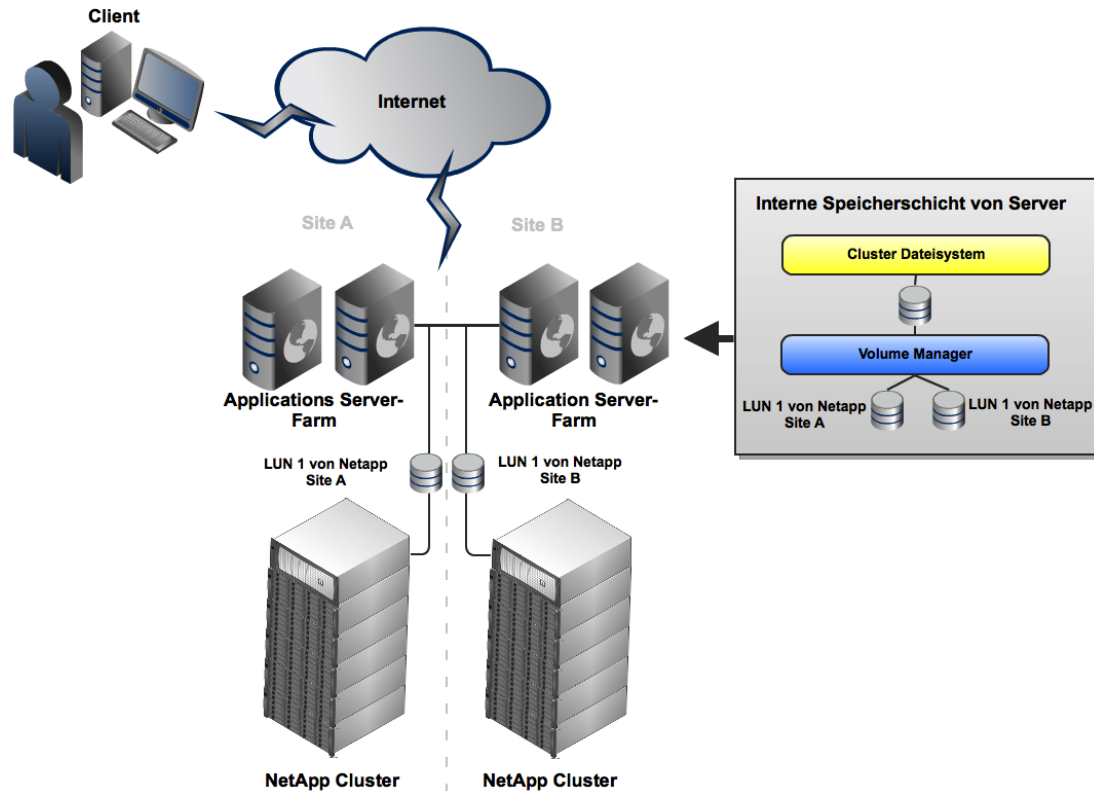
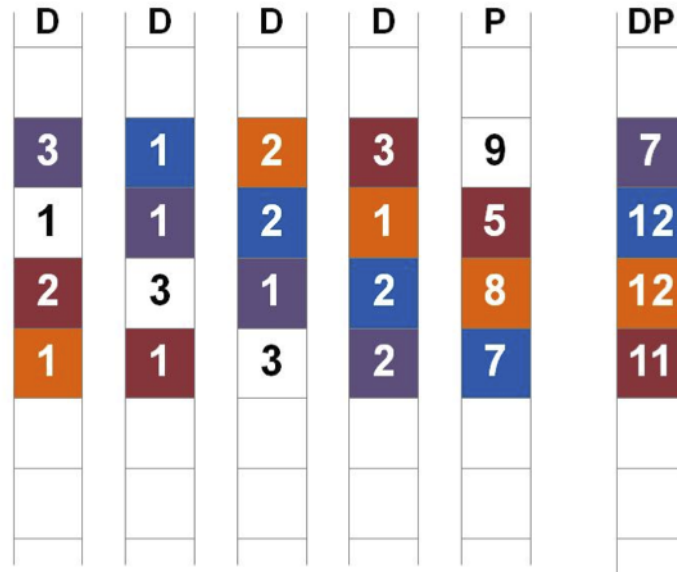


Abbildung 10.4.: NetApp iSCSI Architektur

### Verfügbarkeit

Die Netapp hat mehrere Mechanismen für die Sicherstellung der Datenverfügbarkeit. So werden die Festplatten mittels RAID-DB System zusammen gefasst. RAID-DP ist eines auf Basis von RAID-4 von NetApp weiterentwickeltes RAID. Bei RAID-DP wird jedoch im Unterschied zu RAID-4 eine zusätzliche Paritäts-Festplatte eingesetzt. Wie in **Abbildung 10.5** ersichtlich, gibt es eine horizontale Parität und eine diagonale Parität. Die diagonale Parität ist durch die Farben dargestellt und auf der Festplatte DP gespeichert. Die horizontale Parität ist auf der Festplatte P gespeichert. Die mit D bezeichneten Festplatten sind normale RAID Daten-Festplatten. Die doppelte Parität hat den Vorteil, dass die Verfügbarkeit des RAID erhöht wird. So können bei einem RAID-DP gleichzeitig zwei Festplatten zur gleichen Zeit ausfallen, ohne dass dies zu einem Datenverlust führt, was in der Praxis immer wieder mal vorkommt. Im Vergleich dazu kann RAID-4 oder RAID-5 nur den Ausfall einer Festplatte kompensieren. [69]



**Abbildung 10.5.:** NetApp RAID-DP doppelte Parität [69]

Als weitere Schutzmassnahme vor Datenverlusten empfiehlt NetApp den Einsatz von Spare-Festplatten. Durch den Einsatz von Spare-Festplatten kann die Wiederherstellungszeit MTTR verkleinert werden, da die Wiederherstellung automatisch starten kann. Die Anzahl an Spare-Festplatten ist abhängig von der Anzahl Festplatten und Enclosure.

Die NetApp FAS2240-4 ist mit zwei Storage Controller im Aktiv-/Aktiv-Betrieb mit Cluster Failover Funktion ausgerüstet.

### Datenzugriff

Der Datenzugriff auf die NetApp kann per NFS, CIFS, iSCSI oder Fibre Channel erfolgen.

Bei NFS ist es möglich, dass mehrere Server simultan eine Datei lesen. Das simultane Schreiben wird mit einem Sperr-Verfahren (engl. Locking) verhindert, damit die Dateikonsistenz gewährleistet bleibt.

Bei iSCSI wird der simultane Lesezugriff auf Dateien mittels clusterfähigem Dateisystem und Volume-Manager wie dem Global Filesystem bzw. LVM sichergestellt. Der simultane Schreibzugriff wird vom Dateisystem mit einem Sperrverfahren verhindert.



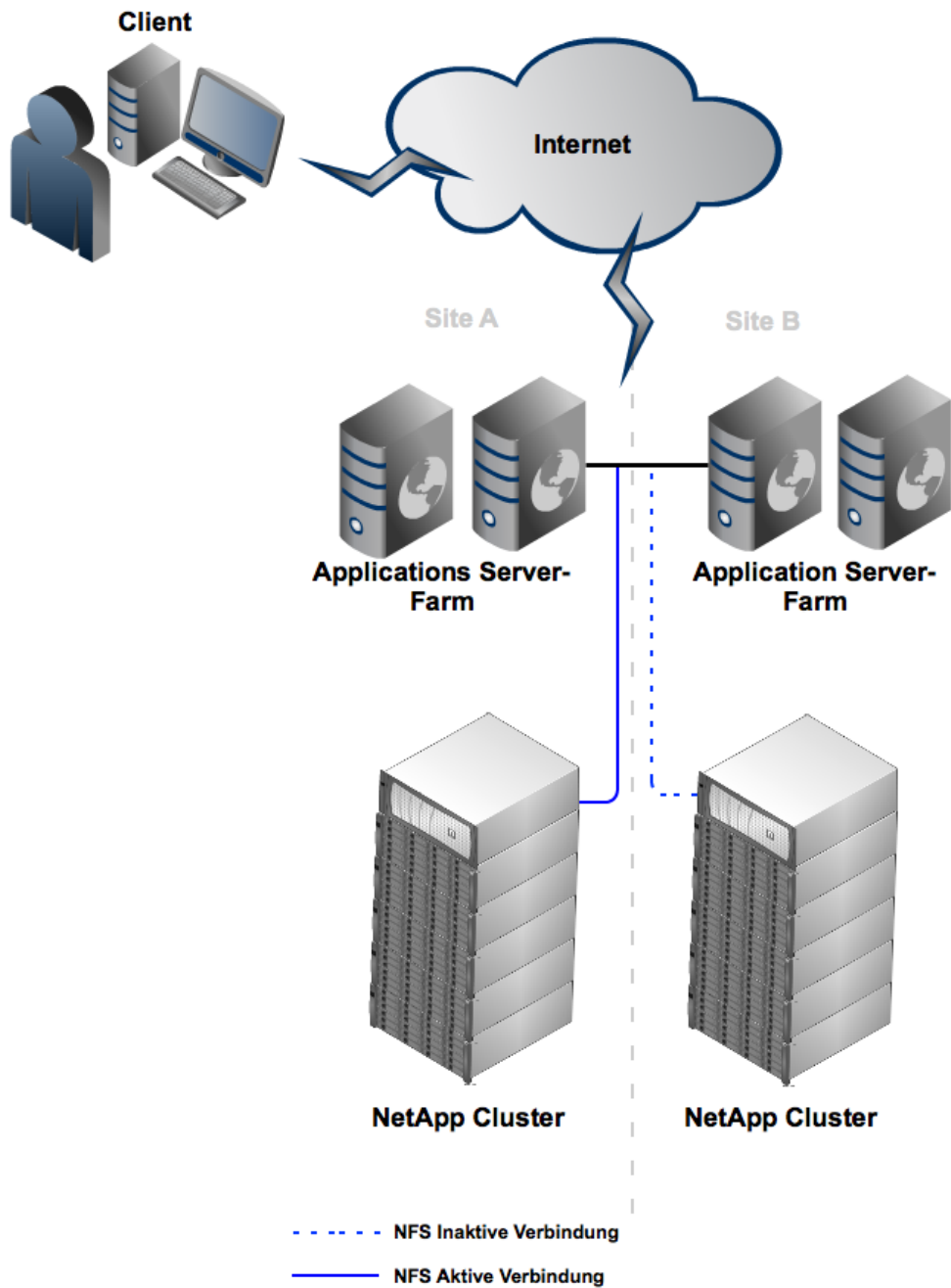


Abbildung 10.6.: NetApp NFS Architektur

### Speicherkapazität

Die maximale Grösse einer Datei bzw. eines Objekts wird bei NetApp durch die maximale Grösse des Aggregates bestimmt. Seit der Betriebssystem-Version OnTab 8.0 sind Aggregate von 100 TiB möglich.

Bei iSCSI werden auf der NetApp LUN Dateien erstellt, die über iSCSI anderen Servern zur Verfügung gestellt werden. Die LUN Datei ist für den zugeteilten Server wie eine gewöhnliche Disk. Die Limitierungen für die maximale Dateigrösse und maximale Anzahl

an Dateien wird bei iSCSI nicht mehr durch die NetApp limitiert, sondern durch das auf dem Server verwendete Dateisystem. So gewährleistet Red Hat für Global Filesystem (GFS) maximal ein 100 Terabyte grosses Dateisystem produktiv zu betreiben. Dieselbe Einschränkung gilt für Dateien.

Die Anzahl möglicher Objekte, die in einen NetApp Volumen gespeichert werden können, werden durch die Anzahl Inodes des WAFEL Dateisystem bestimmt. NetApp legt standardmässig für jedes 32KiB eine Inode an. Bei einen 100 TiB Volume können somit maximal 3'355'443'200 Objekte gespeichert werden (**Gleichung 10.3**).

$$\text{Max Objekte} = \frac{107'374'182'400 \text{ KiB}}{32 \text{ KiB}} = 3'355'443'200 \quad (10.3)$$

Die maximale Anzahl möglicher Objekte eines GFS Dateisystem ist variable. Inodes werden dynamisch alloziert.

## Datenschutz

NetApp speichert die Daten auf die Disk in 4 Kilo Byte Blocks. Zu jedem 4 Kilo Byte Block berechnet NetApp ein Prüfsumme und speichert diese in die Block Metadaten. Wenn der Block zu einem späteren Zeitpunkt wieder gelesen wird, berechnet die NetApp die Prüfsumme erneut und vergleicht diese mit der gespeicherten Prüfsumme. Stimmt diese nicht überein, wird der Block mittels den Paritäts-Daten neu geschrieben, erneut gelesen und geprüft. Um die Integrität von Daten zu gewährleisten, auf welche über einen längeren Zeitraum nicht mehr zugegriffen wurde, wie dies zum Beispiel bei Archivdaten der Fall ist, bietet NetApp ein konfigurierbare RAID Funktion (engl. RAID scrub) zum Durchkämmen und Prüfen der Daten. Die Funktion kann zeitgesteuert durchgeführt werden oder wenn das System sich im Leerlauf befindet. [64]

Zu beachten ist, dass die Prüfsumme auf dem Block nur auf der Speicherebene Wirkung hat. Fehler die in einer höheren Ebene entstanden sind, wie zum Beispiel beim Einsatz von iSCSI zusammen mit einen Dateisystem, könnte bereits ein Fehler im Dateisystem durch einen Softwarefehler oder Memoryfehler entstanden sein.

NetApp bietet mehrere Möglichkeiten eine Sicherungskopie der Daten herzustellen. Beim Einsatz von NFS oder iSCSI können die Daten über die Web-Servern mit einer handelsüblichen Sicherungs-Software gesichert werden. Bei NFS wird dazu die angefügten NFS Freigaben gesichert, bei iSCSI werden die Daten wie bei allen anderen Dateisystemen gesichert. Zu beachten ist bei diesen Verfahren, dass die Daten von der NetApp über den Server transferiert werden müssen und dadurch der Web-Server mit der Sicherungsaufgabe belastet wird. Neben der Sicherung der NetApp über den Server

lässt sich die NetApp auch direkt sichern. Diese erfolgt mittels Network Data Management Protocol (NDMP) oder Mittels Snapshots.

NDMP ist eines von NetApp mitentwickeltes Protokoll, welches für die Sicherung von NAS Geräte entwickelt wurde. Das Problem bei NAS Geräte ist, dass auf ihnen ein dediziertes Betriebssystem läuft, welche nicht erlaubt einen Sicherungs-Agenten zu installieren. Deswegen wurde das NDMP Protokoll entwickelt, um ein allgemeines agentenfreies Sicherungsverfahren für NAS Geräte zu ermöglichen. NDMP wurde dem IETF im Jahr 2000 von der NDMP Initianten als Entwurf eingereicht. Bis anhin ist jedoch noch kein RFC für NDMP standardisiert worden. Trotzdem wird es von vielen NAS-Geräte- und Sicherungs-Software- Herstellern unterstützt. Ein Liste mit Sicherungs-Software Produkten, welche das NDMP Verfahren unterstützen gibt es auf der Webseite der NDMP Initianden<sup>1</sup> zu finden. [39][38]

Beim Snapshots Sicherungsverfahren werden zeitbezogene Sicherungen des Dateisystem erstellt. Bei den Snapshots wird nicht eine eigentliche Kopie der Daten bzw. Blöcke erstellt, sondern die Referenz auf die Blöcke gespeichert. Wird nach dem Erstellen eines Snapshots ein Block geändert wird die Änderung nicht im Originalblock vorgenommen, sondern in einem neuen Block und diesen referenziert. Dadurch benötigt ein Snapshot einen minimalen Speicherplatz. Zudem lassen sich die Snapshots und damit die Sicherung in wenigen Sekunden erstellen, unabhängig von der Anzahl Dateien oder der verwendeten Speicherkapazität. Durch den Einsatz von zwei NetApp Systemen und der SnapMirror Funktion kann, das ganze Dateisystem bzw. Volume inklusive aller Snapshots auf der zweiten NetApp gesichert werden. Die Sicherung mit Snapshots hat bei grossen Datenmengen entscheidende Vorteile. Die Sicherung benötigt minimalen Speicherplatz, die Sicherung und Wiederherstellung ist innert Sekunden erstellt bzw. wiederhergestellt. Nachteile sind, dass der Speicherplatz mit der Sicherung bzw. Snapshots geteilt werden muss und das Löschen von Daten zusätzlichen Speicherplatz verbraucht.

Bei Bedarf kann die Kommunikation zwischen Speichersystem und Applikations-Server mit IPSec abhörsicher verschlüsselt werden. Zusätzlich bietet NetApp ab Version 8 die Verschlüsselung der ganzen Disk an.

## Technologie

Die Firma NetApp beschäftigt in der Schweiz an ihren drei Standorten, Wallisellen, Lausanne und Bern ca. 80 Mitarbeiter. Zudem verfügt NetApp Schweiz über ein gut ausgebautes Partner Netzwerk, mit welchem die ganze Schweiz gut abgedeckt werden kann. Mit FastLane und QSkills sind zwei Schulungspartner im Raum Zürich verfügbar, welche offizielle Kurse und Zertifizierungen für NetApp Produkte anbieten.

---

<sup>1</sup><http://www.ndmp.org/products/index.shtml#backup>

Neben den allgemeinen Garantie-Gewährleistungen bietet NetApp weitere kostenpflichtige Supportleistungen an. So steht eine Anlaufstelle mit dem SupportEdge Premium, den Remote Support mit einer Reaktionszeit von minimal 30 Minuten rund um die Uhr zur Verfügung. Die Installation von Ersatzteilen steht mit einer Reaktionszeit von minimal 2 Stunden rund um die Uhr zur Verfügung.

Für den Support und Wartung stehen mehrere Produkte bereit, wie die Verlängerung der Hardware-Garantie, der Auto-Support mit oder ohne Austausch der Hardware durch NetApp.

Für die Verwaltung der NetApp stehen neben einer Kommandozeilen, Web-Interface und weitere teilweise kostenpflichtige Lösungen von NetApp zur Verfügung.

## Kosten

**Kosten Szenario-1** Die Kosten für Szenario-1 betragen gemäss Zusammenstellung total 225'711.15 CHF. Davon sind 44'811.15 CHF Investitionskosten und 180'900.00 CHF laufende Kosten für drei Jahre.

**Tabelle 10.9.:** Kosten NetApp NFS/iSCSI Szenario-1

Beschreibung	Kosten pro Stk/M.	Anzahl	Total
<b>Investitionskosten</b>			
Dell PowerConnect 8024	CHF 14'732.00	1	CHF 14'732.00
NetApp FAS2240-2 12*2TB	CHF 29'429.15	1	CHF 29'429.15
Rack Einrichtung	CHF 650.00	1	CHF 650.00
<b>Total:</b>			<b>CHF 44'811.15</b>
<b>Fortlaufende Kosten</b>			
Dell Service	CHF 0.00	2	CHF 0.00
Rackkosten 11 U (500 W)	CHF 450.00	1	CHF 450.00
Strom 500 W	CHF 165.00	5	CHF 825.00
Personal	CHF 3'750.00	1	CHF 3'750.00
<b>Total pro Monat:</b>			CHF 5'025.00
<b>Total 36 Monate:</b>			<b>CHF 180'900.00</b>
<b>Total Gesamt:</b>			<b>CHF 225'711.15</b>

**Kosten Szenario-2** Die Kosten für Szenario-1 betragen gemäss Zusammenstellung total 884'772.44 CHF. Davon sind 550'152.44 CHF Investitionskosten und 334'620.00 CHF laufende Kosten für drei Jahre.

**Tabelle 10.10.:** Kosten NetApp NFS/iSCSI Szenario-2

Beschreibung	Kosten pro Stk/M.	Anzahl	Total
<b>Investitionskosten</b>			
Dell PowerConnect 8024	CHF 14'732.00	2	CHF 29'464.00
NetApp FAS2240-2 24*3TB	CHF 51'133.77	2	CHF 102'267.54
Disk Shelf DS4243 24*3TB	CHF 40'251.65	10	CHF 402'516.50
SnapMirror Lizenz	CHF 11'404.40	1	CHF 11'404.40
Rack Einrichtung	CHF 1'500.00	2	CHF 3'000.00
Multi-Site Einrichtung	CHF 1'500.00	1	CHF 1'500.00
<b>Total:</b>			<b>CHF 550'152.44</b>
<b>Fortlaufende Kosten</b>			
Dell Service	CHF 0.00	2	CHF 0.00
Rackkosten 47 U (2000 W)	CHF 1450.00	2	CHF 2'900.00
Strom 500 W	CHF 165.00	13	CHF 2'145.00
Multit-Site 1 GBit/s	CHF 500.00	1	CHF 500.00
Personal	CHF 3'750.00	1	CHF 3'750.00
<b>Total pro Monat:</b>			CHF 9'295.00
<b>Total 36 Monate:</b>			<b>CHF 334'620.00</b>
<b>Total Gesamt:</b>			<b>CHF 884'772.44</b>

### 10.5.3. AI-4: OpenStack Objekt Storage

OpenStack Object Storage ist ein quelloffene, frei verfügbare verteilte Speicherlösung. OpenStack Object Storage selbst ist kein Dateisystem, sondern eher ein Speicher-Cluster, welcher primär für die Speicherung von Virtual Maschine Images, Bilder, E-Mail und Sicherungskopien vorgesehen ist. Für einen OpenStack Cluster kommen vergleichbar mit dem Google Filesystem, kostengünstige konventionelle Computer-Hardware zum Einsatz.

In **Abbildung 10.7** zeigt die System und Netzwerk Architektur der OpenStack Object Storage Infrastruktur. Die Infrastruktur besteht aus zwei Proxy und Authentifizierungs-Servern, welche mit den 5 Daten-Nodes, in welcher jeder eine eigene Zone repräsentiert, über ein privates geschwitches Netzwerk verbunden sind. Die Applikations-Server-Farm oder Web-Farm greift über das öffentliche Netzwerk über die Proxy-Server auf den Speicher zu. Die Infrastruktur ist jeweil für Szenario-2 über zwei Standorte verteilt, hier Site A und Site B.

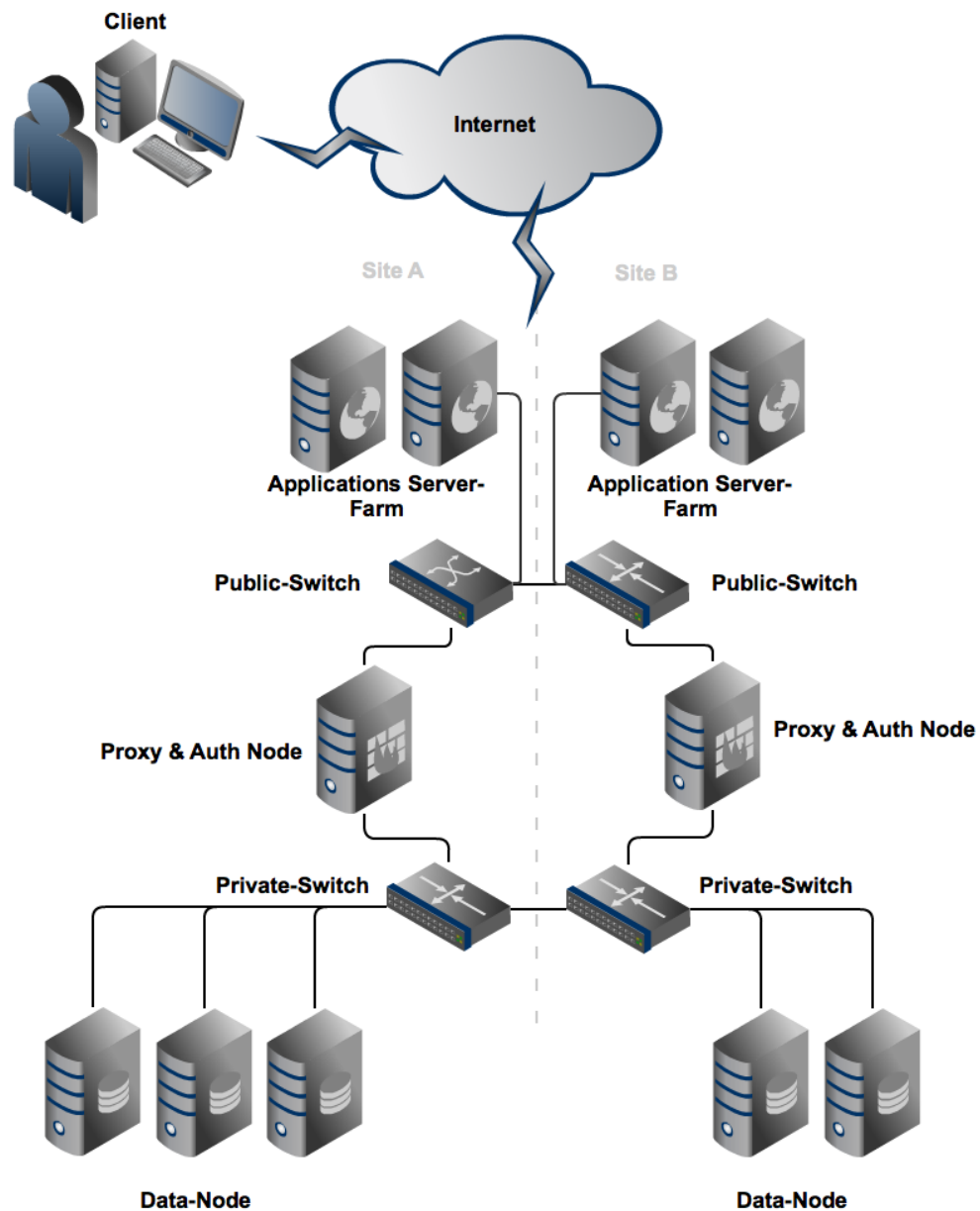


Abbildung 10.7.: OpenStack Infrastruktur

## Verfügbarkeit

OpenStack Object Storage wurde so konzipiert, dass ein Ausfall einer Hardwarekomponente den Weiterbetrieb aufrecht erhalten kann, ohne dabei einen Datenverlust oder die Verfügbarkeit des Systems zu gefährden. Die Daten bzw. Objekte werden redundant auf mehreren Zonen gespeichert. Zonen sind Gruppierungen von Servern. Die Anzahl redundanten Replikate für ein Objekt kann konfiguriert werden. Gewöhnlich werden drei Kopien verwaltet.

Für die Architektur wird von Joe Arnolds CEO bei SwiftStack bei dreifacher Redundanz die Implementierung von 5 Zonen empfohlen. OpenStack Object Storage, speichert die

redundanten Objekte jeweils in einer separaten Zonen. Eine Zone kann bei kleinen Implementationen auch nur aus Gruppen von Festplatten bestehen, also innerhalb eines einzigen Servers existieren. Es wird aber empfohlen, eine Zone auf Hierarchie von Server-Gruppen zu implementieren. Das bedeutet, jede redundante Kopie ist auf einem eigenen Server gespeichert. [11]

Zusätzlich zu den Speicherservern benötigt es noch zwei oder mehrere Proxy Server, um die hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten. Die Proxy Server werden bei Rackspace mit 10 Gb Ethernet an den Netzwerk-Switch angeschlossen. [44]

Möchte man den Speicher standortübergreifend betreiben, ist es erforderlich, dass pro Standort nicht mehr als (*Redundanz* – 1) Zonen betrieben werden, da ansonsten die Gefahr besteht, dass alle Replikate am gleichen Standort gespeichert werden. Das möchte niemand.

### **Speicherkapazität**

Der OpenStack Object Storage Cluster lässt sich im laufenden Betrieb ohne Unterbruch vergrößern. In der Regel können auch Software Updates und Patches ohne Unterbruch des Clusters eingespielt werden, wenn darauf geachtet wird, nie mehr als eine Zone gleichzeitig zu aktualisieren.

Grundsätzlich ist die Anzahl an speicherbaren Objekten nicht begrenzt. Der Container Server von OpenStack Object Storage, dessen primäre Aufgabe es ist, die Auflistung der gespeicherten Objekten in einen Container zu verwalten, speichert die Informationen, welche Objekte sich im Container befinden. Pro Container in ein SQLite Datenbank angelegt. Die Performance der Datenbank, welche mit der Anzahl Einträge abnimmt, kann sich zum limitierenden Faktor entwickeln. Wie viele Objekte in einem Container gespeichert werden können. Der Performance Einbruch kann, je nach Leistung der Hardware und die generelle Last auf dem Cluster, bei ca. einer Million Objekten pro Container eintreten. Es können pro Account mehrere Container erstellt werden, wodurch die Limitierung entschärft wäre. Zu beachten ist hier, dass pro Account ebenfalls eine SQLite Datenbank mit allen Containern geführt wird und auch hier dieselben Einschränkungen zum tragen kommen. [46][1]

### **Datenzugriff**

Der Zugriff auf die gespeicherten Objekten erfolgt ähnlich wie bei Amazon S3 über ein API. Das API verwendet für den Zugriff den standard HTTP Request. Verschiedene Speicherlösungs-Hersteller haben angekündigt, das Swift API ebenfalls für den Zugriff auf ihren Speicher unterstützen zu wollen. Glusterfs mit seiner verteilten Speicherlösung, bietet in der Entwicklerversion bereits die Unterstützung für Swift an. Applikationen,

welche, das Swift API unterstützen, können ihre Speicherlösung künftig einfacher austauschen, ohne dabei die Applikation anpassen zu müssen. Neben dem Zugriff mit dem Swift API, bietet OpenStack eine Amazon S3 kompatibles API an. Der Zugriff über POSIX IO auf den Speicher ist nicht möglich.

Der Zugriff auf den Speicher erfolgt über einen Proxy, welcher den Speicherort des Objektes prüft und die Anfrage weiterleitet. Pro OpenStack Object Storage Cluster können mehrere Proxys eingesetzt werden. Mit Hilfe eines Load Balancers (Last Verteiler) können die Anfragen über die vorhandenen Proxys verteilt werden.

Die maximale Uploadgrösse beträgt 5 GB, die Downloadgrösse ist jedoch unbeschränkt. Wenn ein Objekt grösser als 5 GB hochgeladen wird, wird das Objekt in Teilen hochgeladen und gespeichert. Die Abfrage auf das Objekt erfolgt wie bei einem ganzen Objekt. Es müssen also keine Teile durch das API adressiert werden. [45]

## **Datenschutz**

OpenStack Object Storage stellt die Datenintegrität beim Speichern von Objekten und beim Auslesen der Daten sicher. Somit ist gewährleistet, dass die Daten im original gespeichert werden und bei der Speicherung kein Datenverlust entsteht. Die Selbstheilung von korrupten Objekten stellt OpenStack Objekt Storage mit dem Auditors Dienst sicher. Der Auditors Dienst läuft auf jedem Server und prüft dort die Integrität von Objekten. Wenn ein korruptes Objekt erkannt wird, wird die Datei sofort unter Quarantäne gestellt und durch ein korrektes Replikations-Objekt ersetzt. Um die Last die durch den Auditors möglichst gering zu halten, kann die Anzahl Objekte oder die Anzahl Bits, die pro Sekunde geprüft werden, konfiguriert werden. [46]

OpenStack Objekt Storage bietet neben der Redundanz der Objekte keine Möglichkeit, die Daten zu sichern. Dadurch ist keine Versionierung der Objekte möglich. Zwar lassen sich die Cluster Nodes mit einer konventionellen Sicherungssoftware direkt sichern. Dadurch lässt sich nur der gesamte Cluster wiederherstellen und nicht einzelne Objekte. Zudem wäre die Speicherkapazität pro Sicherung so gross wie es für die redundante Speicherung der Objekte Speicherkapazität benötigt würde. [10]

Die Sicherheit der Daten wird mit sogenannten Accounts sichergestellt. Das heisst, dass ein Account nur auf seine gespeicherten Objekten zugreifen kann. Die Daten werden auf dem OpenStack Cluster unverschlüsselt in binärer Form gespeichert. Durch die Verteilung der Daten müsste jedoch ein Angreifer Zugriff auf alle Cluster Node erlangen, um an alle Daten eines Account zu gelangen.



## Technologie

OpenStack Objekt Storage wurde von der Firma RackSpace unter dem Code Name Swift entwickelt. Zusammen mit National Aeronautics and Space Administration (NASA) hat RackSpace die Softwareprojekt-Gemeinschaft OpenStack gegründet und Swift zusammen mit der Cloud-Lösung Nova für die Verwaltung von virtuellen Maschinen und Glance für die Verwaltung von Images als quelloffene Software veröffentlicht. Die OpenStack Gemeinschaft ist in Vergleich zu anderen quelloffenen Gemeinschaften noch eine relative jung Gemeinschaft. Es gelang ihr dennoch neben den beiden Gründerunternehmen weiter bedeutende Unternehmen aus der Informatikbranche, wie Hewlett Packard, Dell, Citrix, Intel, AMD, NetApp und weitere zu gewinnen. Eine vollständige Liste aller unterstützenden Unternehmen ist unter <http://openstack.org/community/companies/> zu finden. Die Aktivität auf der Projektseite von OpenStack Object Storage lässt erkennen, dass die Entwicklung aktiv vorangetrieben wird und viele Beiträge zu neuen Funktionen oder Verbesserungen von Anwendern und Entwickler beigetragen werden. [41]

Die Internet-Recherche für auf OpenStack spezialisierte Schweizer Firmen ergaben keine Ergebnisse. Gemäss Internet-Recherchen gibt es noch keine spezialisierten Firmen für OpenStack Lösungen. Einige wenige Experten für OpenStack mit Domizil in der Schweiz konnten über die Profile bei LinkedIn, einem Social Network für Firmen, gefunden werden.

Für die Verwaltung des Speichers bietet OpenStack ein Kommandozeilen-Tools an. Ein Web-GUI für Objekt Storage von OpenStack gibt es nicht. Die Firma SwiftStack bietet hierfür eine kostenpflichtige Lösung an. Die Überwachung des Speichers, zum Beispiel für die Verfügbarkeit einzelner Cluster Nodes, muss mit zusätzlichen Fremdlösungen erfolgen.

## Kosten

Grundsätzlich unterscheiden sich die Kosten für die beiden Szenario nur in der Anzahl Server, den verwendeten Server Typen, der Anzahl Festplatten und dem benötigten Rackplatz. Die restlichen Faktoren sind für beide Szenarien gleich und werden in diesem Abschnitt behandelt.

Um die Rechenzentrumskosten möglichst tief zu halten, welche pro Rack verrechnet werden, soll möglichst viel Speicherkapazität in einer Rackeinheit gepackt werden. Dies bedeutet, dass die richtigen Server für die Anzahl der zur Verfügung gestellten Speicherkapazität verwendet werden sollen.

Um die Preise für die Festplatten möglichst tief zu halten werden diese separat beschaffen. Als Festplatte soll eine SATA-3 3.5 Zoll 3 Terabyte Festplatte eingesetzt werden. Dies entspricht 2.728 Tebibyte. Die Kosten für Festplatten sind stark marktabhängig,

Für die Arbeit wird einfachheitshalber mit ca. 300 CHF pro Festplatte budgetiert.

Für beide Szenarien werden die gleichen Proxy-Server verwendet. Als Proxy Server wurden die Transtec Server-Systeme ‘Lynx CALLEO Application Server 2260S’ ausgewählt. Die Proxy Server stammen vom selben Hersteller wie die in den Szenarien aufgeführten Datenserver. Dies hat den Vorteil, dass nur ein Ansprechpartner für die Server-Farm benötigt wird. Es ist kein Muss-Kriterium und kann bei Bedarf durch ein besseres Angebot eines anderen Herstellers ersetzt werden. Die Proxy sind mit einem Intel Xeon Prozessor E5-2665 mit 64 Gigabyte Hauptspeicher ausgerüstet. Die Server haben eine Rack-Höheneinheit von je 2 Einheiten. Wie bei den Datenserver wurde ein 365 mal 24 Stunden vor Ort Service ausgewählt. Der Preis pro Server beträgt 9’954 CHF.

Neben der Server Infrastruktur sind noch zwei Netzwerk-Switches notwendig. Der Dell PowerConnect 8024 bietet 24 Port mit 10GbE. Die Switches haben eine Rack-Höheneinheit von je 1 Einheiten und benötigen gemäss Hersteller maximal 237,77 Watt. Dell gewährt einen 3 Jahres Support für den Switch. Der Preis pro Switch beträgt 14’732 CHF.

Als Rechenzentrumsbetreiber wurde Nine Internet Solution ausgewählt. Nine betreibt ihr Rechenzentrum in Zürich und ist auf das Hosting spezialisiert. Mit seinem Rechenzentrumsstandort in der Stadt Zürich befindet sich Nine geographisch in der Nähe des Auftraggebers. Die Anfahrtszeit und der Anfahrtsweg kann so für den Auftraggeber kurz gehalten werden. Die verschiedenen Rack-Produkte, welche Nine anbietet, unterscheiden sich von der Anzahl Rack-Höheneinheiten und deren Watt-Leistung. In den Produkten ist zusätzlich die Anbindung ans Internet mit 100 Mbps enthalten. Bei zusätzlichem Wattbedarf bietet Nine die Möglichkeit, die zusätzliche Watts in 500er Pakete zu 165 CHF pro Monat an.

Für den den Betrieb der Speicherinfrastruktur wird mit einer Mannstelle gerechnet. Organisatorisch kann diese auch auf mehrere teilprozentuale Stellen aufgeteilt werden, damit auch der Betrieb während Ferienabwesenheiten sichergestellt ist. Pro Monat wird mit Personalkosten von 15’000 CHF gerechnet.

**Kosten Szenario-1** Für die dreifache Redundanz sind für die aus der Soll-Analyse bestimmten 306 Tebibyte gemäss **Berechnung 10.4** 918 Tebibyte an Speicherkapazität notwendig.

$$\text{Speicherkapazität}_{\text{Redundanz}} = 306 \text{ TiB} * 3 \text{ Redundanz} = 918 \text{ TiB} \quad (10.4)$$

Als Server System wurde der Transtec Lynx CALLEO Application Server 1260 gewählt. Der Server basiert auf Server-Hardware des Herstellers SuperMicro. Der Server benötigt 1 Rack-Höheneinheiten und bietet Platz für den Einbau von 4 3.5 Zoll Festplatten, welche auch während des Betriebs ausgetauscht werden können. Als Prozessoreinheit

kommen ein Intel Xeon Prozessor E5-2620 zum Einsatz. Ferner verfügt der Server über 32 Gigabyte Hauptspeicher. Der Server wurde mit einem 3 Jahres, 24 Stunden, 365 Tage Vor-Ort Service gerechnet. Somit ist sichergestellt, dass im Störfall der Unterbruch möglichst gering gehalten werden kann. Der Preis pro Server beträgt ohne Festplatten 1'260 CHF.

Ein Server mit Festplatten ausgerüstet, weist gemäss der **Berechnung 10.5** eine Speicherkapazität von 10,912 Tebibyte aus. Damit sind in anbeacht der notwendigen Speicherkapazität von 48,3 Tebibyte und der 5 Zonen insgesamt 5 Server notwendig (siehe **Berechnung 10.6**). Für die Speicherkapazität von 48,3 Tebibyte bei gleich ausgerüsteten Servern sind insgesamt nur 20 Festplatten notwendig.

$$\text{Speicherkapazität}_{\text{Server}} = 2,728 \text{ TiB} * 4 \text{ Einschub} = 10,912 \text{ TiB} \quad (10.5)$$

$$\text{Anzahl Server} = \frac{48,3 \text{ TiB}}{10,912 \text{ TiB}} \approx 5 \text{ (Auf 5 Zonen gerundet)} \quad (10.6)$$

$$\text{Anzahl Festplatten} = \frac{48,3 \text{ TiB}}{2,728 \text{ TiB}} \approx 20 \text{ (Auf 5 Server gerundet)} \quad (10.7)$$

Gemäss **Berechnung 10.8** wird ein viertel-Rack für den Einbau aller Komponenten benötigt. Der Rackplatz entspricht dem Quarter Rack Angebot von Nine, welches 11 Rack-Höheneinheiten platz bietet. Der Preis pro Rack beträgt 450 CHF pro Monat, plus 650 CHF für die einmalige Einrichtung des Racks durch Nine. Für die Berechnung der Gesamt Watt-Leistung fehlen die Angaben des Herstellers. Aus diesem Grund wird angenommen, dass der Daten-Server ca. 300 Watt und der Proxy-Server ca. 500 Watt bezieht. Mit diesen Annahmen benötigt es gemäss **Berechnung 10.9**, die 500 Watt, welche im Rackpreis enthalten sind, zusätzliche 5 Pakete a je 500 Watt pro Monat.

$$\text{Anzahl Racks} = \frac{5 * 1 \text{ U} + 2 * 2 \text{ U} + 2 * 2 \text{ U}}{11 \text{ U}} \approx 1 \text{ (Auf viertel Rack gerundet)} \quad (10.8)$$

$$\text{Anzahl 500 W Pakete} = \frac{5 * 300 \text{ W} + 2 * 500 \text{ W} + 2 * 237,77 \text{ W} - 2000 \text{ W}}{500 \text{ W}} \approx 5 \quad (10.9)$$

Wie aus der **Tabelle (10.11)** ersichtlich ist, betragen die Gesamtkosten 653'646.50

CHF.

**Tabelle 10.11.:** Kosten OpenStack Szenario-1

Beschreibung	Kosten pro Stk/M.	Anzahl	Total
<b>Investitionskosten</b>			
Dell PowerConnect 8024	CHF 14'732.00	2	CHF 29'464.00
Lynx CALLEO App. Server 1260	CHF 5'451.50	2	CHF 10'903.00
Lynx CALLEO App. Server 1260	CHF 2'831.30	5	CHF 14'156.50
Festplatte 3,5 3 TB	CHF 300.00	20	CHF 6'000.00
Rack Einrichtung	CHF 650.00	1	CHF 650.00
<b>Total:</b>			<b>CHF 61'173.50</b>
<b>Fortlaufende Kosten</b>			
Dell Service	CHF 0.00	2	CHF 0.00
Transtec Service (Server 1260)	CHF 26.08	2	CHF 52.17
Transtec Service (Server 1260)	CHF 26.08	5	CHF 130.42
Rackkosten 11 U (500 W)	CHF 450.00	1	CHF 450.00
Strom 500 W	CHF 165.00	5	CHF 825.00
Personal	CHF 15'000.00	1	CHF 15'000.00
<b>Total pro Monat:</b>			CHF 16'457.58
<b>Total 36 Monate:</b>			<b>CHF 592'473.00</b>
<b>Total Gesamt:</b>			<b>CHF 653'646.50</b>

**Kosten Szenario-2** Für die dreifache Redundanz sind für die aus der Soll-Analyse bestimmten 306 Tebibyte gemäss **Berechnung 10.10** 918 Tebibyte an Speicherkapazität notwendig.

$$\text{Speicherkapazität}_{\text{Redundanz}} = 306 \text{ TiB} * 3 \text{ Redundanz} = 918 \text{ TiB} \quad (10.10)$$

Als Server-System wurde der Transtec Lynx CALLEO Application Server 4260 gewählt. Der Server basiert auf Server-Hardware des Herstellers SuperMicro, welche gemäss eigenen Recherchen auch bei anderen OpenStack Lösungen verwendet wird. Der Server benötigt 4 Rack-Höcheneinheiten Platz und bietet Platz für den Einbau von 36 3.5 Zoll Festplatten, welche auch während des Betriebs ausgetauscht werden können. Als Prozessoreinheit kommen zwei Intel Xeon Prozessor E5-2620 zum Einsatz. Ferner verfügt der Server über 64 Gigabyte Hauptspeicher. Der Server wurde mit einem 3 Jahres, 24 Stunden, 365 Tage Vor-Ort Service gerechnet. Somit ist sichergestellt, dass im Störfall der Unterbruch möglichst gering gehalten werden kann. Der Preis pro Server beträgt ohne Festplatten 8'672 CHF.

Ein Server ausgerüstet mit Festplatten weist gemäss der **Berechnung 10.11** eine Speicherkapazität von 98.208 Tebibyte aus. Damit sind in anbetracht der notwendigen Speicherkapazität von 918 Tebibyte und der 5 Zonen insgesamt 10 Server notwendig (siehe

**Berechnung 10.12).** Für die Speicherkapazität von 918 Tebibyte bei gleich ausgerüsteten Servern sind insgesamt nur 340 Festplatten notwendig. Das heisst, pro Server sind 34 Einschübe mit Festplatten belegt. Sie könnten bei Bedarf noch weiter aufgerüstet werden.

$$\text{Speicherkapazität}_{\text{Server}} = 2,728 \text{ TiB} * 36 \text{ Einschub} = 98.208 \text{ TiB} \quad (10.11)$$

$$\text{Anzahl Server} = \frac{918 \text{ TiB}}{98.208 \text{ TiB}} \approx 10 \text{ (Auf 5 Zonen gerundet)} \quad (10.12)$$

$$\text{Anzahl Festplatten} = \frac{918 \text{ TiB}}{2,728 \text{ TiB}} \approx 340 \text{ (Auf 10 Server gerundet)} \quad (10.13)$$

Gemäss **Berechnung 10.14** wird ein ganzes Rack für den Einbau aller Komponenten benötigt. Der Rackplatz entspricht den Full Rack Angebot von Nine, welches 47 Rack-Höheneinheiten platz bietet. Der Preis pro halbes Rack beträgt 750 CHF pro Monat, plus 850 CHF für die einmalige Einrichtung des Racks durch Nine. Für die Berechnung der Gesamt Watt-Leistung fehlen die Angaben des Herstellers. Aus diesem Grund wird angenommen, dass der Daten-Server ca. 700 Watt und der Proxy-Server ca. 500 Watt bezieht. Mit diesen Annahmen benötigt es gemäss **Berechnung 10.15**, den 2000 Watt, welche im Rackpreis enthalten sind, zusätzliche 13 Pakete zu je 500 Watt pro Monat.

$$\text{Anzahl Racks} = \frac{10 * 4 \text{ U} + 2 * 2 \text{ U} + 2 * 2 \text{ U}}{47 \text{ U}} \approx 1 \text{ (Auf ganze Rack gerundet)} \quad (10.14)$$

$$\text{Anzahl 500 W Pakete} = \frac{10 * 700 \text{ W} + 2 * 500 \text{ W} + 2 * 237,77 \text{ W} - 2000 \text{ W}}{500 \text{ W}} \approx 13 \quad (10.15)$$

Wie aus der **Tabelle (10.12)** ersichtlich ist, betragen die Gesamtkosten 916'965.00 CHF.

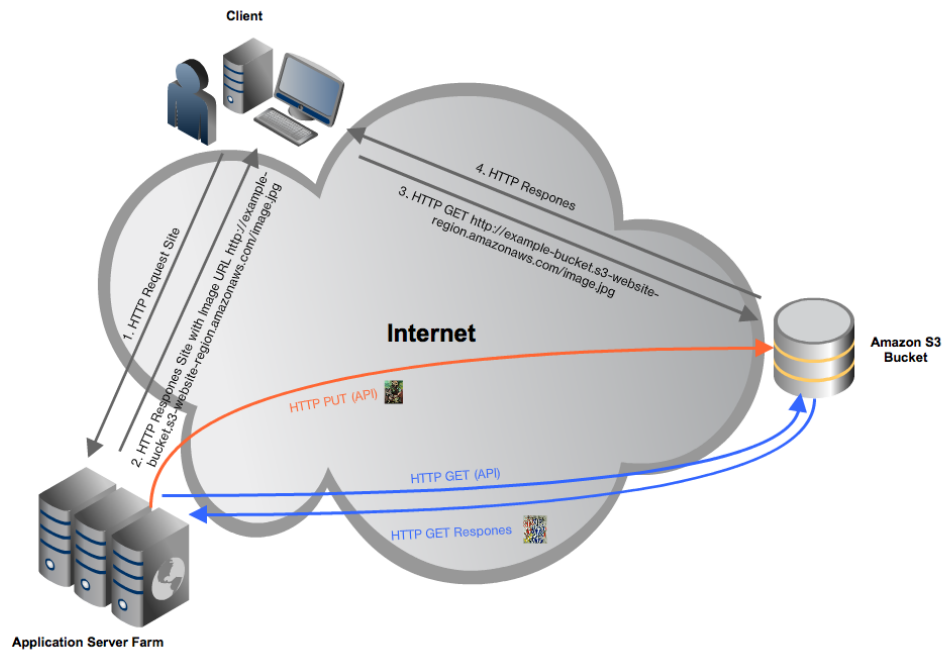
**Tabelle 10.12.:** Kosten OpenStack Szenario-2

Beschreibung	Kosten pro Stk/M.	Anzahl	Total
<b>Investitionskosten</b>			
Dell PowerConnect 8024	CHF 14'732.00	2	CHF 29'464.00
Lynx CALLEO App. Server 1260	CHF 5'451.50	2	CHF 10'903.00
Lynx CALLEO App. Server 4260H	CHF 6'111.00	10	CHF 61'110.00
Festplatte 3,5 3 TB	CHF 300.00	340	CHF 102'000.00
Rack Einrichtung	CHF 850.00	2	CHF 1700.00
Mult-Site Einrichtung	CHF 1500.00	1	CHF 1500.00
<b>Total:</b>			<b>CHF 206'677.00</b>
<b>Fortlaufende Kosten</b>			
Dell Service	CHF 0.00	2	CHF 0.00
Transtec Service (Server 1260)	CHF 26.08	2	CHF 52.17
Transtec Service (Server 4260H)	CHF 53.31	10	CHF 533.06
Rackkosten 22 U (1000 W)	CHF 750.00	2	CHF 1'500.00
Strom 500 W	CHF 165.00	13	CHF 2'145.00
Mult-Site 1 GBit/s	CHF 500.00	1	CHF 500.00
Personal	CHF 15'000.00	1	CHF 15'000.00
<b>Total pro Monat:</b>			CHF 19'730.22
<b>Total 36 Monate:</b>			<b>CHF 710'288.00</b>
<b>Total Gesamt:</b>			<b>CHF 916'965.00</b>

#### 10.5.4. AI-5: Amazon S3

Amazon zählt zu den grössten, wenn nicht der grösste Online Speicheranbieter weltweit. Genaue Angaben über die Anzahl Kunden und Speicherkapazität veröffentlicht Amazon nicht. Seit 2006 bietet Amazon Ihren Kunden unter dem Produktname S3, einen Online Speicher an. Die genaueren technischen Eigenschaften und Architektur des Online Speicher ist bis anhin von Amazon nicht veröffentlicht worden. Nach eigenen Angaben von Amazon basiert die Dienstleistung auf gewöhnlicher Computer Hardware.

Im **Abbildung 10.8** ist die Netzwerk und System-Architektur dargestellt. Es zeigt wie die Applikations-Server Farm Bildobjekte über das Internet auf dem Amazon S3 Speicher ablegt und darauf zugreift. Zudem zeigt die Abbildung wie eine Client-Anfrage auf ein Bildobjekt an die Applikations-Server Farm, den direkten URL Pfad zum Bildobjekt auf den Amazon S3 Speicher verweist. Somit kann die Auslieferung der Bilddaten direkt über Amazon S3 erfolgen, was die Bandbreite der Applikations-Server Farm entlastet.



**Abbildung 10.8.:** Amazon S3 Netz und System Architektur

Bei Online Speicher wie Amazon S3, kann der Kunde gleich nach Anmeldung an den Dienst, die Speicherressourcen verwenden. Es fallen also keine Installationkosten für die Speicherinfrastruktur an.

## Verfügbarkeit

Amazon S3 speichert die Daten auf mehreren Geräten in verschiedenen Rechenzentren in derselben Region ab. Beim Speichern werden die Daten synchron in verschiedene Rechenzentren abgelegt bevor die Speicherung als erfolgreich gemeldet wird. Damit ist sichergestellt, dass die Daten von Beginn weg einwandfrei redundant gespeichert sind. Mit diesen Massnahmen gewährleistet Amazon gemäss Dienstgütevereinbarung eine Zuverlässigkeit von 99.999999999%. Bei Bedarf kann die Zuverlässigkeit für Daten, welche wenig Schutz benötigen, wie zum Beispiel Thumbnails von Bilder, mit einer geringeren Zuverlässigkeit von 99.99% zu einem günstigeren Preis gespeichert werden. [6]

Durch die redundante Speicherung der Daten auf mehrere Geräte gewährleistet Amazon gemäss Dienstgütevereinbarung von 99.99% pro Monat.

## Datenzugriff

Der Zugriff auf die Daten findet über eine API oder über die Verwaltungskonsolle von Amazon statt. Für den Zugriff mit einem API bietet Amazon ein REST und eine SOAP Schnittstelle an. Der REST Zugriff findet über HTTP statt. Dabei werden standard

HTTP requests verwendet. Für den Zugriff kann auch ein gewöhnlicher Web-Browser verwendet werden solange die Objekte öffentlich sind.

Einen offiziellen POSIX IO Zugriff von Amazon steht nicht zur Verfügung. Es existiert allerdings ein quelloffenes Projekt Namens `s3fs`<sup>2</sup>, welches es ermöglicht, einen Amazon S3 Speicher unter Linux zu mounten. [55]

Da die Infrastruktur von Amazon S3 nicht bekannt ist, können keine detaillierten Angaben über die Skalierung der Datenzugriffe gemacht werden. Es kann von einem hochskalierbaren System ausgegangen werden, da Amazon die Zugriffe von tausenden von Kunden gleichzeitig handhaben muss.

Amazon S3 unterstützt das Lesen und Schreiben von mehreren Systemen. Beim Lesen eines Objektes, welches aus mehreren Systemen zugegriffen und beschrieben wird, stellt Amazon S3 die Lesekonsistenz sicher. [9]

Für das Einlesen von grossen Datenmengen bietet Amazon einen kostenpflichtigen Import/Export Dienstleistung an. Bei dieser Dienstleistung sendet der Kunde die Daten gespeichert auf einem tragbaren Speichermedium an Amazon, welches die Daten direkt in ihre Cloud ohne Umwege über das Internet einliesst.

Die API von Amazon ist gut dokumentiert, weshalb für einen erfahrenen Entwickler die Anbindung der Web-Applikation an Amazon S3 umsetzbar sein sollte.

## **Speicherkapazität**

Für die Skalierung der Speicherkapazität kümmert sich Amazon.

Im Amazon S3 können eine unbegrenzte Anzahl von Objekten gespeichert werden, welche eine Speichergrosse von 1 Byte bis zu 5 Terrabyte haben können. In einem PUT können maximal 5 Gigabyte hochgeladen werden. Für das Hochladen von grösseren Objekten muss die Multipart Funktion verwendet werden, welche das Objekte in mehrere Teilen gliedert und hochladet. [8]

## **Datenschutz**

Die Daten können bei Amazon in mehren Regionen gespeichert werden. Zu den verfügbaren Regionen gehören, US Standard, US West (Oregon), US West (Northern California), EU (Ireland), Asia Pacific (Singapore), Asia Pacific (Tokyo), South America (Sao Paulo). Gemäss Amazon verlassen die gespeicherten Daten eine Region nicht, ausser für die Erfüllung von Gesetzen oder auf Anforderung einer Regierung. Als US amerikanisches Unternehmen steht Amazon wegen dem Patriot Act unter der Pflicht, den

---

<sup>2</sup><https://code.google.com/p/s3fs/>



US-Behörden auf Anforderung Zugang zu den Daten zu gewährleisten, auch wenn diese Informationen ausserhalb der USA gespeichert sind. Gemäss EU Recht dürfen ohne Einverständnis der Behörden keine gespeicherten Informationen an Dritten zugänglich gemacht werden, auch nicht solche Daten die ausserhalb der EU gespeichert sind. Bei Microsoft, ebenfalls ein grosser Cloud-Anbieter bestätigt diese Regel, dass die Daten nicht vor dem Zugriff der USA geschützt sind. [7][48]

Die Integrität der Daten wird mit einer Prüfsumme sichergestellt. Die gespeicherten Daten werden von Amazon regelmässig auf ihre Integrität geprüft und bei Bedarf von einer integren Kopie der Daten ersetzt.

Die Daten können verschlüsselt per SSL zugegriffen bzw. gespeichert werden. Somit ist gewährleistet, dass Dritte die Daten beim Transport nicht lesen können. Seit 2011 bietet Amazon kostenlos ebenfalls die Verschlüsselung mit AES-256 von Objekten im Speicher an. Dabei wird jedes Objekt mit einem eigenen Schlüssel ver- und entschlüsselt. Die erzeugten Schlüssel werden mit einem Master-Schlüssel ebenfalls verschlüsselt und auf den Amazon-Servern gespeichert. Das Schlüsselmanagement bleibt jedoch bei Amazon, weshalb man abhängig von den Massnahmen zum Schutz des Schlüsselmanagement ist die Amazon alleine trifft. Wird diese kompromittiert oder fällt sie aus, ist der Zugriff auf die verschlüsselten Daten nicht mehr möglich. [53]

Die Berechtigung auf gespeicherte Objekte oder Ordner können mit einem Rechte-Management verwaltet werden. Objekte können öffentlich zugänglich gemacht werden oder nur an bestimmte authentifizierte Benutzer zur Verfügung gestellt werden. Zudem lassen sich Zugriffe auf Objekte protokollieren. [8]

Für die Berechtigung und Verwaltung stellt Amazon ein Web-GUI zur Verfügung. Bis auf das Eröffnen eines Speichers und die Initialberechtigung sollten voraussichtlich nicht weitere Verwaltungsaufgaben anfallen.

Amazon bietet neben der Redundanz der Objekte kein weiteres Sicherungsverfahren an. Beim Herunterladen der Daten fallen für den Transfer zusätzliche Kosten an.

## **Technologie**

Der Online Speicher von Amazon S3 gilt als ausgereiftes und etabliertes Produkt im Markt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Dienstleistung über die nächsten vier Jahre hinaus bestehen wird und für den Kunden keine Migration notwendig ist. Amazon S3 wird ebenfalls von SmugMug, ein Photodienstleister, verwendet oder andere bekannte Web-Applikationen wie Dropbox verwendet. [61][22]

Der Online-Speicher-Markt ist im Verhältnis zu anderen Speichermärkten noch relativ jung. Analysten wie Jeff Boles gehen davon aus, dass der Online-Speicher-Markt in den nächsten Jahren stark wachsen wird. Wie in der Marktstudie beschrieben, konnte Ama-

zon seit dem Start des Amazon S3 Produktes die Anzahl gespeicherte Objekte jeweils pro Jahr mehr als verdoppeln (sie dazu **Abbildung 9.3**). Die Konkurrenz wie Google, Microsoft oder Rackspace machen Amazon den Markt streitig. Der Kunden darf hoffen, dass die Anbieter ihre Preise noch spitzer kalkulieren müssen, um konkurrenzfähig zu bleiben. Amazon hat die Preise für S3 Speicher erst kürzlich angepasst. [15][13]

## Kosten

Durch den Bezug der Speicherressourcen als Dienstleistung fallen für den Kunden keine Investitionskosten für die Speicherinfrastruktur an. Dafür muss in den meisten Fällen die Applikation für den Zugriff mittels Amazon S3 API programmiert werden, wodurch Entwicklungskosten anfallen können.

Beim Amazon S3 wird jeweils nur der effektiv verwendete Speicherplatz pro Monat verrechnet. Im Preis von Amazon ist jeweils die dreifache Redundanz inbegriffen. Der Speicherplatz kostet ab 1 Terabyte bis 49 Terabyte \$ 0.110 per Gigabyte. Ab 49 Terabyte bis 450 Terabyte reduzieren sich die Kosten pro Gigabyte auf \$ 0.095. Anders als beim Betrieb einer eigenen Speicherinfrastruktur muss der Kunden keine zusätzliche Speicherkapazitätsreserven für Unvorhergesehenes einrechnen, da diese erst bei Bedarf von Amazon zur Verfügung gestellt wird. Dies spart substantiell Kosten für den Kunden.

Bei Verwendung von Amazon S3 fallen für den Kunden zudem keine Wartungskosten für den Betrieb der Speicherinfrastruktur an.

Im Vergleich zum eigenen Betrieb fallen dem Kunden allerdings Kosten für den Transfer und Abfragen der Daten an. So kostet der Transfer der Daten aus dem Amazon S3 Speicher für jedes GB \$ 0.12 bei einem Transfervolumen bis zu 10 TB. Für die Abfrage wird unterschieden zwischen schreibenden und lesenden Abfragen. Der Lesezugriff kostet pro 10'000 Abfragen \$ 0.01 und für jeden Schreibzugriff pro 1'000 Abfragen \$ 0.01. Die tatsächlichen Kosten sind schwierig vorherzusagen und könnten zu Überraschungen führen. Die zu budgetierenden Kosten sind stark von den Anzahl Benutzern und deren Benutzerverhalten abhängig und können saisonalen Schwankungen unterliegen.

**Kosten Szenario-1** Die Kosten für Szenario-1 betragen gemäss Zusammenstellung der **Tabelle (10.13)** total \$ 42'646.32. Das entspricht zum aktuellen Tageskurs gerechnet (13 April 2012) 39'10.52 CHF.

\*

**Kosten Szenario-2** Die Kosten für Szenario-1 betragen gemäss Zusammenstellung der **Tabelle (10.14)** total \$ 493'902.84. Das entspricht zum aktuellen Tageskurs gerechnet

(13 April 2012) 450'637.17 CHF.

## 10.6. Evaluation KO Kriterien

### 10.6.1. Evaluation KO Kriterien Szenario-1

**Untersuchung auf KO Kriterium KO-1** Alle Alternativen für das Szenario-1 unterstützen die Speicherung von Dateien bis 2 Gibibyte Speichergrösse (**KO-1**).

**Untersuchung auf KO Kriterium KO-2** Alle Alternativen aus dem Szenario-1 erfüllen die geforderten Speicherkapazität des Szenario-1.

**Untersuchung auf KO Kriterium KO-3** Die günstigste Lösung ist die Alternative Al-1 mit Gesamtkosten von 13'422.95 CHF. Gemäss KO Kriterium KO-3 dürfen die Kosten 40'268.85 CHF nicht überschritten werden. Mit Ausnahme von Al-5 mit Kosten von insgesamt 39'10.52 CHF überschreiten die Alternativen Al-2 (240'443.15 CHF), Al-3 (240'443.15 CHF) und Al-4 (653'646.50 CHF) die Kosten und werden somit von der weiteren Evaluation für das Szenario-1 ausgeschlossen.

### 10.6.2. Evaluation KO Kriterien Szenario-2

**Untersuchung auf KO Kriterium KO-1** Alle Alternativen für das Szenario-2 unterstützen die Speicherung von Dateien bis 2 Gibibyte Speichergrösse (**KO-1**).

**Untersuchung auf KO Kriterium KO-2** Bis auf Alternative Al-1, welches kein Produkte für die geforderten Speicherkapazität hat, erfüllen alle die vorgegebene Speicherkapazität des Szenario-2. Die Alternative Al-1 wird somit für die weitere Evaluation für das Szenario-2 ausgeschlossen.

**Untersuchung auf KO Kriterium KO-3** Die günstigste Lösung ist die Alternative **Amazon S3** Al-5 mit Gesamtkosten von 450'637.17 CHF. Gemäss KO Kriterium KO-3 dürfen die Kosten von 1'351'911.15 CHF nicht überschritten werden. Die Alternative Al-2 (884'772.44 CHF), Al-3 (884'772.44 CHF) und Al-4 (916'965.00) überschreiten die maximalen Kosten nicht. Die Alternative Al-1 bietet keine Produkt für Szenario-2.

Tabelle 10.13.: Kosten Amazon S3 Szenario-1

Bezeichnung	Monat	Speicherkapazität	Kosten
-------------	-------	-------------------	--------

<i>Investitionskosten</i>			
-			
<b>Total:</b>			CHF 0.00

<i>Fortlaufende Kosten</i>			
Amazon S3	1	2,75	\$691.82
Amazon S3	2	3	\$719.98
Amazon S3	3	3,25	\$748.14
Amazon S3	4	3,5	\$776.30
Amazon S3	5	3,75	\$804.46
Amazon S3	6	4	\$832.62
Amazon S3	7	4,25	\$860.78
Amazon S3	8	4,5	\$888.94
Amazon S3	9	4,75	\$917.10
Amazon S3	10	5	\$945.26
Amazon S3	11	5,25	\$973.42
Amazon S3	12	5,5	\$1'001.58
Amazon S3	13	5,75	\$1'029.74
Amazon S3	14	6	\$1'057.90
Amazon S3	15	6,25	\$1'086.06
Amazon S3	16	6,5	\$1'114.22
Amazon S3	17	6,75	\$1'142.38
Amazon S3	18	7	\$1'170.54
Amazon S3	19	7,25	\$1'198.70
Amazon S3	20	7,5	\$1'226.86
Amazon S3	21	7,75	\$1'255.02
Amazon S3	22	8	\$1'283.18
Amazon S3	23	8,25	\$1'311.34
Amazon S3	24	8,5	\$1'339.50
Amazon S3	25	8,75	\$1'367.66
Amazon S3	26	9	\$1'395.82
Amazon S3	27	9,25	\$1'423.98
Amazon S3	28	9,5	\$1'452.14
Amazon S3	29	9,75	\$1'480.30
Amazon S3	30	10	\$1'508.46
Amazon S3	31	10,25	\$1'536.62
Amazon S3	32	10,5	\$1'564.78
Amazon S3	33	10,75	\$1'592.94
Amazon S3	34	11	\$1'621.10
Amazon S3	35	11,25	\$1'649.26
Amazon S3	36	11,5	\$1'677.42
<b>Total:</b>			<b>\$ 42'646.32</b>

**Total Gesamt:** **\$ 42'646.32**

Tabelle 10.14.: Kosten Amazon S3 Szenario-2

Bezeichnung	Monat	Speicherkapazität	Kosten
-------------	-------	-------------------	--------

<i>Investitionskosten</i>			
-			
<b>Total:</b>			CHF 0.00

<i>Fortlaufende Kosten</i>			
Amazon S3	1	8.5	\$2'937.87
Amazon S3	2	14.5	\$3'613.71
Amazon S3	3	20.5	\$4'289.55
Amazon S3	4	26.5	\$4'965.39
Amazon S3	5	32.5	\$5'641.23
Amazon S3	6	38.5	\$6'317.07
Amazon S3	7	44.5	\$6'992.91
Amazon S3	8	50.5	\$7'661.07
Amazon S3	9	56.5	\$8'244.75
Amazon S3	10	62.5	\$8'828.43
Amazon S3	11	68.5	\$9'412.11
Amazon S3	12	74.5	\$9'995.79
Amazon S3	13	80.5	\$10'579.47
Amazon S3	14	86.5	\$11'163.15
Amazon S3	15	92.5	\$11'746.83
Amazon S3	16	98.5	\$12'330.51
Amazon S3	17	104.5	\$12'914.19
Amazon S3	18	110.5	\$13'497.87
Amazon S3	19	116.5	\$14'081.55
Amazon S3	20	122.5	\$14'665.23
Amazon S3	21	128.5	\$15'248.91
Amazon S3	22	134.5	\$15'832.59
Amazon S3	23	140.5	\$16'416.27
Amazon S3	24	146.5	\$16'999.95
Amazon S3	25	152.5	\$17'583.63
Amazon S3	26	158.5	\$18'167.31
Amazon S3	27	164.5	\$18'750.99
Amazon S3	28	170.5	\$19'334.67
Amazon S3	29	176.5	\$19'918.35
Amazon S3	30	182.5	\$20'502.03
Amazon S3	31	188.5	\$21'085.71
Amazon S3	32	194.5	\$21'669.39
Amazon S3	33	200.5	\$22'253.07
Amazon S3	34	206.5	\$22'836.75
Amazon S3	35	212.5	\$23'420.43
Amazon S3	36	218.5	\$24'004.11
<b>Total:</b>			<b>\$ 493'902.84</b>

**Total Gesamt:** **\$ 493'902.84**

## 10.7. Evaluation Soll Kriterien

Die Evaluation der Soll Kriterien und die dazugehörigen Begründungen für die Bewertung sind detailliert im Anhang aufgeführt. Die Bewertungen der Vergleiche der Alternativen wurden in das Programm AHP Decision eingegeben und ausgewertet.

### 10.7.1. Auswertung Szenario-1

Wie in **Tabelle (10.15)** zu entnehmen ist, gewinnt die Alternative **Amazon S3** Al-5 mit 0.698 Punkte oder 69.8% die Evaluation von Szenario-1. Die Alternative **Hetzner** Al-1 hat insgesamt 0.302 Punkte oder 30.2 % erreicht.

**Tabelle 10.15.:** Evalutation Resultat Szenario-1

Rang	Alternativen	Priorität
1	Amazon S3	0.698
2	Hetzner	0.302

### 10.7.2. Auswertung Szenario-2

Wie in **Tabelle (10.16)** zu entnehmen ist, gewinnt die Alternative **Amazon S3** Al-5 mit 0.310 Punkte oder 31% die Evaluation. Auf dem zweiten Platz folgt **NetApp iSCSI** Al-3 mit 0.236 Punkte oder 23.6%, dicht gefolgt vom drittklassierten **OpenStack Object Storage** Al-4 mit 0.36 Punkte oder 23.6 %. Die wenigsten Punkte erhielt **NetApp NFS** Al-2 mit 0.218 Punkte oder 21.8 %.

**Tabelle 10.16.:** Evalutation Resultat Szenario-2

Rang	Alternativen	Priorität
1	Amazon S3	0.274
2	NetApp iSCSI	0.232
3	OpenStack Object Storage	0.199
4	NetApp NFS	0.295

Amazon S3 Al-5 hat in den Soll-Kriterien, Anschaffungskosten, Langlebigkeit, Skalierbarkeit der Speicherkapazität, Datenintegrität, Selbstheilung von Objekten und Verwaltungskomfort am meisten Punkte von allen Alternativen erhalten.

NetApp iSCSI Al-3 hat in den Soll-Kriterien, Unterhaltskosten, Redundanz, standortübergreifend, Performance, POSIX IO, simultaner Schreibzugriff, Datensicherheit am meisten Punkte von allen Alternativen erhalten.

OpenStack Object Storage Al-4 hat in den Soll-Kriterien, Systemverfügbarkeit, standortübergreifend, Datenzugriff Skalierbarkeit, maximale Anzahl speicherbare Objekte, maximale Objektspeichergrosse grösser als 2 GiB, Datenintegrität, Selbstheilung von

Objekten und Weiterentwicklung am meisten Punkte von allen Alternativen erhalten.

NetApp NFS A1-2 hat in den Soll-Kriterien, Unterhaltskosten, Redundanz, Datensicherung, Datenschutz, Marktverbreitung, Verfügbarkeit von Experten und ausgereifte Anwendung jeweils am meisten Punkte von allen Alternativen erhalten.

## 11. Empfehlung für den Auftraggeber

Der Evaluations-Sieger ist bei beiden gesetzten Szenarien Amazon S3. Weshalb Amazon S3 in beiden Evaluationen die meisten Punkte erhielt, liegt unter anderem daran, dass der Speicher verbrauchsabhängig abgerechnet wird. Damit entfallen die Kosten für den Reservespeicher für die zukünftige Speicherbenutzung. Dies senkt die Kosten substantiell und führt dazu, dass sich diese Alternative für beide Szenarien gegenüber den Konkurrenten durchsetzen konnte, da sie mit dem Leistungskonzept auch alle anderen Anforderungen zuverlässig erfüllen konnte.

Es mag nicht überraschen, dass auch andere Anbieter und Web-2.0 Startup Unternehmen wie Dropbox, SmugMug, swisstopo, litmus, Mendeley, ElephantDrive, fotopedia und viele mehr sich für die Speicherlösung von Amazon S3 entschieden haben.

Die Verfügbarkeit der Daten stellt Amazon S3 durch eine Architektur sicher, welche alle System-Komponenten hoch-redundant eingebunden hat. So sind Daten im Amazon S3 Speicher mindestens dreifach-redundant gespeichert und über mehrere Datacenters verteilt gespeichert.

Ein Nachteil bei Amazon S3 sind die Kosten für die ausgehende Bandbreite. Wird ein Bild für den Druck aufbereitet, muss das Bild zuerst auf den Applikations-Server übertragen werden. Werden viele Bilder umgerechnet, können erhebliche Kosten die Folge sein. Ferner benötigt die Übertragung von grossen Dateien über das Internet im Vergleich zum internen Netzwerk mehr Benutzer-Wartezeit, was die Bearbeitungszeit pro Bild belastet. Amazon bietet neu die Möglichkeit, Rechenleistung in ihrem Netz zu mieten. Dies könnte eine solide Antwort für den beschriebenen Nachteil sein und ist zu prüfen.

Das Resultat dieser Arbeit hat Amazon S3 als einzigen Online Speicher berücksichtigt. Dies bedeutet nicht, dass Amazon S3 alle Bedürfnisse des Auftraggeber am besten erfüllt. Neben Amazon S3 gibt es weitere Anbieter wie Rackspace, welche ebenfalls Online-Speicher anbieten. Bei der Auswahl des Dienstleisters ist neben den Kosten auf die Dienstgütevereinbarung (DGV), oder auch Service-Level-Agreement (SLA) genannt, zu achten. Eine genauere Untersuchung der SLAs ist in diesem Zusammenhang wesentlich für die Entscheidungsfindung, speziell hinsichtlich der gesetzlichen Anforderungen im nationalen und internationalen Umfeld. Ferner ist darauf zu achten, dass der Dienstleister selbst wirtschaftlich gesund und stabil für den zukünftigen Markt fit aufgestellt ist.



Bei der Auswahl des Online Speicher Anbieters sollte darauf geachtet werden, dass diese die Amazon S3 API oder Swift API (OpenStack Object Storage) unterstützen, da diese sich quasi zum inoffiziellen Standard entwickelt haben, welche vermehrt auch von anderen Speicheraanbietern unterstützt werden.

Einen Wechsel von der aktuellen Speicherlösung ist nicht empfehlenswert, wenn die Annahmen bezüglich den geforderten Werte für die Speicherkapazität und Bildverarbeitungsanfragen aus dem Szenario-1 nicht zutreffen bzw. nicht übersteigen. Die Gesamtinvestitionen und laufenden Kosten für die neue Lösung wären nicht gerechtfertigt.

Stellt der Auftraggeber fest, dass zwar die angegebenen Werte für das Szenario-1 übertroffen werden, jedoch bleibt unklar in welchem Ausmass dies zu erwarten ist, dann ist zu empfehlen, den Evaluationsgewinner als neue Speicherlösung einzusetzen, da dieser die Speicherkapazität bedarfsgerecht und äusserst flexibel zur Verfügung stellen kann und keine unnötigen Ausgaben auslöst.

Sollten die zu erwarteten Mengen bezüglich Speicherkapazität und Bildbearbeitungsanfragen die angenommenen Werte von Szenario-2 übertreffen, dann wäre ein Wechsel auf OpenStack Object Storage eine zu prüfende Alternative, zumal die API von OpenStack Object Storage zum Amazon S3 kompatibel ist. Zum Beispiel könnte mit Amazon S3 gestartet und später bei Bedarf auf eine eigene OpenStack Objekt Storage Infrastruktur gewechselt werden. Damit stehen dem Auftraggeber alle Optionen zur Verfügung, um den Kunden bedarfsgerecht die beste Speicherlösung für die Bildanwendung anbieten zu können.

## 12. Machbarkeitsnachweis

Mit der Machbarkeitsnachweis soll mit einen Prototyp gezeigt werden, dass die Empfohlene Variante umgesetzt werden kann. Als Prototyp wurde eine OpenStack Object Storage Cluster aufgesetzt und mit der Programmiersprache Ruby Objekte gespeichert und zugegriffen.

### 12.1. Architektur

### 12.2. Installation Swift Cluster

Die Installation ist nach der Empfehlung [http://swift.openstack.org/howto\\_installmultinode.html](http://swift.openstack.org/howto_installmultinode.html) und [http://docs.openstack.org/trunk/openstack-object-storage/admin/content/ch\\_installing-openstack-object-storage.html](http://docs.openstack.org/trunk/openstack-object-storage/admin/content/ch_installing-openstack-object-storage.html) erfolgt. Die dazu verwendeten Installations Befehle und die erzeugten Konfigurations Dateien sind im Anhang aufgeführt.

Die Verwendete Konfiguration ist für einen Prototyp geeignet für den Produktiven betrieb sind jedoch weitere Optimierungen in der Konfiguration notwendig.

Als Betriebssystem für die den OpenStack Object Storage wurden das Linux Betriebssystem, Ubuntu Server 12.04 LTS von Distributor Canonical verwendet.

### 12.3. Anwendung mit Ruby API

Für den Ruby Zugriff auf das Speichersystem wurde das von Rackspace Quelloffene GEM Paket cloudfiles verwendet.

Die Einzelnen Programmier Befehle wurden mit der Ruby Version 1.9.3 in der Interaktiven Ruby Shell irb ausgeführt und getestet. Sie können aber ohne Probleme in Bestehenden Programm Code oder eigene Klassen implementiert werden,

Mit require 'cloudfiles' werden die Methoden von Cloudfiles geladen.

Listing 12.1: Laden

```
1 1 .9.3p0 :036 > require 'cloudfiles'
```

Im **Listing 12.2** wird gezeigt wie man sich mit dem Benutzer root der Gruppe system und den Passwort testpass sich über die URL `https://172.16.251.80:8080/auth/v1.0` am Speichersystem authentifiziert.

Listing 12.2: Anmelden an Speichersystem

```
1 1.9.3p0 :036 > cf = CloudFiles::Connection.new(:username => "system:root", :  
    api_key => "testpass", :auth_url => "https://172.16.251.80:8080/auth/v1.0"  
    )  
2 => #<CloudFiles::Connection:0x007fcfca04c170 @authuser="system:root",  
    @authkey="testpass", @auth_url="https://172.16.251.80:8080/auth/v1.0",  
    @retry_auth=true, @snet=nil, @proxy_host=nil, @proxy_port=nil, @authok=  
    true, @http={}, @storagehost="172.16.251.80", @storagepath="/v1/  
    AUTH_system", @storageport=8080, @storagescheme="https", @authtoken="  
    AUTH_tk4bc3d45cef364606ad521708101ad574">
```

---

Anschließend wird einen Container 'pictures' erstellt in welche Objekte abgelegt werden können. Im **Listing 12.3** dargestellt.

Listing 12.3: Server bzw. Speicher den Ringen hinzufügen

```
1 1.9.3p0 :033 > cf.create_container('pictures')  
2 => pictures
```

---

Mit containers werden alle vorhandenen Containers aufgelistet, siehe **Listing 12.4**

Listing 12.4: Auflisten der Vorhandenen Containers

```
1 1.9.3p0 :035 > cf.containers  
2 => ["pictures"]
```

---

Im **Listing 12.5** wird auf den Container 'pictures' zugegriffen.

Listing 12.5: Zugreifen auf den Container

```
1 1.9.3p0 :033 > container = cf.container('pictures')  
2 => pictures
```

---

Im **Listing 12.6** wird eine Objekt Namens ursfischer\_web.png erstellt und mit write die Datei ins Objekt geschrieben.

Listing 12.6: Erstellt ein Object und schreibt den Inhalt ins Objekt

```
1 1.9.3p0 :032 > object = container.create_object 'ursfischer_web.png', false  
2 => ursfischer_web.png  
3 1.9.3p0 :030 > object.write open('ursfischer_web.png')  
4 => true
```

---

Die Vorhandenen Objekte im Containers werden wie im **Listing 12.6** dargestellt aufgelistet

Listing 12.7: Objekte des Containers auflisten

```
1 1.9.3p0 :031 > container.objects
2 => ["ursfischer_web.png"]
```

---

## 13. Fazit

Für den Auftraggeber stehen unterschiedliche Speichertechnologien zur Auswahl. Doch welche der Speichertechnologien ist nun die richtige Lösung für die definierten Anforderungen, welche dem Auftraggeber eine erfolgreiche Geschäftstätigkeit und dem Kunden eine optimale Plattform für deren Bilddaten für die nächsten 5 Jahre sichert und Investition und laufende Kosten rechtfertigt bzw. eine marktgerechte Leistung bietet?

Die Evaluation hat gezeigt, dass der Online Speicher Amazon S3 von den gewählten Optionen die beste Lösung ist. Für Amazon S3 sprach vor allem die niedrigen Gesamtkosten (TCO). Dieser Kostenlevel wird vor allem durch die eingesparten Lohnkosten für den Betrieb der Speicherarchitektur auf Seiten des Auftraggebers zurückzuführen. Für Amazon S3 spricht ferner die sofortige Verfügbarkeit der Speicherkapazität nach Anmeldung und dass diese beliebig nach Kundenbedürfnis skaliert, ohne teure Upgrades und Datenmigrationen in neue Systeme.

Ein Nachteil in den Funktionen von Amazon S3 könnte für den Auftraggeber die Bildaufbereitung sein. Die Daten müssten dazu über die Internetverbindung zum Applikations-Server heruntergeladen werden, und nach Bearbeitung wieder zum Speichersystem zurücktransferiert werden. Dadurch würde die Internetverbindung zum Applikations-Server zusätzlich belastet und Wartezeiten bei grossen Bilddateien könnten für den Kunden unangenehm werden. Idealerweise sollte der Applikations-Server über das lokale Netzwerk mit dem Speichersystem verbunden sein. Dieser Nachteil könnte allenfalls durch Amazon EC2 entschärft werden. Amazon EC2 bietet neu auch Online-Rechenkapazität für den Betrieb von virtuellen Servern an. Der Transfer von Amazon S3 zu Amazon EC2 verursacht keine Kosten und könnte die benötigte Performance für die Bildbearbeitung bieten.

Neben Amazon S3 bieten weitere Online Speicheranbieter ihre Dienste in der Cloud an, welche in dieser Evaluation nicht berücksichtigt wurden. Für eine definitive Entscheidung sollten solche Speicherlösungen in die Entscheidungsfindung einbezogen werden.

## **13.1. Erkenntnisse aus der Arbeit**

### **13.1.1. Speichertechnologie**

Die Arbeit hat es mir ermöglicht, für ein reales Projekt die verschiedenen Speichertechnologien in der Tiefe zu vergleichen und ausgewählte Vertreter jeder Technologie in die Evaluation einzubeziehen und mir neues, interessantes Wissen anzueignen. Die Einarbeitung in die neuen Speichertechnology-Themen war spannend und lehrreich und hat meinen beruflichen Horizont mit Sicherheit erweitert.

Bis anhin wurde der Speicherbedarf meistens mit block- oder dateibasierenden Speicherlösungen gedeckt. Diese Speicherlösungen stellen den Speicher meisten aus einem zentralen System zur Verfügung und adressieren die Daten als Block oder als Datei. Die zunehmende Vernetzung, der enorm steigende Speicherbedarf sowie die Bedürfnisse aus den gespeicherten Daten mehr wertvolle Informationen zu gewinnen, stellen neue Herausforderungen an die Speichersysteme hinsichtlich Skalierung der Speicherkapazität, der Performance, der Verwaltung und der Verteilung der Daten. Die bisherigen konventionellen Lösungen stossen hier immer mehr an ihre Leistungsgrenzen. Wie man den neuen Anforderungen gerecht werden kann, haben Google und Amazon uns vorgemacht. Google ermöglichte es mit ihrem System aus einer täglich steigenden Flut an Daten in Rekordzeit ein brauchbares Suchergebnis zu liefern. Amazon ermöglicht es mit seinem Speichersystem eine enorme Speicherkapazität ihren Kunden bedarfsgerecht über das Internet zur Verfügung zu stellen.

Von diesen Lösungen inspiriert, sind in den vergangenen Jahren neue quelloffene Lösungen und dazugehörige Communities entstanden, wie Hadoop, Gluster, OpenStack, um die bekanntesten davon zu nennen. Diese Entwicklung erlaubt nun auch anderen Organisationen diese neuen Technologien zu nutzen und in ihre eigenen Lösungen zu integrieren. Dass dieses Entwicklungspotential zu neuen Lösungen und Services führen wird, ist offensichtlich. Das zunehmende mediale Interesse an diesen Projekten und die Teilnahme der grossen Speicherhersteller wird meiner Meinung nach die Entwicklung weiter fördern, die schon heute in manchen Diskussion in den Chefetagen zu berücksichtigen wären.

### **Evaluation**

Bevor die eigentliche Arbeit begann, hatte ich basierend auf meinem Wissen insgeheim bereits einen persönlichen Favoriten bei den Speichertechnologie ins Auge gefasst - das klassische Vorurteil auf einer schmalen Informationsbasis. Die Evaluationsarbeit hat dann aber gezeigt, dass die methodische, sachliche Wissensaufbereitung und -Bewertung zu einem ganz anderen Resultat führen kann und Vorurteile abbaut. Im Nachhinein bin ich überzeugt, dass es für die objektive, vorurteilsfreie Entscheidungsfindung notwendig

ist, geeignete Verfahren einzusetzen. Wenn ich die Evaluation mit der einfachen Auflistung von den Vor- und Nachteilen jeder Technologie gemacht hätte, wäre dies wahrscheinlich nicht gelungen. Das AHP Verfahren mit seinen hierarchischen Gliederung und Prozessen zwang mich, die Evaluationen in kleinen Schritten zu untersuchen, losgelöst vom eigentlich anvisierten Ergebnis. Das tatsächliche Ergebnis ist nun zu meiner Freude objektiv und frei von subjektiv gefärbten Bewertungen entstanden, hinter das ich mich jederzeit stellen kann, weil ich auf allfällige Fragen auf den gut dokumentierten Prozess und die Teilergebnisse jederzeit zurückgreifen kann.

Meiner Einschätzung nach ist das gewählte AHP-Verfahren mit zunehmender Anzahl von Alternativen und Kriterien relativ aufwendig. Ich hatte den Aufwand für meine Arbeit für die beiden gewählten Szenarien klar unterschätzt. Es wäre angebracht gewesen, für die Evaluation zwar einen möglichst vollständigen Katalog von Alternativen und Kriterien zu definieren, dann aber unter Berücksichtigung der vorgegeben Zeit, nur die klar relevanten Kriterien für den Vergleich zu bestimmen und auszuwerten. Diese Wahl beeinflusst natürlich bereits das Endergebnis und so bin ich doch froh mit den gewählten Kriterien ein vielleicht genaueres, umfassendes Ergebnis erarbeitet zu haben. Die dafür notwendige zusätzliche Zeit wurde zum Glück von der Schule bewilligt. Dies wird im Berufsleben nicht immer so sein.

Aus der Erfahrung dieser Arbeit würde ich empfehlen, eine solch wichtige Evaluation nicht im Alleingang durchzuführen, sondern zu zweit oder im kleinen Team die Arbeiten aufzuteilen und sich auszutauschen. Grund hierfür sehe ich im Vorteil, dass in den Evaluationsschritten und bei der Beurteilung ein Diskussionspartner eine echte Hilfe für die Qualität der Arbeit sein kann.

### **13.2. Offene Fragen**

Fragen, die in dieser Arbeit nicht geklärt werden konnten.

**Wie hoch ist der effektive Arbeitsaufwand, um eine eigene OpenStack Object Storage Umgebung aufzubauen und zu betreiben?**

**Gibt es bereits oder wird es künftig eine echte schweizerische Alternative zu Amazon S3 geben?**

**Werden die grossen Speicherhersteller eigene Produkte für verteilte Speichersysteme anbieten?**

**Wird sich ein breit abgestützter und verlässlicher Standard für den Zugriff auf verteilte Speicher entwickeln?**

**Wie hoch wären die Kosten für die Bearbeitung der Bilder auf Amazon EC2?**

### **13.3. Schlusswort**

Ich möchte mich hiermit bei allen beteiligten Personen ganz herzlich bedanken, die mit ihrem Engagement und Unterstützung es mir ermöglichten, diese Arbeit und meine Studium durchzuführen und zum Abschluss zu bringen.

Die Arbeit hat in mir die Neugier geweckt, mich vermehrt in die Welt der verteilten Speichersysteme und Speicherlösungen zu vertiefen. Ich finde es persönlich höchst spannend und würde mich gerne auch zukünftig mit solchen Systemen beschäftigen. Ich bin überzeugt, dass der Bedarf an verteilten Speicherlösungen in Unternehmen steigen wird. Mein Eindruck ist aber, dass in der Schweiz der Bedarf für solche Lösungen noch in den Kinderschuhen ist, obwohl auch hier sicher ein grosses Potential vorhanden wäre. IT-Firmen und IT-Experten, welche sich jetzt schon das fachliche Wissen aneignen, haben wahrscheinliche mit dem Wissensvorsprung gute Chancen, sich in einem wachsenden Markt positionieren zu können.

Das Thema ist noch für manchen neu, für mich bleibt es in jedem Falle höchst spannend die Entwicklung weiter zu verfolgen.



# Glossar

## **ATA**

Advanced Technology Attachment (ATA) ist eine Speicher Schnittstellen Standard für die Verbindung und Datentransfer zwischen Computer und Speichermedien.

<http://www.t13.org/>. 31

## **CIFS**

Common Internet File System (kurz CIFS) wurde 1996 von Microsoft eingeführt und beschreibt eine erweiterte Version von SMB. CIFS und SMB sind eine Netzwerkdateisystem vergleichbar mit NFS und wird vorwiegend im MS Windows Bereich eingesetzt. 41

## **Cisco**

Cisco Systems ist eine US Amerikanisches multiinternationales Unternehmen, welches Netzwerk Equipment entwirft und Herstellt. 36

## **CPU**

Central Processing Unit ist der Hauptprozessor eines Computersystems, welcher die Befehle von Programmen und Betriebssystem verarbeitet. 37

## **Dell**

Dell Computer Corporation (Dell), ist ein der grössten IT-Unternehmen der Welt. 33, 53

## **EMC**

EMC Corporation (EMC), ist einer der Führenden Disk Array Speicher Hersteller. 33, 44

## **eSATA**

External Serial Advanced Technology Attachment (SATA) ist die externe Version von SATA welche robustere Stecker verwendet und längere Kabel von bis zu zwei Meter unterstützt. Wie SATA wird eSATA von der Organisation Serial ATA International Organisation verwaltet. <http://www.sata-io.org/>. 31

## **Hitachi Data Systems**

Hitachi Data Systems ist ein Japanische Tochter Firma von Hitachi und ist einer der grössten Speichersystem Hersteller. 33

## Hosting

Hosting versteht man die Unterbringung von Internetprojekten, die sich in der Regel auch öffentlich durch das Internet abrufen lassen. Diese Aufgabe übernehmen Internet-Dienstleistungsanbieter (Provider) die Web-Speicher, Datenbanken, E-Mail-Adressen und weitere Produkte anbieten und zum Austausch von Daten durch das Internet dienen. <https://de.wikipedia.org/wiki/Hosting>. 15

## Hosting

Provider zu deutsch auch Internetdienstanbieter oder Internetdienstleister sind Anbieter von Diensten, Inhalten oder technischen Leistungen, die für die Nutzung oder den Betrieb von Inhalten und Diensten im Internet erforderlich sind. <https://de.wikipedia.org/wiki/Internetdienstanbieter>. 15

## HP

Hewlett-Packard Company (HP), ist das umsatzstärkste IT-Unternehmen der Welt. 33, 53

## IBM

International Business Machines Corporation (IBM) ist ein führendes unternehmen in Software, Hardware und IT-Dienstleistung Bereich. 33, 36, 44

## IETF

Die Internet Engineering Task Force ist eine Organisation welche Internet Standards entwickelt und veröffentlicht. <http://www.ietf.org/>. 36

## POSIX-IO

POSIX IO (kein Offizellernamen) ist der Teil des POSIX Standard welche die IO Schnittstelle definiert. 24, 25

## Primären-Daten

Die Primären-Daten sind die Original-Daten, auf welches das Rechensystem Zugriff hat, um die Daten auszulesen oder zu manipulieren. 16, 18, 23, 25

## REST

Representational State Transfer (REST) ist gemäss Wikipedia ein Programmierparadigma für Webanwendungen. [https://de.wikipedia.org/wiki/Representational\\_State\\_Transfer](https://de.wikipedia.org/wiki/Representational_State_Transfer). 94

## RFC

Request for Comments (RFC) sind Dokumente, über Internet, inklusive der technischen Spezifikation und Richtlinien, welche von der Organisation Internet Engineering Task Force entwickelt wurde. "Das RFC wird erst nach erfolgter Diskussion unter der Aussicht des Internet Architecture Board (IAB) herausgegeben und

fungiert als Quasistandard. Jedes RFC enthält eine eindeutige, vorlaufende Nummer, die kein zweites Mal zu gewiesen wird.“ [?] <http://www.rfc-editor.org/>. 36, 41–44

## **RPC**

Remote Procedure Call (RPC) ist ein Protokoll, dass es einen Programm ermöglicht einen Dienst eines Anderen Programm, welches auf einen anderen Computer befindet, aufzurufen ohne die Details des Netzwerkes kennen zu müssen. 42

## **SAS**

Serial Attached SCSI (SAS) ist eine serielle Schnittstelle für die Verbindung und Datentransfer zwischen Computer und Speichermedium. SAS erlaubt eine Übertragung der Daten mit bis zu 12Gb/s. SATA wurde weitgehend zu SATA kompatibel gehalten. STA wird von der Organisation SCSI Trade Association verwaltet. <http://www.scsita.org/>. 31

## **SATA**

Serial Advanced Technology Attachment (SATA) ist einen Standard Schnittstelle für die Verbindung und Datentransfer zwischen Computer und Speichermedien. SATA ersetzt dabei Parallel ATA und erreicht eine Übertragungsgeschwindigkeit bis 6Gb/s. Der Standard wird von der Serial ATA International Organisation verwaltet. <http://www.sata-io.org/>. 31

## **SCSI**

Small Computer System Interface (SCSI) ist eine Schnittstelle für die Verbindung und Datentransfer zwischen Computer und Speichermedium. Es gibt mehrer SCSCI Standards welche von der Organisation T10 Verwaltet werden. <http://www.t10.org/>. 31

## **SNIA**

Storage Networking Industry Association (SNIA) ist eine Non-Profit mit dem Ziel Standards und Ausbildungsprogramme für die IT-Industry im Speicherbereich zu erschaffen. <http://www.snia.org/>. 32

## **SOPA**

SOAP ist gemäss Wikipedia ist ein Netzwerkprotokoll, mit dessen Hilfe Daten zwischen Systemen ausgetauscht und Remote Procedure Calls durchgeführt werden können. <https://de.wikipedia.org/wiki/SOAP>. 94

## **SSH**

Secure Shell (kurz. SSH) ist ein Programm bzw. Protokoll, welche es ermöglicht über eine Verschlüsselte Verbindung in einen entfernten Rechner über das Netzwerk bzw. Internet sich anzumelden und dort auf dem Rechner Kommandos auszuführen. 77

## **TCP IP**

Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP) ist eine Netzwerkprotokoll Familie für die Kommunikation von Hosts im Internet. TCP/IP verwendet verschiedene Protokolle, dazu zählen die beiden Hauptprotokolle TCP und IP welche den Namen von TCP/IP auch bestimmen. 36, 37

## **UDP**

User Datagram Protocol (UDP) ist eine Verbindungsloses Netzwerkprotokoll der Transportschicht. UDP gibt keine Garantie das eine Versendetes Packet bei Empfänger ankommt, oder das es in der selben Reihenfolge wie es Versendet wurde ankommt.. 42

## **XDR**

Die eXternal Data Representation (kurz XDR) Spezifikation stellt ein Standardisierte Verfahren zur Präsentation von gebräuchlichsten Daten Typen über das Netzwerk zur Verfügung. Dies löst das Problem der verschiedenen Byte-Reihenfolge (Big Endian), Speicherausrichtung auf unterschiedlichen Kommunikations Partner. 42

# Literaturverzeichnis

- [1] A, RUSTAM: *OpenStack Swift: What is maximum recommended objects per container?*, 2011.
- [2] ACROSS, PORTABILITY und HETEROGENEOUS HARDWARE: *HDFS Architecture Guide*. Seiten 1–14, 2008.
- [3] ADAM W. COUTURE, STANLEY ZAFFOS: *Cloud Storage Infrastructure-as-a-Service Providers , North America What You Need to Know*. Gartner, Seite 9, 2010.
- [4] AG, HETZNER ONLINE: *Allgemeine Geschäftsbedingungen*. 2009.
- [5] AGAM SHAH, IDG NEWS: *Consumer SSDs to Break out in 2012, Gartner Says*. 2011. [http://www.pcworld.com/businesscenter/article/227593/consumer\\_ssds\\_to\\_break\\_out\\_in\\_2012\\_gartner\\_says.html](http://www.pcworld.com/businesscenter/article/227593/consumer_ssds_to_break_out_in_2012_gartner_says.html).
- [6] AMAZON: *Amazon S3 Service Level Agreement*, 2007. <https://aws.amazon.com/de/s3-sla/>.
- [7] AMAZON: *Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)*, 2012. <https://aws.amazon.com/de/s3/>.
- [8] AMAZON: *Amazon Simple Storage Service – Häufig gestellte Fragen*, 2012. <https://aws.amazon.com/de/s3/faqs/>.
- [9] AMAZON: *Introduction to Amazon S3*, 2012. <http://docs.amazonwebservices.com/AmazonS3/latest/dev/Introduction.html>.
- [10] ANDY BREZINSKY: *OpenStack Object Storage (swift): What's the best way to backup?*, 2011. "<https://answers.launchpad.net/swift/+question/149943>".
- [11] ARNOLD, JOE: *SWIFT IN THE SMALL*. <http://joearnold.com/2011/06/27/swift-in-the-small/>.
- [12] BÄCHLE, MICHAEL und PAUL KIRCHBERG: *Ruby on Rails*. Ieee Software, 24(December):105–108, 2007.
- [13] BARR, JEFF: *Amazon S3 Price Reduction*, 2012. <http://aws.typepad.com/aws/2012/02/amazon-s3-price-reduction.html>.

- [14] BARR, JEFF: *No TitleAmazon S3 Growth for 2011 - Now 762 Billion Objects*, 2012. <http://aws.typepad.com/aws/2012/01/amazon-s3-growth-for-2011-now-762-billion-objects.html>.
- [15] BOLES, JEFF: *The growing cloud storage market*, 2011. [http://www.infostor.com/backup-and\\_recovery/cloud-storage/the-growing-cloud-storage-market.html](http://www.infostor.com/backup-and_recovery/cloud-storage/the-growing-cloud-storage-market.html).
- [16] BONWICK, JEFF: *ZFS End-to-End Data Integrity*, 2005. [https://blogs.oracle.com/bonwick/entry/zfs\\_end\\_to\\_end\\_data](https://blogs.oracle.com/bonwick/entry/zfs_end_to_end_data).
- [17] CALLAGHAN, B, D ROBINSON und R THURLOW: *RFC 3530 Network File System (NFS) version 4 Protocol*. Seiten 1–276, 2003.
- [18] CARD, REMY, THEODORE TS’O und STEPHEN TWEEDIE: *No Title*, 1993. <https://www.kernel.org/doc/Documentation/filesystems/ext2.txt>.
- [19] CASONATO, REGINA, ANDREW WHITE, MARK A BEYER, MERV ADRIAN, TED FRIEDMAN und MIKE BLECHAR: *Top 10 Technology Trends Impacting Information Infrastructure*, 2012. Gartner Inc., (December 2011), 2012.
- [20] CHEN, PETER M.: *Reliable Secondary Storage*. Computing, 26(2), 1994.
- [21] CHRISTOPHER, POELKER und NIKITIN ALEX: *Storage Area Networks For Dummies*. For Dummies, 2009.
- [22] DROPBOX: *Dropbox Terms of Service*, 2011. <https://www.dropbox.com/terms>.
- [23] EAST, JACQUELYNN, MICHAEL HIDEP-SMITH, JAROMIR HRADILEK: *Red Hat Enterprise Linux 6 Storage Administration Guide*. Red Hat Inc., 2011.
- [24] GANTZ, JOHN: *The 2011 Digital Universe Study: Extracting Value from Chaos*, 2011. <http://www.emc.com/collateral/demos/microsites/emc-digital-universe-2011/index.htm>.
- [25] GHEMAWAT, SANJAY, HOWARD GOBIOFF und SHUN-TAK LEUNG: *The Google File System*. 2003.
- [26] GROUP, DATA MOBILITY: *Parallel NFS : Finally, NFS Optimized for Clusters*. Group, Seite 8, 2010.
- [27] GUARDIAN, THE: *Winners 2011*. <http://www.guardian.co.uk/megas/winners-2011>.
- [28] GUPTA, MEETA: *Storage area network fundamentals*. Cisco Press, 2002.
- [29] HADOOP, APACHE: *Who Uses Hadoop?*, 2012. <http://wiki.apache.org/hadoop/PoweredBy>.
- [30] HELD, ANDREA: *Oracle 10g Hochverfügbarkeit*. Addison-Wesley, München, 2004.

- [31] IO, FUSION: *Maximizing Performance for Large Datasets*. <http://www.fusionio.com/platforms/iodrive-octal/>.
- [32] JAFRI, SAAD und CHRIS LEMMONS: *VMware vSphere 4 . 1 Storage Performance : Measuring FCoE , FC , iSCSI , and NFS Protocols*. Technischer Bericht, 2011.
- [33] JOHN L., HUFFERD: *iSCSI The Universal Storage Connection*. Addison-Wesley Professional, 202.
- [34] KURATTI, ANAND, WILLIAM H SANDERS und W MAIN ST: *PERFORMANCE ANALYSIS OF THE RAID 5 DISK ARRAY*. Access, 1995.
- [35] LEVINE, STEVEN: *Red Hat Enterprise Linux 5 Logical Volume Manager Administration*, Band M. Red Hat Inc., 2009.
- [36] LEVINE, STEVEN: *Red Hat Enterprise Linux 5 Global File System 2 - Revision 5.7*. Red Hat Inc., 2011.
- [37] MESNIER, MIKE, CARNEGIE MELLON und GREGORY R GANGER: *Object-Based Storage*. IEEE Communications Magazine, 41(August):84–90, 2003.
- [38] NDMP.ORG: *NDMP.org Mission Statement*. [http://www.ndmp.org/info/ndmp\\_mission.shtml](http://www.ndmp.org/info/ndmp_mission.shtml).
- [39] NDMP.ORG: *The NDMP Initiative – Overview*. <http://www.ndmp.org/info/overview.shtml>.
- [40] NIWATORI: *Ruby on Rails Architecture*, 2008. <http://vvn.net/wp/2008/09/18/ruby-on-rails-architecture/>.
- [41] OHLOH: *OpenStack Swift*, 2012. <https://www.ohloh.net/p/swift>.
- [42] O’KEEFE, MATTHEW: *Red Hat GFS vs. NFS: Improving performance and scalability*, 2005. [https://www.redhat.com/magazine/008jun05/features/gfs\\_nfs/](https://www.redhat.com/magazine/008jun05/features/gfs_nfs/).
- [43] OPENSTACK: *Participating Companies*. <http://openstack.org/community/companies/>.
- [44] OPENSTACK: *Deployment Guide*, 2011. [http://swift.openstack.org/deployment\\_guide.html](http://swift.openstack.org/deployment_guide.html).
- [45] OPENSTACK: *Large Object Support*, 2012. [http://swift.openstack.org/overview\\_large\\_objects.html](http://swift.openstack.org/overview_large_objects.html).
- [46] OPENSTACK: *Overview, Swift Architectural*, 2012. [http://swift.openstack.org/overview\\_architecture.html](http://swift.openstack.org/overview_architecture.html).
- [47] ORACLE: *Btrfs Design*. <http://oss.oracle.com/projects/btrfs/dist/documentation/btrfs-design.html>.

- [48] OSTLER, ULRIKE: *Cloud versus Patriot Act – Die Daten bleiben hier!* <http://www.searchdatacenter.de/themenbereiche/cloud/services/articles/340430>.
- [49] PANZER-STEINDEL, BERND und CERN IT: *Data integrity*. (April):1–7, 2007.
- [50] RAO, SRIRAMS: *KfsOverview*, 2011. <https://code.google.com/p/kosmosfs/wiki/KfsOverview>.
- [51] REDLER, KENNETH: *Btrfs*, 2011. <https://btrfs.wiki.kernel.org/>.
- [52] REICHARDT, THOMAS: *Mehrkriterielle Entscheidungen mit dem AHP-Verfahren*. Doktorarbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2003.
- [53] ROBERT LIPPERT, CHRISTIAN KIRSCH: *Amazon rüstet Verschlüsselung für Cloud-Speicher nach*, 2011. <http://www.heise.de/ix/meldung/Amazon-ruestet-Verschlueselung-fuer-Cloud-Speicher-nach-1355308.html>.
- [54] ROGER W. COX, PUSHAN RINNEN, STANLEY ZAFFOS, JIMMIE CHAN: *Magic Quadrant for Midrange and High-End Modular Disk Arrays What You Need to Know*, 2011.
- [55] S3FS: *s3fs*. <https://code.google.com/p/s3fs/>.
- [56] SATRAN, J., K. METH, C. SAPUNTZAKIS, M. CHADALAPAKA und E. ZEIDNER: *rfc3720*, 2004.
- [57] SCHWAN, BEN: *Eine lange Liste falscher Annahmen*. Technology Review, Februar 2008. <http://www.heise.de/tr/artikel/Eine-lange-Liste-falscher-Annahmen-274950.html>.
- [58] SEAGATE: *Barracuda XT Data Sheet*, 2011. [http://www.seagate.com/www/en-us/products/desktops/barracuda\\_xt/#TabContentSpecifications](http://www.seagate.com/www/en-us/products/desktops/barracuda_xt/#TabContentSpecifications).
- [59] SEAGATE: *Seagate Breaks Areal Density Barrier: Unveils The World's First Hard Drive Featuring 1 Terabyte Per Platter*, 2011. <http://www.seagate.com/ww/v/index.jsp?vnextoid=6fbdb5ebf32bf210VgnVCM1000001a48090aRCRD>.
- [60] SHEPLER, S, M EISLER und D NOVECK: *RFC 5661 Network File System (NFS) Version 4 Minor Version 1 Protocol*. Seiten 1–618, 2010.
- [61] SMUGMUG: *Like Fort Knox for your photos*. <http://www.smugmug.com/photos/photo-to-video-backup/>.
- [62] SNIA: *SNIA Dictionary*, 2011. [http://www.snia.org/education/dictionary/s#storage\\_area\\_network](http://www.snia.org/education/dictionary/s#storage_area_network).
- [63] STERN, MIKE EISLER; RICARDO LABIAGA; HAL: *Managing NFS and NIS, Second Edition*. O'Reilly Media, Inc., 2001.



- [64] SUNDARAM, RAJESH: *The Private Lives of Disk Drives*, 2006. [http://partners.netapp.com/go/techontap/mat1/sample/0206tot\\_resiliency.html](http://partners.netapp.com/go/techontap/mat1/sample/0206tot_resiliency.html).
- [65] SYMANTEC, IANATKIN: *Getting the hang of IOPS*, 2011. <http://www.symantec.com/connect/articles/getting-hang-iops>.
- [66] TECHNOLOGY, NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND: *Prefixes for binary multiples*, 1998. <http://physics.nist.gov/cuu/Units/binary.html>.
- [67] TECHTARGET: *Defintion: data availability*, 2001. <http://searchstorage.techtarget.com/definition/data-availability>.
- [68] WAYNER, PETER: *The year's best hardware, software, and cloud services*, 2012. <http://www.infoworld.com/t/cloud-computing/the-years-best-hardware-software-and-cloud-services-183199?page=0,1>.
- [69] WHITE, JAY und CHRIS LUETH: *RAID-DP : NetApp Implementation of Double-Parity RAID for Data Protection*, 2010.
- [70] WIKIPEDIA: *RAID*, 2006. <http://de.wikipedia.org/wiki/RAID>.

# Anhang

# A. Details zur Evaluation

## A.1. Evaluation Soll Kriterien

### A.1.1. Evaluation Soll Kriterien Szenario-1

#### A.1.1.1. Kosten

**Anschaffungskosten Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-1 AI-1/AI-5)** Bei AI-1 Hetzner entstehen Einrichtungs-Kosten für den Root Server von 499.00 € in 600,02 CHF (Kurs 13 April 2012), weitere Kosten kommen nicht hinzu. Bei Amazon S3 AI-5 entstehen keine Einrichtung bzw. Anschaffungskosten. In Vergleich zu AI-5 sind die Anschaffungskosten von AI-1 höher, sind aber in Vergleich zu den Gesamtkosten von AI-1 oder AI-5 gering, aus diesem Grund wird die AI-1 etwas bis erheblich Geringer bewertet als AI-5.

**Bewertet: 1/5**

**Unterhaltskosten Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-2 AI-1/AI-5)** Die Unterhaltskosten von Hetzner AI-1 sind mit 13'422.95 CHF in Vergleich zu den Unterhaltskosten von Amazon S3 AI-5 mit 39'10.52 CHF erheblich tiefer. Aus diesen Grund wird AI-1 sehr viel besser bewertet als AI-5.

**Bewertet: 7**

**Nachhaltigkeit Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-3 AI-1/AI-5)** Beide Alternativen sind von Dienstleister abhängig. Sowohl Hetzer als auch Amazon sind grössere Anbieter in Ihrem Marktumfeld. Bei Hetzer ist nach drei Jahren zu Prüfen ob die gemietete Hardware durch neuere günstigere und besser ausgebaute Produkte von Hetzner ersetzt werden soll. Im Marktsegment des Webspeichers ist hingegen mit weiteren Veränderungen zu Rechnen was ebenfalls eine regelmässige Überprüfung erfordert. Aus diesen Grund sind beide gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

#### A.1.1.2. Verfügbarkeit

**Redundanz Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-1 AI-1/AI-5)** Bei Hetzner AI-1 sind die Daten einfach redundant gespeichert, wobei die Redundanz durch Parität sichergestellt ist und die Daten nicht 1:1 doppelt gespeichert sind. Bei Amazon S3 sind die Daten mindestens in dreifacher Redundanz gespeichert. Die redundante Speicherung von Amazon S3 hat folgende Vorteile:

- höhere Redundanz über mehrere Medien
- bei doppeltem Ausfall, kein Datenverlust
- Keine Berechnung aus Parität notwendig

Wegen der genannten Vorteile von AI-5 ist die **Redundanz** der Aktiven Daten von AI-1 erheblich bis sehr viel geringer zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 1/6**

**Systemverfügbarkeit Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-2 AI-1/AI-5)** Bei Hetzner AI-1 sind die Daten nur auf einem System gespeichert, welche keine besonderen Massnahmen hat, um die Systemverfügbarkeit zu erhöhen. Bei Amazon S3 sind die Daten mindestens auf drei unterschiedlichen Servern verteilt, über die restlichen Massnahmen die Amazon für die System-Redundanz trifft sind nicht bekannt, es kann davon ausgegangen werden, dass das System von Amazon S3 die Verfügbarkeit des Systems Harvard Research Group AEC-4 erfüllt.

Die **Systemverfügbarkeit** von AI-1 sehr viel Geringer zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 1/8**

**Standort-übergreifend Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-3 AI-1/AI-5)** Bei Hetzner AI-1 sind die Aktiven Daten nur auf einem System am einen Standort gespeichert. Bei Amazon S3 AI-5 sind die Daten in mehreren Rechenzentren gespeichert.

Die **Standort-übergreifend** Verfügbarkeit der aktiven Daten von AI-1 sind absolut Geringer zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 1/9**

#### A.1.1.3. Datenzugriffe

**Skalierbarkeit Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-1 AI-1/AI-5)** Bei Hetzner AI-1 handelt es sich nur um einen Server welche nur von sich selber zugegriffen werden kann. Bei Amazon S3 handelt es sich um ein hochskalierbares System, welches

von Hunderttausenden von Benutzer bzw. Systeme zugegriffen wird. Nachteil dabei ist, dass durch die hohe Anzahl an Benutzer die auf Amazon S3 zugreifen, Schwankungen in der Antwort und Auslieferung der Daten durch den Tag verteilt geben kann. Die **Skalierbarkeit** ist bei Al-1 erheblich bis sehr geringer zu bewerten als bei Al-5.

**Bewertet: 1/6**

**Performance Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-2 Al-1/Al-5)** Die Performance bei Amazon S3 ist von der Internet Anbindung abhängig. Bei Hetzner gibt es diese Beschränkung nicht, da alles auf einen Server stattfindet. Somit ist die Performance bei **Hetzner** Al-1 sehr viel grosser zu bewerten als **Amazon S3** Al-5.

**Bewertet: 7**

**POSIX IO Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-3 Al-1/Al-5)** Der Zugriff bei Hetzner Al-1 erfolgt über POSIX-IO, bei Amazon S3 hingegen existiert keine offizielle POSIX-IO Schnittstelle. Aus diesen Grund ist der **POSIX IO** bei **Hetzner** Al-1 sehr viel bis absolut höher zu bewerten als bei **Amazon S3** Al-5.

**Bewertet: 8**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-4 Al-1/Al-5)** Bei Hetzner kann keinen simultaner Lesezugriff von mehreren Server auf ein Objekt erfolgen, da der Speicher nur einem System zur Verfügung steht. Bei Amazon S3 ist der Zugriff auf ein Objekt von Mehren Server-System möglich. Aus diesen Grund ist **Hetzner** Al-1 absolut schlechter zu bewerten als **Amazon S3** Al-5.

**Bewertet: 1/9**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-4 Al-1/Al-5)** Bei Hetzner kann keinen simultaner Schreibzugriff von mehreren Server auf ein Objekt erfolgen, da der Speicher nur einem System zur Verfügung steht. Bei Amazon S3 ist das Simulateschreiben auf ein Objekt von Mehrern Server möglich, es gewinnt aber nur die aktuellste Version. Beider Alternativen sind gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

#### **A.1.1.4. Speicherkapazität**

**Skalierbarkeit Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-4-1 Al-1/Al-5)** Die Speicherkapazität von Al-1 bei Hetzner ist auf maximal mit geringster Redundanz auf 38,192 TiB begrenzt. Durch die Begrenzung von ext3 können jedoch nicht die ganzen 38,192

TiB in einem einzigen Dateisystem genutzt werden, sondern müssen auf mehrere Dateisysteme aufgeteilt werden. Bei Amazon S3 Al-5 existiert eine solche Begrenzung für den Kunden nicht. Die maximale Speicherkapazität von Al-1 ist dennoch mehr als doppelt so gross wie die geforderte Speicherkapazität von Szenario-1 aus diesen Grund ist die **Skalierbarkeit** von Al-1 erheblich Geringer zu bewerten als Al-5.

**Bewertet: 1/5**

**Max Anzahl speicherbare Objekte Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-4-2 AI-1/AI-5)** Die Al-1 kann durch die Begrenzung von Dateisystem ext3 maximal 17'592'186'044'416 Objekte in einem Dateisystem Speichern. Bei Amazon S3 sind keine Informationen bekannt über eine mögliche Begrenzung eines Amazon S3 Bucket, über die Bucket grenze hinaus gibt es keine Begrenzung für den Kunden. Es werden jedoch hauptsächlich grössere Objekte gespeichert weshalb im Speicher gespeichert wo durch die Begrenzung von Alternativen Al-1 ausreichend Platz für die Speicherung von Objekten hat. Aus diesen Grund ist die **Max Anzahl speicherbare Objekte** bei Al-1 etwas schlechter zu bewerten als bei Al-5.

**Bewertet: 1/3**

**Max Objektgrösse von bis zu 2 GB Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-4-3 AI-1/AI-5)** Die Al-1 kann durch die Begrenzung von Dateisystem ext3 maximal Objekte mit einer Speicherkapazität von 2 TiB gespeichert werden. Bei Al-5 ist die Begrenzung bei 5 TB, wobei hier die Objekte maximal in 5 GB Stücke hochgeladen werden können, bei späterem Zugriff ist jedoch einen Zugriff auf das ganze Objekt möglich. Aus diesen Grund ist Al-1 etwas tiefer zu bewerten als Al-5.

**Bewertet: 1/3**

#### **A.1.1.5. Datenschutz**

**Datenintegrität Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-1 AI-1/AI-5)** Die Alternative Al-1 kann die Integrität der Daten nur auf RAID-Ebene Sicherstellen nicht aber auf Objekte. Amazon S3 Al-5 stellt mittels Hash Prüfsumme die Integrität beim Übermitteln und im Speicher sicher. Aus diesen Grund ist die **Datenintegrität** von Al-1 sehr viel tiefer zu bewerten als Al-5.

**Bewertet: 1/7**

**Selbstheilung von Objekten Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-2 AI-1/AI-5)** Die Alternative Al-1 bietet keine Selbstheilung von Objekten. Amazon S3 Al-5 prüft regelmässig alle gespeicherten Kopien eines Objekte auf deren Integrität auf Ihren

Server. Wird festgestellt, dass eingespeicherte Kopie eines Objekts nicht mehr Integer ist, wird es für den Zugriff gesperrt und von einer intakten Kopie wiederhergestellt. Aus diesen Grund ist die **Datenintegrität** von Al-1 sehr viel bis absolut tiefer zu bewerten als Al-5.

**Bewertet: 1/8**

**Datensicherung Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-3 Al-1/Al-5)** Die Alternative Al-1 kann über RSYNC gesichert werden oder auf einem kostenpflichtigen Sicherungsspeicherplatz von Hetzner. Bei Amazon S3 gibt es keine integrierte Sicherungsmöglichkeit, da Daten werden jedoch dreifach redundant gehalten. Eine Sicherung der Daten ausserhalb Amazon S3 wären mit hohen Kosten für den Datentransfer verbunden. Aus diesen Grund ist die **Datenintegrität** von Al-1 erheblich bis viel besser zu bewerten als Al-5.

**Bewertet: 6**

**Datensicherheit Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-4 Al-1/Al-5)** Die Haltung der Daten auf einen Server, welche selber betreut, wie es bei Al-1 der Fall ist, kann man höheren Einfluss nehmen auf die Sicherheit. Die Sicherheit ist jedoch nur so gut, wie man selber erfahren ist in die sichere Konfiguration des Servers. Vor den physischen Zugriff auf die Daten lassen sich diese durch eine Festplattenverschlüsselung schützen. Auf dem Server selber lassen sich durch eine Berechtigungsverwaltung den Zugriff von anderem Benutzer schützen. Bei Amazon S3 ist man auf die Vertrauenswürdigkeit des Anbieters angewiesen. Zwar ermöglicht es Amazon die Daten ebenfalls zu Verschlüsseln der Hauptschlüssel bleibt jedoch bei Amazon. Zudem handelt sich bei Amazon um ein US-amerikanisches Unternehmen das den Patriot Act unterstellt ist. Aus diesen Grund ist die **Datensicherheit** viel besser zu bewerten bei Al-1 als bei Al-5.

**Bewertet: 7**

#### **A.1.1.6. Technologie**

**Marktverbreitung / Marktchancen Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-1 Al-1/Al-5)** Die Alternative Al-1 kann die Integrität der Daten nur auf RAID-Ebene sicherstellen nicht aber auf Objekte. Amazon S3 Al-5 stellt mittels Hash Prüfsumme die Integrität beim Übermitteln und im Speicher sicher. Aus diesen Grund ist die **Datenintegrität** von Al-1 sehr viel tiefer zu bewerten als Al-5.

**Bewertet: 1/7**

**Weiterentwicklung Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-2 AI-1/AI-5)** Die Technologie von AI-1 ist eine ausgereifte viel verwendete Technologie, an der Basis Technologie hat sich in den letzten fünf oder mehr Jahren nichts geändert. Die Technologie von AI-5 ist dagegen im Verhältnis zur AI-1 noch eine junge Technologie, die trotzdem ihre stark zunehmende Verbreitung noch am Anfang ihrer potenzielle Entwicklung steht. Die Weiterentwicklungsmöglichkeiten sind bei AI-5 sehr viel höher zu Gewichten als bei AI-1.

**Bewertet: 1/7**

**Verfügbarkeit von Experten Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-3 AI-1/AI-5)** Die Technologie von AI-1 ist eine ausgereifte viel verwendete Technologie, an der Basis Technologie hat sich in den letzten fünf oder mehr Jahren nichts geändert. Die Technologie von AI-5 ist dagegen im Verhältnis zur AI-1 noch eine junge Technologie, die trotzdem ihre stark zunehmende Verbreitung noch am Anfang ihrer potenzielle Entwicklung steht. Die Weiterentwicklungsmöglichkeiten sind bei AI-5 sehr viel höher zu Gewichten als bei AI-1.

**Bewertet: 1/7**

**Verfügbarkeit von Experten Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-3 AI-1/AI-5)** Die Verfügbarkeit von Experten welche sich mit AI-1 auskennen ist sehr viel grosser als bei AI-5.

**Bewertet: 8**

**Verfügbarkeit von Experten Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-3 AI-1/AI-5)** Der Verwaltungsaufwand ist durch den Bezug der Speicherkapazität bei Amazon S3 AI-5 sehr viel geringer als bei Hetzner AI-1. Für die wenigen Aufgaben, die für die Verwaltung notwendig sind, stellt Amazon zudem ein übersichtliches Webinterface zur Verfügung. Aus diesen Grund ist der Verwaltungskomfort bei AI-1 erheblich geringer zu bewerten als bei AI-5.

**Bewertet: 1/5**

**Verfügbarkeit von Experten Hetzner verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-3 AI-1/AI-5)** Durch das lange Bestehen der Technologie von AI-1 ist die Technologie als ausgereifter zu Betrachten als bei AI-5.

**Bewertet: 3**



## A.1.2. Evaluation Soll Kriterien Szenario-2

### A.1.2.1. Kosten

**Anschaffungskosten NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-1-1 AI-2/AI-3)** Die Anschaffungskosten für NetApp NFS und NetApp iSCSI sind gleich hoch, dass es sich um dieselbe Speicher-Infrastruktur handelt.

**Bewertet: 1**

**Anschaffungskosten NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-1-1 AI-2/AI-4)** Die Anschaffungskosten mit 550'152.44 CHF sind bei NetApp NFS mehr als doppelt so hoch wie bei OpenStack Object Storage, welche 203'477.00 CHF betragen. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 erheblich bis sehr viel geringer zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/6**

**Anschaffungskosten NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-1 AI-2/AI-5)** Die Anschaffungskosten mit 550'152.44 CHF sind NetApp NFS im Vergleich zu Amazon S3 wo keine Anschaffungskosten anfallen, sehr viel höher. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 absolut geringer zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 1/9**

**Anschaffungskosten NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-1-1 AI-3/AI-4)** Die Anschaffungskosten mit 550'152.44 CHF sind bei NetApp iSCSI mehr als doppelt so hoch wie bei OpenStack Object Storage, welche 203'477.00 CHF betragen. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 erheblich bis sehr viel geringer zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/6**

**Anschaffungskosten NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-1 AI-3/AI-5)** Die Anschaffungskosten mit 550'152.44 CHF sind bei NetApp iSCSI im Vergleich zu Amazon S3 wo keine Anschaffungskosten anfallen, sehr viel höher. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 absolut geringer zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/9**

**Anschaffungskosten OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-1 AI-4/AI-5)** Die Anschaffungskosten für Openstack Object Storage AI-4 von 203'477.00 CHF sind in Vergleich zu Amazon S3 AI-5 erheblich viel höher. Aus diesen Grund ist AI-4 sehr viel tiefer zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 1/7**

**Unterhaltskosten NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-1-2 AI-2/AI-3)** Die Unterhaltskosten sind bei NetApp NFS und NetApp iSCSI gleich hoch. Aus diesen Grund sind beide gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Unterhaltskosten NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-1-2 AI-2/AI-4)** Die Unterhaltskosten sind bei NetApp NFS mit 334'620.00 CHF im Vergleich zu den Unterhaltskosten von OpenStack Object Storage mit 710'288.00 CHF auf drei Jahre gerechnet erheblich günstiger. Grund dafür sind die höheren Personal-kosten die bei NetApp wesentlich geringer sind als bei OpenStack Object Storage sind. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 sehr viel bis absolut besser zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 8**

**Unterhaltskosten NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-2 AI-2/AI-5)** Die Unterhaltskosten für drei Jahre sind mit 334'620.00 CHF in Vergleich zu Amazon S3 mit 450'637.17 CHF um mehr als 100'000 CHF günstiger. Grund dafür ist, dass bei Amazon S3 alle Kosten als Unterhaltskosten anfallen. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 etwas besser zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 3**

**Unterhaltskosten NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-1-2 AI-3/AI-4)** Die Unterhaltskosten sind bei NetApp iSCSI mit 334'620.00 CHF im Vergleich zu den Unterhaltskosten von OpenStack Object Storage mit 710'288.00 CHF auf drei Jahre gerechnet erheblich günstiger. Grund dafür sind die höheren Personal-kosten die bei NetApp wesentlich geringer sind als bei OpenStack Object Storage sind. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 sehr viel bis absolut besser zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 8**

**Unterhaltskosten NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-2 AI-3/AI-5)**

Die Unterhaltskosten für drei Jahre sind mit 334'620.00 CHF in Vergleich zu Amazon S3 mit 450'637.17 CHF um mehr als 100'000 CHF günstiger. Grund dafür ist, dass bei Amazon S3 alle Kosten als Unterhaltskosten anfallen. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** etwas besser zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 3**

**Unterhaltskosten OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-2 AI-4/AI-5)**

Die Unterhaltskosten auf 3 Jahre gerechnet sind mit 710'288.00 CHF in von OpenStack Object Storage AI-4 Vergleich zu Amazon S3 AI-5 mit 450'637.17 CHF um mehr als 250'000 CHF teurer. Diese hat vor allen mit den hohen Personalkosten zu tun, die alleine für die drei Jahre 540'000 CHF betragen. Aus diesen Grund sind die **Unterhaltskosten** bei AI-4 erheblich tiefer zu bewerten als bei AI-5

**Bewertet: 1/5**

**Nachhaltigkeit NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-1-3 AI-2/AI-3)** Die Langlebigkeit ist bei beiden Alternativen gleich einzustufen.

**Bewertet: 1**

**Nachhaltigkeit NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-1-3 AI-2/AI-4)**

Bei der gewählten NetApp NFS Konfiguration handelt sich um eine maximal ausgebaut Variante des Modells. Eine Erweiterung des Modells ist aus diesem Grund nicht. Zudem steigen die Wartungsverträge bei Speicherprodukten mit den Betrieb Jahren zum Teil stark an. Bei OpenStack Object Storage ist die Erweiterung durch weitere Server Systeme jederzeit möglich. Zudem ist man nicht von einen einzigen Hardware Lieferanten und dessen Dienstleitung und Wartungsverträge abhängig. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** erheblich geringer zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 1/5**

**Nachhaltigkeit NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-3 AI-2/AI-5)**

Im Vergleich zur NetApp NFS wird der Speicher bei Amazon S3 als Dienstleitung bezogen. Deshalb gibt es keinen verschleiss der Hardware, noch existiert eine Begrenzung der maximalen Speicherkapazität oder die Kosten für den notwendigen Support erhöht sich derart, dass ein Ersatz die bessere Alternative ist. Aus diesen Grund ist die Langlebigkeit bei **NetApp NFS AI-2** sehr viel geringer zu Bewerten als bei **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 1/7**

**Nachhaltigkeit NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-1-3 AI-3/AI-4)** Bei der gewählten NetApp iSCSI Konfiguration handelt sich um eine maximal ausgebaute Variante des Modells. Eine Erweiterung des Modells ist aus diesem Grund nicht. Zudem steigen die Wartungsverträge bei Speicherprodukten mit den Betrieb Jahren zum Teil stark an. Bei OpenStack Object Storage ist die Erweiterung durch weitere Server Systeme jederzeit möglich. Zudem ist man nicht von einen einzigen Hardware Lieferanten und dessen Dienstleitung und Wartungsverträge abhängig. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** erheblich geringer zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 1/5**

**Nachhaltigkeit NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-3 AI-3/AI-5)** Im Vergleich zur NetApp iSCSI wird der Speicher bei Amazon S3 als Dienstleitung bezogen. Deshalb gibt es keinen verschleiss der Hardware, noch existiert eine Begrenzung der maximalen Speicherkapazität oder die Kosten für den notwendigen Support erhöht sich derart, dass ein Ersatz die bessere Alternative ist. Aus diesen Grund ist die Langlebigkeit bei **NetApp iSCSI AI-3** sehr viel geringer zu Bewerten als bei **Amazon S3 AI-5**

**Bewertet: 1/7**

**Nachhaltigkeit OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-1-3 AI-4/AI-5)** Dadurch, dass es sich bei Amazon S3 AI-5 um eine Dienstleitung handelt, muss sich der Kunde nicht um die Erneuerung der Speicherinfrastruktur kümmern. Es ist auch nicht absehbar, dass diese Dienstleistung in den nächsten 5 oder mehr Jahre von Markt verschwinden wird. Bei der Alternative OpenStack Object Storage AI-5 müssen mit den Jahren gewisse Komponenten, welche nicht mehr den aktuellen Anforderungen entsprechen oder Gebraucherserscheinungen, wie diese bei Festplatten der Fall sein kann, aufweisen ersetzt werden. Aus diesen Grund ist die **Nachhaltigkeit** erheblich tiefer zu bewerten als bei AI-5

**Bewertet: 1/5**

#### **A.1.2.2. Verfügbarkeit**

**Redundanz NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-2-1 AI-2/AI-3)** NetApp NFS und NetApp iSCSI haben die Redundanz über zwei Stufen gelöst. In der ersten Stufe unterscheiden sich die beiden Alternativen nicht. Die erste Stufe wird mit RAID innerhalb der NetApp gelöst, in welcher zwei Festplatten ausfallen können, ohne einen Datenverlust erleiden zu müssen. In der zweiten Stufe unterscheiden sich die Alternativen, bei NetApp NFS wird die Redundanz zwischen zwei identischen NetApp Cluster mit SnapMirror durch die NetApp selber gelöst. Bei NetApp iSCSI wird die

Redundanz zwischen zwei identischen NetApp Cluster über den Volume Manager des Applikations-Servers gelöst. Beide Alternativen weisen jedoch dieselbe Redundanz auf. Aus diesen Grund sind beide gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Redundanz NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-2-1 AI-2/AI-4)** Bei der Alternative NetApp NFS wird die Redundanz in zwei Stufen gelöst. Die erste Redundanz wird mit RAID gelöst die zweite Redundanz mit SnapMirror auf einem identischen NetApp-Cluster mit ebenfalls RAID Schutz. Bei OpenStack Object Storage werden die Objekte auf drei Cluster Nodes verteilt. Im Vergleich zu OpenStack Object Storage können bei NetApp mehr Datenträger ausfallen als bei OpenStack Object Storage. Die Ausfall Wahrscheinlichkeit ist bei beiden Alternativen aber ausreichend gering, zudem wäre eine Erhöhung der Redundanz bei OpenStack Object Storage möglich. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** etwas besser zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 3**

**Redundanz NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-1 AI-2/AI-5)** Bei der Alternative NetApp NFS wird die Redundanz in zwei Stufen gelöst. Die erste Redundanz wird mit RAID gelöst die zweite Redundanz mit SnapMirror auf einem identischen NetApp-Cluster mit ebenfalls RAID Schutz. Bei Amazon S3 werden die Objekte auf drei Cluster-Nodes verteilt. Im Vergleich zu Amazon S3 können bei NetApp mehr Datenträger ausfallen als bei Amazon S3. Die Ausfall Wahrscheinlichkeit ist bei beiden Alternativen aber ausreichend gering. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** etwas besser zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 3**

**Redundanz NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-2-1 AI-3/AI-4)** Bei der Alternative NetApp iSCSI wird die Redundanz in zwei Stufen gelöst. Die erste Redundanz wird mit RAID gelöst die zweite Redundanz mit der Spiegelungsfunktion des Volume Managers auf eine identischen NetApp Cluster mit ebenfalls RAID Schutz. Bei OpenStack Object Storage werden die Objekte auf drei Cluster-Nodes verteilt. Im Vergleich zu OpenStack Objekt Storage können bei NetApp mehr Datenträger ausfallen als bei OpenStack Object Storage. Die Ausfall Wahrscheinlichkeit ist bei beiden Alternativen aber ausreichend gering, zudem wäre eine Erhöhung der Redundanz bei OpenStack Object Storage möglich. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** etwas besser zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 3**

**Redundanz NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-1 AI-3/AI-5)** Bei der Alternative NetApp NFS wird die Redundanz in zwei Stufen gelöst. Die erste Redundanz wird mit RAID gelöst die zweite Redundanz mit der Spiegelungsfunktion des Volume Managers auf eine identischen NetApp Cluster mit ebenfalls RAID Schutz. Bei Amazon S3 werden die Objekte auf drei Cluster-Nodes verteilt. Im Vergleich zu Amazon S3 können bei NetApp mehr Datenträger ausfallen als bei Amazon S3. Die Ausfall Wahrscheinlichkeit ist bei beiden Alternativen aber ausreichend gering. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** etwas besser zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 3**

**Redundanz OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-1 AI-4/AI-5)** Beide Alternativen, OpenStack Object Storage AI-4 und Amazon S3 AI-5, Speichern die Daten in dreifacher Redundanz. Sie sind deshalb gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Systemverfügbarkeit NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-2-2 AI-2/AI-3)** Beider Alternativen NetApp NFS und NetApp iSCSI sind mit zwei NetApp Cluster, welche beide Cluster jeweils alle Komponenten redundant ausgelegt sind. Der Unterschied liegt bei den Alternativen ist der Spiegelung der Daten von einem NetApp Cluster zum anderen. Während diese bei NFS durch die NetApp selber erfolgt wird diese bei iSCSI durch den Volume Manager des Servers gelöst. Vorteil von der Lösung von iSCSI ist, dass bei einem Ausfall des eines NetApp-Clusters keinen Unterbruch gibt, während bei NFS eine manuelle Umschaltung der NFS Freigaben auf den zweiten NetApp Cluster erfordert muss. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** erheblich schlechter zu bewerten als **NetApp iSCSI AI-3**

**Bewertet: 1/5**

**Systemverfügbarkeit NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-2-2 AI-2/AI-4)** OpenStack Object Storage ist so ausgelegt, dass alle Dienste und Daten mehrfach auf mehrere Serversysteme verteilt werden können. Bei NetApp NFS sind alle Komponenten redundant ausgelegt. Fällt jedoch der Primäre NetApp Cluster aus muss auf den Hot-Standby-Cluster manuelle umgeschaltet werden, indem die NFS Freigaben auf den Applikations-Server auf den zweiten NetApp Cluster zeigen. Bei OpenStack Object Storage ist dagegen kein manueller Eingriff erforderlich. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** erheblich bis viel schlechter zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 1/6**

### **Systemverfügbarkeit NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-2 AI-2/AI-5)**

Amazon S3 wird so ausgelegt sein, dass alle Dienste und Daten mehrfach auf mehrere Serversysteme verteilt sind. Bei NetApp NFS sind alle Komponenten redundant ausgelegt. Fällt jedoch der Primäre NetApp Cluster aus muss auf den Hot Standby Cluster manuelle umgeschaltet werden, indem die NFS Freigaben auf den Applikations-Server auf den zweiten NetApp Cluster zeigen. Bei Amazon S3 ist dagegen kein manueller Eingriff erforderlich. Die Nachteile bei Amazon S3 sind hingegen, die Abhängigkeit von der Internetverbindung. Ist die Internetverbindung nicht verfügbar oder zu stark ausgelastet, kann die Systemverfügbarkeit leiden.

Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 etwas schlechter zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 1/3**

### **Systemverfügbarkeit NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-2-2 AI-3/AI-4)**

OpenStack Object Storage ist so ausgelegt, dass alle Dienste und Daten mehrfach auf mehrere Serversysteme verteilt werden können. Bei NetApp iSCSI sind alle Komponenten redundant ausgelegt. Durch die dreifache Isolierung der Daten und Dienste bei OpenStack Object Storage ist **NetApp iSCSI** AI-3 etwas geringer zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/3**

### **Systemverfügbarkeit NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-2 AI-3/AI-5)**

Amazon S3 wird so ausgelegt sein, dass alle Dienste und Daten mehrfach auf mehrere Server-Systeme verteilt sind. Bei NetApp iSCSI sind alle Komponenten redundant ausgelegt. Die Nachteile bei Amazon S3 sind hingegen, die Abhängigkeit von der Internet Verbindung. Ist die Internetverbindung nicht verfügbar oder zu stark ausgelastet, kann die Systemverfügbarkeit leiden. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 besser zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 3**

### **Systemverfügbarkeit OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-2 AI-4/AI-5)**

Beide Alternativen sind von der Architektur und System Verfügbarkeit gleich ausgelegt. Durch den möglichen Betrieb von Applikations-Server und Speicherlösung in derselben Infrastruktur kann die Ausfallsicherheit zwischen Applikations-Server und Speicherlösung redundanter gestaltet werden. Aus diesen Grund ist **OpenStack Object Storage** AI-4 erheblich bis sehr viel besser zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 7**

**Standort-übergreifend NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-2-3 AI-2/AI-3)** Beide Alternativen sind Standort übergreifend bei NetApp NFS erfolgt jedoch keinen Automatischen Umschaltung bei einem Ausfall eines Standorts. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** sehr viel schlechter zu bewerten als **NetApp iSCSI AI-3**.

**Bewertet: 1/7**

**Standort-übergreifend NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-2-3 AI-2/AI-4)** Beide Alternativen sind Standort übergreifend bei NetApp NFS erfolgt jedoch keinen Automatischen Umschaltung bei einem Ausfall eines Standorts. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** sehr viel schlechter zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 1/7**

**Standort-übergreifend NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-3 AI-2/AI-5)** Beide Alternativen stellen die Verfügbarkeit der Daten über mindestens zwei Standorte zur Verfügung, bei NetApp NFS erfolgt jedoch keinen Automatischen Umschaltung bei einem Ausfall eines Standorts. Die genaue Standort übergreifende Architektur ist jedoch nicht bekannt. Mangels automatischer Umschaltung ist **NetApp NFS AI-2** erheblich bis sehr viel schlechter zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 1/5**

**Standort-übergreifend NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-2-3 AI-3/AI-4)** Beide Alternativen stellen die Verfügbarkeit der Daten über mindestens zwei Standorte und verfügen über eine automatische Umschaltung. Aus diesen Grund sind beide gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Standort-übergreifend NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-3 AI-3/AI-5)** Beide Alternativen stellen die Verfügbarkeit der Daten über mindestens zwei Standorte zur Verfügung. Die genaue Standort übergreifende Architektur ist jedoch nicht bekannt. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** etwas besser zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 2**

**Standort-übergreifend OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-2-3 AI-4/AI-5)** Beide Alternativen stellen die Verfügbarkeit der Daten über mindestens



zwei Standorte zur Verfügung. Die genaue Standort übergreifende Architektur ist jedoch nicht bekannt. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** Al-3 etwas besser zu bewerten als **Amazon S3** Al-5.

**Bewertet: 2**

### **A.1.2.3. Datenzugriff**

**Skalierbarkeit NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-3-1 AI-2/AI-3)** Gemäss Red Hat Skaliert iSCSI zusammen mit GFS beim Zugriff von Mehren Server besser als NFS. Einen direkten Vergleich auf NetApp hat dabei nicht stattgefunden. [42]

Aus diesen Grund ist die Skalierbarkeit von NetApp NFS **NetApp NFS** in Vergleich zu **NetApp iSCSI** etwas bis erheblich tiefer zu bewerten.

**Bewertet: 1/4**

**Skalierbarkeit NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-1 AI-2/AI-4)** Bei NetApp NFS Al-2 ist der Datenzugriff mittels NFS stark optimiert, es kann davon ausgegangen werden, dass NetApp besser skaliert als eine gewöhnliche NAS Lösung. NFS wurde jedoch nicht für hoch skalierte Lösung entwickelt. Reicht eine NetApp NFS nicht aus für die Bewältigung der Datenzugriffe kann diese nicht durch eine weitere NetApp erweitert werden. Bei OpenStack Object Storage Al-5 handelt sich eine Lösung, welche in Hinblick auf die Skalierung entwickelt wurde. Durch Erweiterung von Daten-Proxy Servern und Daten-Server kann die Speicherlösung skaliert werden. So werden die Datenzugriffe auf mehr Server verteilt. Wie höher die Anzahl der Datenzugriffe sind, desto besser sollten die Skalierung von OpenStack Object Storage in Vergleich zur NetApp sein. Aus diesen Grund ist Al-2 sehr viel tiefer zu bewerten als Al-4.

**Bewertet: 1/7**

**Skalierbarkeit NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-1 AI-2/AI-5)** Bei der direkten Auslieferung der Bilddaten von Speichersystem zum Client, was bei Amazon S3 möglich ist, ist die Skalierung erheblich besser als bei NetApp NFS wo alle Bilddaten von Speichersystem über die Applikations-Server erfolgen muss.

Nachteil von Amazon S3 ist jedoch, dass der Speicher über eine Internetverbindung bereitgestellt wird und nicht über Ethernet, welche die schlechtere Bandbreite besitzt. Dieser Nachteil kommt jedoch nur bei der Bearbeitung der Bilder für den Druck zum Tragen, wo die Bilder von Speicher auf den Applikations-Server übertragen werden müssen. Bei der Auslieferung der Bilder an den Endanwender kann der Zugriff hänge-

gen direkt auf den Speicher erfolgen und entlastet somit die Internet Verbindung des Applikations-Servers.

Aus diesen Grund ist die Skalierung von NetApp NFS A1-2 gleich bis etwas höher zu Gewichten als A1-5.

**Bewertet: 2**

**Skalierbarkeit NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-1 A1-3/A1-4)** Bei NetApp iSCSI A1-3 ist der Datenzugriff mittels iSCSI optimiert, es kann davon ausgegangen werden, dass NetApp besser Skaliert als eine gewöhnliche iSCSI Lösung. Bei OpenStack Object Storage A1-5 handelt sich eine Lösung, welche in Hinblick auf die Skalierung entwickelt wurde. Durch Erweiterung von Daten-Proxy Servern und Daten-Server kann die Speicherlösung skaliert werden. So werden die Datenzugriffe auf mehr Server verteilt. Wie höher die Anzahl der Datenzugriffe sind, desto besser sollten die Skalierung von OpenStack Object Storage in Vergleich zur NetApp sein. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** A1-3 erheblich tiefer zu bewerten als **OpenStack Object Storage** A1-4.

**Bewertet: 1/5**

**Skalierbarkeit NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-1 A1-3/A1-5)** Bei der direkten Auslieferung der Bilddaten von Speichersystem zum Client, was bei Amazon S3 möglich ist, ist die Skalierung erheblich besser als bei NetApp iSCSI wo alle Bilddaten von Speichersystem über die Applikations-Server erfolgen muss.

Nachteil von Amazon S3 ist jedoch, dass der Speicher über eine Internetverbindung bereitgestellt wird und nicht über Ethernet, welche die schlechtere Bandbreite besitzt. Dieser Nachteil kommt jedoch nur bei der Bearbeitung der Bilder für den Druck zum Tragen, wo die Bilder von Speicher auf den Applikations-Server übertragen werden müssen. Bei der Auslieferung der Bilder an den Endanwender kann der Zugriff hingegen direkt auf den Speicher erfolgen und entlastet somit die Internet Verbindung des Applikations-Servers.

Aus diesen Grund ist die Skalierung von **NetApp iSCSI** A1-3 erheblich höher zu Gewichten als **Amazon S3** A1-5.

**Bewertet: 5**

**Skalierbarkeit OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-1 A1-4/A1-5)** Die Alternative OpenStack Object Storage A1-4 kann durch den Ausbau der Daten-Proxy-Server und Daten-Server im Datenzugriff skalieren. Bei Amazon S3 ist der

Dienstleister für die Skalierung verantwortlich von der Architektur her sollte Amazon S3 gleich skalierbar sein wie OpenStack Object Storage.

Nachteil von Amazon S3 ist jedoch, dass der Speicher über eine Internetverbindung bereitgestellt wird und nicht über Ethernet, welche die schlechtere Bandbreite besitzt. Dieser Nachteil kommt jedoch nur bei der Bearbeitung der Bilder für den Druck zum Tragen, wo die Bilder von Speicher auf den Applikations-Server übertragen werden müssen. Bei der Auslieferung der Bilder an den Endanwender kann der Zugriff hingegen direkt auf den Speicher erfolgen und entlastet somit die Internet Verbindung des Applikations-Servers. Deshalb ist **OpenStack Object Storage** AI-4 sehr viel besser zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-5

**Bewertet: 7**

**Performance NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-3-2 AI-2/AI-3)** Die Studie von NetApp wie die **Abbildung 8.3** aus **Absatz 8.1.2.2** zeigt, unterscheidet sich die Performance der beiden Protokolle NFS und iSCSI im 1Gb und 10Gb mit einer NetApp Speichersystem kaum. Aus diesen Grund sind AI-2 und AI-3 gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Performance NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-2 AI-2/AI-4)** Die reine Übertragung Performance von Netapp NFS AI-2 wird bei wenig Server zugreifen in Vergleich zu OpenStack Object Storage AI-5 besser sein. Aus diesen Grund ist AI-2 erheblich besser zu bewerten als AI-4.

**Bewertet: 5**

**Performance NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-2 AI-2/AI-5)** Die reine Übertragung Performance von Netapp NFS AI-2 sehr viel besser als bei Amazon S3 AI-5, da die Übertragung im selben Netzwerk stattfindet. Aus diesen Grund ist AI-2 sehr viel besser bis absolut besser zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 8**

**Performance NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-2 AI-3/AI-4)** Die reine Übertragung Performance von Netapp iSCSI AI-3 wird bei wenig Server zugreifen in Vergleich zu OpenStack Object Storage AI-5 besser sein. Aus diesen Grund ist AI-3 erheblich besser zu bewerten als AI-4.

**Bewertet: 5**

**Performance NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-2 AI-3/AI-5)** Die reine Übertragung Performance von Netapp iSCSI AI-3 sehr viel besser als bei Amazon S3 AI-5, da die Übertragung im selben Netzwerk stattfindet. Aus diesen Grund ist AI-3 sehr viel besser bis absolut besser zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 8**

**Performance OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-2 AI-4/AI-5)** Dadurch, dass bei OpenStack Object Storage AI-4 die Speicherinfrastruktur und die Applikations-Server (Web-Server) im selben Netzwerk betrieben werden können und die Speicherinfrastruktur nicht mit anderen Kunden geteilt werden muss, ist bei AI-4 mit einer besseren und konstanteren Performance zu rechnen als bei Amazon S3 AI-5. Bei Amazon S3 muss die Kommunikation und der Datenaustausch zwischen Applikations-Server und Speichersystem über die Internet Verbindung erfolgen. Aus diesen Grund ist die Alternative AI-4 etwas, bis viel besser zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 6**

**POSIX IO NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-3-3 AI-2/AI-3)** Die Alternative NetApp iSCSI **NetApp iSCSI** hat dem Cluster Dateisystem GFS volle POSIX Unterstützung. Die Alternative NetApp NFS **NetApp NFS** hat aufgrund NFS eine teilweise POSIX Unterstützung. Aus Performance Gründen wird jedoch nicht alle POSIX Funktionen unterstützt, so ist zum Beispiel bei NFS nicht garantiert, dass wenn ein Prozess in eine Datei schreibt, dass ein weiterer Prozess welche die selbe Datei liest die Änderung sieht. [42]

Aus diesen Grund ist die **POSIX IO** bei Alternative erheblich **NetApp NFS** geringer zu bewerten als bei **NetApp iSCSI**.

**Bewertet: 1/5**

**POSIX IO NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-3 AI-2/AI-4)** OpenStack Object Storage AI-4 unterstützt in Vergleich zu NetApp NFS AI-2 keine POSIX-IO. NetApp NFS unterstützt jedoch nicht die volle POSIX IO. Deshalb ist AI-2 erheblich besser zu bewerten als AI-4.

**Bewertet: 5**

**POSIX IO NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-3 AI-2/AI-5)** Amazon S3 AI-5 unterstützt in Vergleich zu NetApp NFS AI-2 keine POSIX IO. NetApp NFS unterstützt jedoch nicht die volle POSIX-IO. Deshalb ist AI-2 erheblich besser zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 5**

**POSIX IO NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-3 AI-3/AI-4)** OpenStack Object Storage AI-4 unterstützt in Vergleich zu NetApp iSCSI AI-3 keine oder teilweise Unterstützung POSIX-IO. Deshalb ist AI-3 absolut besser zu bewerten als AI-4.

**Bewertet: 9**

**POSIX IO NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-3 AI-3/AI-5)** Amazon S3 AI-5 unterstützt in Vergleich zu NetApp iSCSI AI-2 keine oder teilweise Unterstützung POSIX-IO. Deshalb ist AI-3 absolut besser zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 9**

**POSIX IO OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-3 AI-4/AI-5)** Beide Alternativen OpenStack Object Storage AI-4 und Amazon S3 AI-5 bieten kein POSIX-IO an. Aus diesen Grund sind beide gleich zu Werten.

**Bewertet: 1**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-3-4 AI-2/AI-3)** Beide Alternativen NetApp NFS NetApp NFS und NetApp iSCSI NetApp iSCSI ermöglichen es, dass die Objekte von mehreren Systemen simultan gelesen werden können. Aus diesen Grund sind beide gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-4 AI-2/AI-4)** Beide Alternativen NetApp NFS AI-2 und OpenStack Object Storage AI-4 unterstützen den simultanen Lesezugriff auf Objekte. Aus diesen Grund sind beide gleich zu Werten.

**Bewertet: 1**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-4 AI-2/AI-5)** Beide Alternativen NetApp NFS AI-2 und Amazon S3 AI-5 unterstützen den simultanen Lesezugriff auf Objekte. Aus diesen Grund sind beide gleich zu Werten.

**Bewertet: 1**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-4 AI-3/AI-4)** Beide Alternativen NetApp iSCSI AI-3 (abhängig von Dateisystem und Volume Manager) und OpenStack Object Storage AI-4 unterstützen den simultanen Lesezugriff auf Objekte. Aus diesen Grund sind beide gleich zu Werten.

**Bewertet: 1**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-4 AI-3/AI-5)** Beide Alternativen NetApp iSCSI AI-3 (abhängig von Dateisystem und Volume Manager) und Amazon S3 AI-5 unterstützen den simultane Lese Zugriff auf Objekte. Aus diesen Grund sind beide gleich zu Werten.

**Bewertet: 1**

**Simultaner Lesezugriff auf Objekte OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-4 AI-4/AI-5)** Beide Alternativen OpenStack Object Storage AI-4 und Amazon S3 AI-5 unterstützen den simultane Lese Zugriff auf Objekte. Aus diesen Grund sind beide gleich zu Werten.

**Bewertet: 1**

**Simultaner Schreibzugriff auf Objekte NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-3-5 AI-2/AI-3)** Beide Alternativen verhindern das gleichzeitige Schreiben auf eine Datei mit einem Locking verfahren. Dadurch wird sichergestellt, dass Dateien Konsistenz bleiben. Bei NFS bis Version 3 wird das Locking von NFS Client gehalten und beim nicht mehr gebrauch dem Server mitgeteilt, dass die Datei wieder zugänglich ist. Stürzt der Client während er das Locking hält ab, kann er dem Server die Freigabe der Datei nicht mitteilen und die Datei bleibt gesperrt. Diese Schwäche der Sperrung der Dateien ist bei NetApp iSCSI mit GFS nicht vorhanden. Aus diesen Grund ist der simultane Schreibzugriff bei **NetApp NFS AI-2** erheblich tiefer zu bewerten als bei **NetApp iSCSI AI-3**.

**Bewertet: 1/3**

**Simultaner Schreibzugriff auf Objekte NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-5 AI-2/AI-4)** OpenStack Object Storage AI-4 kann kein Sperrverfahren um das gleichzeitige Schreiben auf ein Objekt zu verhindern. Schreiben zwei Server gleichzeitig auf ein Objekt gewinnt die neuere Version der Änderung die andere geht verloren. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** erheblich besser zu Gewichten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 5**

**Simultaner Schreibzugriff auf Objekte NetApp NFS verglichen mit Amazon S3**

**(Soll-3-5 AI-2/AI-5)** Amazon S3 AI-5 kann kein Sperrverfahren um das gleichzeitige Schreiben auf ein Objekt zu verhindern. Schreiben zwei Server gleichzeitig auf ein Objekt gewinnt die neuere Version der Änderung die andere geht verloren. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 erheblich besser zu Gewichten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 5**

**Simultaner Schreibzugriff auf Objekte NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-3-5 AI-3/AI-4)**

OpenStack Object Storage AI-4 kann kein Sperrverfahren um das gleichzeitige Schreiben auf ein Objekt zu verhindern. Schreiben zwei Server gleichzeitig auf ein Objekt gewinnt die neuere Version der Änderung die andere geht verloren. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 sehr viel besser zu Gewichten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 7**

**Simultaner Schreibzugriff auf Objekte NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3**

**(Soll-3-5 AI-3/AI-5)** Amazon S3 AI-5 kann kein Sperrverfahren um das gleichzeitige Schreiben auf ein Objekt zu verhindern. Schreiben zwei Server gleichzeitig auf ein Objekt gewinnt die neuere Version der Änderung die andere geht verloren. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 sehr viel besser zu Gewichten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 7**

**Simultaner Schreibzugriff auf Objekte OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-3-5 AI-4/AI-5)**

Sowohl die Alternative von OpenStack Object Storage AI-4 als auch die Alternative von Amazon S3 AI-5 verhindern nicht das gleichzeitige Schreiben auf Objekt. Die beiden schreib Vorgänge konkurrenzieren sich jedoch gegeneinander und nur das aktuellere, welches als Letzteres abschliesst bleibt erhalten. Die Lese Konsistenz nach dem Schreibvorgang, dass die neuste Version, der drei vorhandenen Replikationskopien, gelesen wird, kann bei beiden mit einer zusätzlichen Option garantiert werden, ist jedoch mit einer höheren Latenz verbunden. Aus diesen Grund sind beide Alternativen gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**A.1.2.4. Speicherkapazität**

**Skalierbarkeit NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-5-1 AI-2/AI-3)** Vom Ausbau der physischen Speicherkapazität sind beiden Alternativen aufgrund desselben

Speichersystems gleich limitiert. Bei beiden Alternativen hängt die maximale Volumengröße zudem nicht von Protokoll ab. NetApp NFS wird durch das Dateisystem von NetApp beschränkt, ein NFS Freigabe kann nicht größer als das darunter liegende Dateisystem sein. Bei NetApp iSCSI wird die maximale Volumengröße von verwendeten Volume Manager oder von verwendeten Dateisystem welches im erstellten Volume Manager Volume installiert wird.

Seitens NetApp gilt für eine NFS Freigabe oder iSCSI LUN folgende Beschränkung:

Im 32-Bit-Betrieb der NetApp ist die Linierung eines Aggregats bzw. Volume auf 16 Terabyte beschränkt, im 64-Bit-Betrieb, mit der Betriebssystem Version ab 8 ist, die Beschränkung bei 100 Terabyte.

Die von der NetApp iSCSI LUN können auf dem Server mit dem Volume Manager LVM zusammengefasst werden. Durch die von Red Hat maximal unterstützten 100 Terabyte wird die maximale Volumengröße von Dateisystem GFS beschränkt.

Um höhere Speicherkapazitäten zur Verfügung zu stellen, müssen mehr NFS Freigaben oder Dateisysteme erstellt werden.

Die beiden Alternativen **NetApp NFS Al-2** und **NetApp iSCSI Al-3** sind aus diesem Grund gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Skalierbarkeit NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-1 Al-2/Al-4)** Bei der Alternative OpenStack Al-4 kann der zur Verfügung gestellte Speicher durch Hinzufügen von weiteren Daten-Notes erweitert werden. Die Alternative NetApp NFS ist hingegen bereits voll ausgebaut eine Skalierung wäre nur durch ein Produktwechsel zum Beispiel auf NetApp FAS3210 möglich.

Aus diesen Grund ist die Skalierbarkeit von **NetApp NFS Al-2** erheblich bis sehr viel tiefer zu bewerten als **OpenStack Object Storage Al-4**.

**Bewertet: 1/6**

**Skalierbarkeit NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-1 Al-2/Al-5)** Bei der Alternative Amazon S3 Al-5 gibt es durch den Bezug des Speichers als Dienstleistung keine Begrenzung in der Speicherkapazität, zudem steht der erforderliche Speicherplatz sofort zur Verfügung. Die Alternative NetApp NFS ist hingegen bereits voll ausgebaut eine Skalierung wäre nur durch ein Produktwechsel zum Beispiel auf NetApp FAS3210 möglich.

Aus diesen Grund ist die Skalierbarkeit von **NetApp NFS Al-2** absolut tiefer zu bewerten als **Amazon S3 Al-5**.



**Bewertet: 1/9**

**Skalierbarkeit NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-1 AI-3/AI-4)** Bei der Alternative OpenStack Object Storage AI-4 kann der zur Verfügung gestellte Speicher durch Hinzufügen von weiteren Daten-Notes erweitert werden. Die Alternative NetApp NFS ist hingegen bereits voll ausgebaut eine Skalierung wäre nur durch ein Produktwechsel zum Beispiel auf NetApp FAS3210 möglich.

Aus diesen Grund ist die Skalierbarkeit von **NetApp iSCSI AI-3** erheblich bis sehr viel tiefer zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 1/6**

**Skalierbarkeit NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-1 AI-3/AI-5)** Bei der Alternative Amazon S3 AI-5 gibt es durch den Bezug des Speichers als Dienstleistung keine Begrenzung in der Speicherkapazität, zudem steht der erforderliche Speicherplatz sofort zur Verfügung. Die Alternative NetApp NFS ist hingegen bereits voll ausgebaut eine Skalierung wäre nur durch ein Produktwechsel zum Beispiel auf NetApp FAS3210 möglich.

Aus diesen Grund ist die Skalierbarkeit von **NetApp iSCSI AI-3** absolut tiefer zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 1/9**

**Skalierbarkeit OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-1 AI-4/AI-5)** Von der Architektur her skalieren bei Alternativen OpenStack Object Storage AI-4 und Amazon S3 AI-5 gleich gut. Durch den Bezug des Speichers als Dienstleistung muss man sich bei Amazon S3 AI-5 nicht um einen Ausbau kümmern, sondern wird von Dienstleister geplant und umgesetzt. Bei AI-4 muss man selber den Speicher überwachen und frühzeitig den Ausbau planen. Die eingesetzten Server können alle mit zwei weiteren Festplatten ausgerüstet werden, sollte der Speicherbedarf noch grösser sein, müssen weitere Server installiert werden. Aus diesen Grund ist die Skalierung bei AI-4 etwas tiefer zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 1/3**

**Max Anzahl speicherbare Objekte NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-5-2 AI-2/AI-3)** Bei der Alternative NetApp NFS können maximal 3'355'443'200 Objekte erstellt werden. Bei der Alternative NetApp iSCSI ist die Maximale Anzahl von Dateisystem GFS abhängig, bei welcher die Maximale Anzahl dynamisch erstellt werden Aus diesen Grund sind **NetApp NFS AI-2** etwas schlechter als **NetApp iSCSI AI-3** zu bewerten.

**Bewertet: 1/3**

**Max Anzahl speicherbare Objekte NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-2 AI-2/AI-4)** Die Maximale Anzahl an Objekten mit 3'355'443'200 Objekten ist bei NetApp NFS mehr als ausreichen hoch. Im Vergleich dazu gibt es bei OpenStack Object Storage keine Begrenzung der Anzahl Objekte. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** erheblich schlechter als **OpenStack Object Storage AI-4** zu bewerten.

**Bewertet: 1/5**

**Max Anzahl speicherbare Objekte NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-2 AI-2/AI-5)** Die maximale Anzahl an Objekten mit 3'355'443'200 Objekten ist bei NetApp NFS mehr als ausreichen hoch. Im Vergleich dazu gibt es bei Amazon S3 keine Begrenzung der Anzahl Objekte. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** erheblich schlechter als **Amazon S3 AI-5** zu bewerten.

**Bewertet: 1/5**

**Max Anzahl speicherbare Objekte NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-2 AI-3/AI-4)** Bei der Alternative NetApp iSCSI ist die maximale Anzahl speicherbare Objekte von Dateisystem GFS abhängig, bei welcher die maximale Anzahl Objekte dynamisch erstellt werden. Bei OpenStack Object Storage gibt es keine Begrenzung über die maximale Anzahl an Objekte. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** etwas schlechter zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 1/3**

**Max Anzahl speicherbare Objekte NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-2 AI-3/AI-5)** Bei der Alternative NetApp iSCSI ist die maximale Anzahl speicherbare Objekte von Dateisystem GFS abhängig, bei welchem die maximale Anzahl Objekte dynamisch erstellt werden. Bei Amazon S3 gibt es keine Begrenzung über die maximale Anzahl an Objekte. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** etwas schlechter als **Amazon S3 AI-5** zu bewerten.

**Bewertet: 1/3**

**Max Anzahl speicherbare Objekte OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-2 AI-4/AI-5)** Beide Alternativen habe keine Begrenzung über die maximale Anzahl an Objekte die gespeichert werden können. Aus diesen Grund sind beide gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Max Objektgrösse von bis zu 2 GB NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-5-3 AI-2/AI-3)** Beide Alternativen NetApp NFS und NetApp iSCSI unterstützen eine Maximalgrösse von Objekten bis 100 TiB. Während diese bei NetApp NFS durch das Dateisystem der NetApp beschränkt ist, ist es bei NetApp iSCSI die Beschränkung des Dateisystems GFS. Beide Alternativen sind gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Max Objektgrösse von bis zu 2 GB NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-3 AI-2/AI-4)** Im Vergleich zu NetApp NFS hat OpenStack Object Storage keine Begrenzung der Objektgrösse. Bei OpenStack Object Storage werden Objekt welche grösser als 5 GiB sind in mehrere Speichereinheiten aufgeteilt, für den Anwender erscheint das Objekt aber als ganzes. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 etwas schlechter zu Bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/3**

**Max Objektgrösse von bis zu 2 GB NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-3 AI-2/AI-5)** Bei NetApp NFS ist die maximale Objektgrösse auf 100 TiB beschränkt, bei Amazon S3 liegt die Beschränkung bei 5 GiB. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 etwas besser zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 3**

**Max Objektgrösse von bis zu 2 GB NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-3 AI-3/AI-4)** Im Vergleich zu NetApp NFS hat OpenStack Object Storage keine Begrenzung der Objektgrösse. Bei OpenStack Object Storage werden Objekt welche grösser als 5 GiB sind in mehrere Speichereinheiten aufgeteilt, für den Anwender erscheint das Objekt aber als Ganzes. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 etwas schlechter zu Bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/3**

**Max Objektgrösse von bis zu 2 GB NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-3 AI-3/AI-5)** Bei NetApp iSCSI ist die maximale Objektgrösse auf 100 TiB beschränkt, bei Amazon S3 liegt die Beschränkung bei 5 GiB. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 etwas besser zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 3**

**Max Objektgrösse von bis zu 2 GB OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-3 AI-4/AI-5)** Bei OpenStack Object Storage AI-4 gibt es keine Begrenzung der Objektgrösse. Objekten welche grösser als 5 GiB betragen, werden im Speicher jedoch in Stücke gespeichert. Der Zugriff erfolgt jedoch auf das eine Objekt. Bei Amazon S3 AI-5 gilt dieselbe Einschränkung bezüglich der Aufteilung der Daten im Speicher. Amazon S3 beschränkt die maximal grössere eines Objektes jedoch auf 5 TiB. Aus diesen Grund ist AI-4 erheblich besser zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 5**

#### **A.1.2.5. Datenschutz**

**Datenintegrität NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-5-1 AI-2/AI-3)** NetApp NFS und NetApp iSCSI stellt die Datenintegrität auf 4 Kilo Byte Block auf Speicher ebene sicher. Im Unterschied zu NFS werden bei iSCSI noch weitere Speicherschichten zwischen dem gespeicherten Objekt und dem Speichersystem erstellt. In den höheren Schichten kann iSCSI zusammen mit dem Dateisystem GFS die Integrität nicht sicherstellen. Eine allfällige Beschädigung der Integrität wäre möglich. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 erheblich besser zu Bewerten als **NetApp iSCSI** AI-3.

**Bewertet: 5**

**Datenintegrität NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-1 AI-2/AI-4)** Im Vergleich zur NetApp NFS wo die Integrität auf Speicherebene sichergestellt wird, wird bei OpenStack Object Storage die Integrität auf dem gespeicherten Objekt selbst sichergestellt. Zudem kann bei OpenStack Object Storage die Integrität ebenfalls bei Transfer der Daten sichergestellt werden. Aus diesen Grund ist die Datenintegrität von **NetApp NFS** AI-2 erheblich bis sehr viel schlechter zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/6**

**Datenintegrität NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-1 AI-2/AI-5)** Im Vergleich zur NetApp NFS wo die Integrität auf Speicherebene sichergestellt wird, wird bei Amazon S3 die Integrität auf dem gespeicherten Objekt selbst sichergestellt. Zudem kann bei Amazon S3 die Integrität ebenfalls bei Transfer der Daten sichergestellt werden. Aus diesen Grund ist die Datenintegrität von **NetApp NFS** AI-2 erheblich bis sehr viel schlechter zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 1/6**

**Datenintegrität NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-1 AI-3/AI-4)** Im Vergleich zur NetApp iSCSI wo die Integrität auf Speicherebene sichergestellt wird, wird bei OpenStack Object Storage die Integrität auf dem gespeicherten Objekt selbst sichergestellt. Zudem kann bei OpenStack Object Storage die Integrität ebenfalls bei Transfer der Daten sichergestellt werden. Aus diesen Grund ist die Datenintegrität von **NetApp iSCSI AI-3** sehr viel bis absolut schlechter zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 1/8**

**Datenintegrität NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-1 AI-3/AI-5)** Im Vergleich zur NetApp iSCSI wo die Integrität auf Speicherebene sichergestellt wird, wird bei Amazon S3 die Integrität auf dem gespeicherten Objekt selbst sichergestellt. Zudem kann bei Amazon S3 die Integrität ebenfalls bei Transfer der Daten sichergestellt werden. Aus diesen Grund ist die Datenintegrität von **NetApp iSCSI AI-3** erheblich bis sehr viel schlechter zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 1/8**

**Datenintegrität OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-1 AI-4/AI-5)** Beide Alternativen stellen die Integrität mittels Hash Prüfsumme beim übertragen und im Speicher sicher. Sie sind deshalb gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Selbstheilung von Objekten NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-5-2 AI-2/AI-3)** NetApp NFS und NetApp iSCSI können die Daten auf Speicherebene selbstheilen. Im Unterschied zu NFS werden bei iSCSI noch weitere Speicherschichten zwischen dem gespeicherten Objekt und dem Speichersystem erstellt. In den höheren Schichten kann iSCSI zusammen mit dem Dateisystem GFS die Integrität nicht sicherstellen. Eine allfällige Beschädigung der Integrität wäre möglich. In diesen Fall könnten die Daten nicht selbst geheilt werden. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** erheblich besser zu Bewerten als **NetApp iSCSI AI-3**.

**Bewertet: 5**

**Selbstheilung von Objekten NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-2 AI-2/AI-4)** Beide Alternativen können die Daten selbstheilen. Im Unterschied zu NetApp NFS wo die Selbstheilung auf Speicherebene erfolgt, erfolgt bei OpenStack Object Storage die Selbstheilung auf Objekt ebene. Aus diesen Grund ist die Selbstheilung von **NetApp NFS AI-2** erheblich bis sehr viel schlechter zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 1/6**

**Selbstheilung von Objekten NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-2 AI-2/AI-5)** Beide Alternativen können die Daten selbstheilen. Im Unterschied zu NetApp NFS wo die Selbstheilung auf Speicherebene erfolgt, erfolgt bei Amazon S3 die Selbstheilung auf Objekt ebene. Aus diesen Grund ist die Selbstheilung von **NetApp NFS** AI-2 erheblich bis sehr viel schlechter zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 1/6**

**Selbstheilung von Objekten NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-2 AI-3/AI-4)** Beide Alternativen können die Daten selbstheilen. Im Unterschied zu NetApp iSCSI wo die Selbstheilung auf Speicherebene erfolgt, erfolgt bei OpenStack Object Storage die Selbstheilung auf Objekt ebene. Zudem kann die Integrität bei iSCSI durch die Zusätzliche Speicherschichten auf einer höheren Ebene verletzt werden, in diesen Fall hätte eine Selbstheilung auf Speicherebene keine Wirkung. Aus diesen Grund ist die Selbstheilung von **NetApp iSCSI** AI-3 sehr viel bis absolut schlechter zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/8**

**Selbstheilung von Objekten NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-2 AI-3/AI-5)** Beide Alternativen können die Daten selbstheilen. Im Unterschied zu NetApp iSCSI wo die Selbstheilung auf Speicherebene erfolgt, erfolgt bei OpenStack Object Storage die Selbstheilung auf Objekt ebene. Zudem kann die Integrität bei iSCSI durch die Zusätzliche Speicherschichten auf einer höheren Ebene verletzt werden, in diesen Fall hätte eine Selbstheilung auf Speicherebene keine Wirkung. Aus diesen Grund ist die Selbstheilung von **NetApp iSCSI** AI-3 sehr viel bis absolut schlechter zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 1/8**

**Selbstheilung von Objekten OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-2 AI-4/AI-5)** Beide Alternativen untersuchen in regelmässigen abständen die gespeicherten Replikations-Kopien anhand der gespeicherten Hash Prüfsumme und stellen diese bei nicht mehr integren Kopien von einer integren Kopie wieder her. Beide Alternativen sind deshalb gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Datensicherung NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-5-3 AI-2/AI-3)** Beide Alternativen können über SnapShot oder NDMP gesichert werden. Bei der Alter-

native NetApp iSCSI AI-3 wird dabei jedoch die ganze LUN Datei auf der NetApp gesichert, dadurch ist eine Wiederherstellung nur von ganzen LUN und nicht von einzelnen Dateien möglich. Die Sicherung von einzelnen Bilddaten ist bei AI-3 mit gewöhnlicher Sicherungssoftware über die Applikations-Server möglich. Durch die direkte Sicherung der Bilddaten über das Speichersystem ist die Alternative **NetApp NFS AI-2** erheblich höher zu Gewichten als **NetApp iSCSI AI-3**.

**Bewertet: 5**

**Datensicherung NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-3 AI-2/AI-4)** Die Alternative OpenStack Object Storage AI-4 bietet neben der Redundanz kein weiteres Sicherungsverfahren an. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** sehr viel bis absolut höher zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 8**

**Datensicherung NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-3 AI-2/AI-5)** Die Alternative Amazon S3 AI-5 bietet neben der Redundanz kein weiteres Sicherungsverfahren an. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS AI-2** sehr viel bis absolut höher zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 8**

**Datensicherung NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-3 AI-3/AI-4)** Die Alternative OpenStack Object Storage AI-4 bietet neben der Redundanz kein weiteres Sicherungsverfahren an. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** erheblich bis sehr höher zu bewerten als **OpenStack Object Storage AI-4**.

**Bewertet: 6**

**Datensicherung NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-3 AI-3/AI-5)** Die Alternative Amazon S3 AI-5 bietet neben der Redundanz kein weiteres Sicherungsverfahren an. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** erheblich bis sehr höher zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 6**

**Datensicherung OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-3 AI-4/AI-5)** Beide Alternativen bieten neben der Redundanz kein weiteres Sicherungsverfahren an. Aus diesen Grund sind beide gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Datensicherheit NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-5-4 AI-2/AI-3)**

Die Daten werden bei beiden Alternative NetApp NFS und NetApp iSCSI in der eigenen Infrastruktur betreiben. Zudem können bei beiden Alternativen dieselben Sicherheitsfunktionen seitens NetApp aktiviert werden.

Aus diesen Grund sind beide Alternativen **NetApp NFS AI-2** und **NetApp iSCSI AI-3** gleich zu bewerten.

**Bewertet: 1**

**Datensicherheit NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-4 AI-2/AI-4)**

Die Daten werden bei beiden Alternative NetApp NFS AI-2 und OpenStack Object Storage AI-4 in der eigenen Infrastruktur betreiben. Bei NetApp wird ein eigenes im Vergleich zum eingesetzten Linux Betriebssystem von OpenStack Object Storage eingesetzt, aus diesem Grund ist die Gefahr kleiner das eine Schwachstelle ausgenutzt werden kann. Die Alternative **NetApp NFS AI-2** ist im Vergleich zur Alternative **OpenStack Object Storage AI-4** etwas besser zu bewerten.

**Bewertet: 3**

**Datensicherheit NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-4 AI-2/AI-5)**

Bei der Alternative NetApp NFS AI-2 werden die Daten abgesehen von Rechenzentrum in der eignen Infrastruktur betrieben und müssen nicht einer Drittpartei anvertraut werden. Im Vergleich dazu vertraut man seine Daten bei der Alternative AI-5 an Amazon an. Da es sich bei Amazon um eine Amerikanisches unternehmen handelt, dass dem Patriot Act unterstellt ist, besteht die Gefahr, dass auf Verlangen von US Behörden diese, diesen ausgehändigt werden. Aus diesen Grund ist die Sicherheit der Daten bei **NetApp NFS AI-2** sehr viel bis absolut höher zu bewerten als bei **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 8**

**Datensicherheit NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-5-4 AI-3/AI-4)**

Die Daten werden bei beiden Alternative NetApp iSCSI AI-3 und OpenStack Object Storage AI-4 in der eigenen Infrastruktur betreiben. Bei NetApp wird ein eigenes im Vergleich zum eingesetzten Linux Betriebssystem von OpenStack Object Storage eingesetzt, aus diesem Grund ist die Gefahr kleiner das eine Schwachstelle ausgenutzt werden kann.

Die Alternative **NetApp iSCSI AI-3** ist im Vergleich zur Alternative **OpenStack Object Storage AI-4** etwas besser zu bewerten.

**Bewertet: 3**



**Datensicherheit NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-4 AI-3/AI-5)** Bei der Alternative NetApp iSCSI AI-3 werden die Daten abgesehen von Rechenzentrum in der eigenen Infrastruktur betrieben und müssen nicht einer Drittpartei anvertraut werden. Im Vergleich dazu vertraut man seine Daten bei der Alternative AI-5 an Amazon an. Da es sich bei Amazon um ein amerikanisches Unternehmen handelt, das dem Patriot Act unterstellt ist, besteht die Gefahr, dass auf Verlangen von US Behörden diese, diesen ausgehändigt werden. Aus diesem Grund ist die Sicherheit der Daten bei **NetApp iSCSI AI-3** sehr viel bis absolut höher zu bewerten als bei **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 8**

**Datensicherheit OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-5-4 AI-4/AI-5)** Bei der Alternative OpenStack Object Storage AI-4 werden die Daten abgesehen von Rechenzentrum in der eigenen Infrastruktur betrieben und müssen nicht einer Drittpartei anvertraut werden. Im Vergleich dazu vertraut man seine Daten bei der Alternative AI-5 an Amazon an. Da es sich bei Amazon um ein amerikanisches Unternehmen handelt, das dem Patriot Act unterstellt ist, besteht die Gefahr, dass auf Verlangen von US Behörden diese, diesen ausgehändigt werden. Aus diesem Grund ist die Sicherheit der Daten bei **OpenStack Object Storage AI-4** sehr viel höher zu bewerten als bei **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 7**

#### **A.1.2.6. Technologie**

**Marktverbreitung / Marktchancen NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-6-1 AI-2/AI-3)** Bei beiden Alternativen kommt der selbe Hersteller zum Einsatz. Installationen in welche der Speicher über NFS zur Verfügung gestellt wird sind aus eigenen Erfahrungen eher anzutreffen als solche die, die die Netapp für iSCSI verwenden. Durch die steigende Bandbreite im IP-Netzwerk könnte sich iSCSI vermehrt zugunsten Fibre Channel SAN verbreiten.

Die Alternative **NetApp NFS** ist deshalb etwas höher zu bewerten als **NetApp iSCSI AI-3**.

**Bewertet: 3**

**Marktverbreitung / Marktchancen NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-1 AI-2/AI-4)** Bei beiden Alternativen OpenStack Object Storage AI-4 handelt es sich um eine Lösung für ein spezifisches Kunden Segment. Bei NetApp NFS hingegen handelt es sich um eine viel breiter aufgestellte Lösung, weshalb NetApp die

viel grösser Marktverbreitung aufweist. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS Al-2** sehr viel besser zu bewerten als **OpenStack Object Storage Al-4**.

**Bewertet: 7**

**Marktverbreitung / Marktchancen NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-1 AI-2/AI-5)** Beide Alternativen sind führend in Ihrem Marktsegment. Durch das breitere Kunden Segment hat NetApp einen grössere Marktverbreitung. Grössere Marktchancen sind jedoch eher im Markt Segment von Amazon S3 zu erwarten. Aus diesen Grund können die beiden Alternativen gleich bewertet werden.

Durch das breitere Marktsegment ist **NetApp NFS Al-2** etwas besser zu bewerten als **Amazon S3 Al-5**.

**Bewertet: 3**

**Marktverbreitung / Marktchancen NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-1 AI-3/AI-4)** Bei beiden Alternative OpentStack Object Storage Al-4 handelt sich um eine Lösung für ein spezifischen Kunden Segment. Bei NetApp NFS hingegen handelt es sich um eine viel breiter aufgestellte Lösung, weshalb NetApp die viel grösser Marktverbreitung aufweist. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI Al-3** viel besser zu bewerten als **OpenStack Object Storage Al-4**.

**Bewertet: 5**

**Marktverbreitung / Marktchancen NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-1 AI-3/AI-5)** Beide Alternativen sind führend in ihrem Marktsegment. Durch das breitere Kunden Segment hat NetApp einen grössere Marktverbreitung. Grössere Marktchancen sind jedoch eher im Markt Segment von Amazon S3 zu erwarten. Aus diesen Grund können die beiden Alternativen gleich bewertet werden.

**Bewertet: 1**

**Marktverbreitung / Marktchancen OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-1 AI-4/AI-5)** Bei OpenStack Object Storage Al-4 handelt sich im Vergleich zur Amazon S3 Al-5 um eine jüngere Lösung, weshalb Amazon S3 die bekanntere Lösung der beiden sind. OpenStack Object Storage wird zunehmen von mehr und mehr Hersteller unterstützt, weshalb hier es sich zukünftig gut im Markt behaupten könnte. Da beiden Alternativen sich in einem Marktsegment befinden, welche sich stark am Entwickeln sind, ist schwer vorhersagbar, wie sich der Markt entwickeln wird. Zurzeit ist Al-5 noch etwas tiefer zu bewerten als Al-5.

**Bewertet: 1/3**

**Weiterentwicklung NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-6-2 AI-2/AI-3)**

NetApp gilt als einer der innovativsten Hersteller in seinem Marktsegment. In Bezug auf Daten Verwaltung, wird bei einer Weiterentwicklung eher NFS profitieren als iSCSI, da dort die Daten in einer LUN Datei gekapselt sind. Auch ist NetApp bei der pNFS Entwicklung beteiligt.

Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 etwas höher zu bewerten als **NetApp iSCSI** AI-3.

**Bewertet: 3**

**Weiterentwicklung NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-2 AI-2/AI-4)**

Da es sich bei OpenStack Object Storage um eine relative junge Speichertechnologie handelt welche aktuell relative viel Aufmerksamkeit genießt, hat es mehr potenzial in der Weiterentwicklung als NetApp NFS. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 viel geringer zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/5**

**Weiterentwicklung NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-2 AI-2/AI-5)**

Wie OpenStack Object Storage handelt sich bei Amazon S3 AI-5 um eine junge Speichertechnologie die aktuell relative viel Aufmerksamkeit genießt, es hat ebenfalls ein höheres potenzial für Weiterentwicklung als NetApp NFS, anders als OpentStack Object Storage ist Amazon S3 alleine in der Weiterentwicklung von Amazon S3. Aus diesen ist **NetApp NFS** AI-2 etwas geringer zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 1/3**

**Weiterentwicklung NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-2 AI-3/AI-4)**

Da es sich bei OpenStack Object Storage um eine relative junge Speichertechnologie handelt, welche aktuell relative viel Aufmerksamkeit auf sich zieht, hat es mehr potenzial in der Weiterentwicklung als NetApp iSCSI. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 sehr viel geringer zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 1/7**

**Weiterentwicklung NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-2 AI-3/AI-5)**

Wie OpenStack Object Storage handelt sich bei Amazon S3 AI-5 um eine junge Speichertechnologie die aktuell relative viel Aufmerksamkeit genießt, es hat ebenfalls ein höheres potenzial für Weiterentwicklung als NetApp NFS, anders als OpentStack Object Storage ist Amazon S3 alleine in der Weiterentwicklung von Amazon S3. Aus diesen ist **NetApp NFS** AI-2 geringer zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 1/5**

**Weiterentwicklung OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-2 AI-4/AI-5)** Bis anhin hat sich OpenStack Object Storage AI-4 stark an Amazon S3 AI-5 orientiert. Bei Amazon S3 handelt sich um eine Lösung, die nur von Amazon eingesetzt wird, es macht zurzeit noch den Anschein als sei Amazon die weiterentwickelte Lösung. Bei OpenStack handelt sich um eine quelloffene Lösung, an welche sich mehr und mehr namhafte Hersteller am Projekt beteiligen. Langfristig wird wahrscheinlich die Weiterentwicklung bei OpenStack Object Storage schnellere vorschritte machen als Amazon S3, diese ist aber letztendlich auch abhängig davon ob OpenStack Object Storage sich als quasi Standard behaupten kann. Aus diesen Grund ist AI-4 etwas besser zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 3**

**Verfügbarkeit von Experten NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-6-3 AI-2/AI-3)** Beide Alternativen basieren auf demselben NetApp Speicher. Die NetApp Produkte sind in der Schweiz gut verbreitet, zudem unterhält NetApp ein gut ausgebautes Partnernetzwerk in der Schweiz. Bei der Mehrheit der Installationen in der Schweiz wird der Speicher mittels NFS oder CIFS Protokoll freigegeben. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** etwas höher zu Bewerten als **NetApp iSCSI** AI-3

**Bewertet: 3**

**Verfügbarkeit von Experten NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-3 AI-2/AI-4)** Gemäss eignenden Recherchen gibt es in der Schweiz kaum bis sehr wenige Experten die sich mit OpenStack Object Storage AI-4 auskennen. Die NetApp Produkte sind in der Schweiz viel stärker verbreitet als OpenStack Object Storage, zudem unterhält NetApp in der Schweiz ein gut ausgebautes Partnernetzwerk in der Schweiz. Aus Grund ist **NetApp NFS** AI-2 absolut hoher zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 9**

**Verfügbarkeit von Experten NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-3 AI-2/AI-5)** NetApp unterhält in der Schweiz ein gut ausgebautes Partnernetzwerk mit geschulten Experten. Amazon unterhält in der Schweiz kein solches Partnernetzwerk im Vergleich zur NetApp ist aber bei Amazon S3 erheblich weniger Wissen für den Betrieb notwendig. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 erheblich besser zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 5**

**Verfügbarkeit von Experten NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-3 AI-3/AI-4)** Gemäss eigenen Recherchen gibt es in der Schweiz kaum bis sehr wenige Experten die sich mit OpenStack Object Storage AI-4 auskennen. Die NetApp Produkte sind in der Schweiz viel stärker verbreitet als OpenStack Object Storage, zudem unterhält NetApp in der Schweiz ein gut ausgebautes Partnernetzwerk in der Schweiz. Bei den mehr meisten Installationen in der Schweiz werden mehrheitlich den Speicher per NFS oder CIFS freigegeben. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** sehr viel hoher zu bewerten als **NetApp iSCSI AI-4**.

**Bewertet: 7**

**Verfügbarkeit von Experten NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-3 AI-3/AI-5)** NetApp unterhält in der Schweiz ein gut ausgebautes Partnernetzwerk mit geschulten Experten. Amazon unterhält in der Schweiz kein solches Partnernetzwerk im Vergleich zur NetApp ist aber bei Amazon S3 erheblich weniger Wissen für den Betrieb notwendig. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI AI-3** besser zu bewerten als **Amazon S3 AI-5**.

**Bewertet: 3**

**Verfügbarkeit von Experten OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-3 AI-4/AI-5)** Die Anforderungen an Experten ist bei beiden Alternativen AI-4 und AI-5 stark unterschiedlich. Während es für Amazon S3 Experten für die Einbindung der Applikation an das API benötigt, sind bei OpenStack Object Storage ebenfalls Experten für die Implementierung und Betrieb der Infrastruktur notwendig. Zudem sind die Experten in der Schweiz für OpenStack noch sehr rar. Aus diesen Grund ist AI-5 erheblich bis sehr viel tiefer zu bewerten als AI-4.

**Bewertet: 1/6**

**Verwaltungskomfort NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-6-4 AI-2/AI-3)** Mit Ausnahme dem Erstellen der iSCSI LUN auf der NetApp ist bei iSCSI der meisten Verwaltungsaufgaben auf den Applikation Server erforderliche. Bei NetApp NFS hingegen sind die Verwaltungsaufgaben des Speichers eher auf Seite der NetApp angesiedelt. Für die Bearbeitung von NFS stehen vonseiten NetApp mehr Werkzeuge zur Verfügung als bei iSCSI. Der Verwaltungskomfort ist deshalb bei **NetApp NFS** etwas besser zu bewerten als bei **NetApp iSCSI**

**Bewertet: 3**

**Verwaltungskomfort NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-4 AI-2/AI-4)** Bei NetApp NFS stehen gute mehr oder weniger einfach zu bedienend

Verwaltungs-Werkzeuge zur Verfügung. Die Schwächen von NetApp sind jedoch, dass mehrere Werkzeuge zur Verfügung stehen, die zum überschneidenden Aufgaben erfüllen. Bei OpenStack Object Storage stehen mit Ausnahme von Dritthersteller nur Kommandozeilen Werkzeuge zur Verfügung. Aus diesem Grund ist **NetApp NFS** Al-2 gegenüber **OpenStack Object Storage** Al-4 erheblich besser zu bewerten.

**Bewertet: 5**

**Verwaltungskomfort NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-4 Al-2/Al-5)**

Bei Amazon S3 handelt es sich um Speicher als Dienstleistung, der Betrieb des Speichersystems wird Amazon überlassen. Für den Kunden fallen nur wenig Verwaltungsaufgaben an, die in einer guten und übersichtlichen Webinterface erfolgen. Durch den eigenen Betrieb ist bei NetApp NFS mehr Verwaltungsaufgaben erforderlich. Aus diesem Grund ist **NetApp NFS** Al-2 erheblich geringer zu bewerten als **Amazon S3** Al-5.

**Bewertet: 1/5**

**Verwaltungskomfort NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-4 Al-3/Al-4)**

Bei NetApp iSCSI stehen gute mehr oder weniger einfach zu bedienende Verwaltungs-Werkzeuge zur Verfügung. Die Schwächen von NetApp sind jedoch, dass mehrere Werkzeuge zur Verfügung stehen, die zum überschneidenden Aufgaben erfüllen. Bei OpenStack Object Storage stehen mit Ausnahme von Dritthersteller nur Kommandozeilen Werkzeuge zur Verfügung. Aus diesem Grund ist **NetApp iSCSI** Al-3 gegenüber **OpenStack Object Storage** Al-4 etwas bis erheblich besser zu bewerten.

**Bewertet: 4**

**Verwaltungskomfort NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-4 Al-3/Al-5)**

Bei Amazon S3 handelt es sich um Speicher als Dienstleistung, der Betrieb des Speichersystems wird Amazon überlassen. Für den Kunden fallen nur wenig Verwaltungsaufgaben an, die in einer guten und übersichtlichen Webinterface erfolgen. Durch den eigenen Betrieb sind bei NetApp iSCSI mehr Verwaltungsaufgaben erforderlich. Aus diesem Grund ist **NetApp iSCSI** Al-3 erheblich bis sehr viel geringer zu bewerten als **Amazon S3** Al-5.

**Bewertet: 1/6**

**Verwaltungskomfort OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-4 Al-4/Al-5)**

Bei Amazon S3 handelt es sich um Speicher als Dienstleistung, der Betrieb des Speichersystems wird Amazon überlassen. Für den Kunden fallen nur wenig Verwaltungsaufgaben an, die in einer guten und übersichtlichen Webinterface erfolgen. Bei OpenStack Object Storage müssen alle Verwaltungsaufgaben selber durchgeführt

werden. Für die Verwaltung steht zurzeit mit ausnahmen von Dritthersteller Lösungen nur die Kommandozeilen Werkzeuge (engl. Tools) zur Verfügung. Der Verwaltungskomfort ist bei **OpenStack Object Storage** AI-4 sehr viel bis absolut geringer als bei AI-5 **Amazon S3**.

**Bewertet: 1/8**

**Kinderschuhe / Ausgereift NetApp NFS verglichen mit NetApp iSCSI (Soll-6-5 AI-2/AI-3)** Sowohl iSCSI als auch NFS gelten als Stabile ausgereifte Protokolle. NetApp Systeme gelten ebenfalls als Stabil. Gemäss meiner Erfahrung hat sich iSCSI noch nicht so stark durchgesetzt wie NFS. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 gleich, bis etwas besser zur bewerten als **NetApp iSCSI** AI-3.

**Bewertet: 2**

**Kinderschuhe / Ausgereift NetApp NFS verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-5 AI-2/AI-4)** OpenStack ist eine relative junge Speicherlösung, zudem ist es eine Lösung die sich noch weiterentwickelt. Im Vergleich dazu ist NFS eine Technologie, die schon lange erhältlich ist und keine starke Weiterentwicklung erfahren hat. Sie gilt deshalb als ausgereift und stabil. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 sehr viel grosser zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 7**

**Kinderschuhe / Ausgereift NetApp NFS verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-5 AI-2/AI-5)** Amazon S3 ist seit 2006 erhältlich und hat in dieser Zeit ein starkes Wachstum erhalten. Die Technologie die Amazon S3 verwendet kann man als ausgereift bezeichnen. Im Vergleich zu Amazon S3 ist jedoch NFS wesentlich länger erhältlich und wird bei den meisten Unix-Artigen Betriebssysteme unterstützt. Aus diesen Grund ist **NetApp NFS** AI-2 besser zu bewerten als **Amazon S3** AI-5.

**Bewertet: 3**

**Kinderschuhe / Ausgereift NetApp iSCSI verglichen mit OpenStack Object Storage (Soll-6-5 AI-3/AI-4)** OpenStack Object Storage ist eine relative junge Speicherlösung, zudem ist es eine Lösung die sich noch weiterentwickelt. Im Vergleich dazu ist iSCSI eine Technologie die schon lange erhältlich ist die Weiterentwicklung für iSCSI erfahren vor allem in Netzwerkbereich. Sie gilt deshalb als ausgereift und stabil. Aus diesen Grund ist **NetApp iSCSI** AI-3 etwas bis sehr viel grosser zu bewerten als **OpenStack Object Storage** AI-4.

**Bewertet: 6**

**Kinderschuhe / Ausgereift NetApp iSCSI verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-5 AI-3/AI-5)** Amazon S3 ist seit 2006 erhältlich und hat in dieser Zeit ein starkes Wachstum erhalten. Die Technologie die Amazon S3 verwendet kann man als ausgereift bezeichnen. Im Vergleich zu Amazon S3 ist jedoch iSCSI wesentlich länger erhältlich und die gängigsten Betriebssysteme unterstützt standardmässig iSCSI. Aus diesen Grund ist NetApp iSCSI AI-3 gleich bis etwas besser zu als Amazon S3 AI-5.

**Bewertet: 2**

**Kinderschuhe / Ausgereift OpenStack Object Storage verglichen mit Amazon S3 (Soll-6-5 AI-4/AI-5)** Bei OpenStack Object Storage AI-4 handelt es sich um eine sehr junge Lösung, es wird jedoch bereits von RackSpace einen namhaften Webdienstleister eingesetzt. Durch das länger bestehen von Amazon S3 AI-5, wird Amazon S3 mehr Erfahrung im Betrieb gesammelt haben als RackSpace und weshalb davon auszugehen ist das mehr Verbesserungen in Amazon S3 für die Stabilität eingeflossen sind als bei OpenStack Object Storage. Deshalb ist AI-4 erheblich tiefer zu bewerten als AI-5.

**Bewertet: 1/5**



## B. Installation OpenStack Object Storage

### B.1. Generelle Konfiguration

Listing B.1: Installation generelle Host Pakete

```
1 sudo apt-get install swift openssh-server rsync memcached python-netifaces  
python-xattr python-memcache
```

Listing B.2: Erstell /etc/swift Ordner und setzt Berechtigung

```
1 sudo mkdir -p /etc/swift  
2 sudo chown -R swift:swift /etc/swift/
```

Listing B.3: Swift in /etc/swift/swift.conf konfigurieren

```
1 [swift-hash]  
2 # random unique string that can never change (DO NOT LOSE)  
3 swift_hash_path_suffix = KmwBretYgombitrL
```

### B.2. Storage Nodes Konfiguration

Listing B.4: Installation Data-Node Pakete

```
1 sudo apt-get install swift-account swift-container swift-object xfsprogs
```

Listing B.5: Partition auf zweiter Festplatte erstellen

```
1 sudo fdisk /dev/sdb  
2 Device contains neither a valid DOS partition table, nor Sun, SGI or OSF  
   disklabel  
3 Building a new DOS disklabel with disk identifier 0xd5f71779.  
4 Changes will remain in memory only, until you decide to write them.  
5 After that, of course, the previous content won't be recoverable.  
6  
7 Warning: invalid flag 0x0000 of partition table 4 will be corrected by w(rite)  
8  
9 Command (m for help): m  
10 Command action  
11   a toggle a bootable flag
```

```

12  b edit bsd disklabel
13  c toggle the dos compatibility flag
14  d delete a partition
15  l list known partition types
16  m print this menu
17  n add a new partition
18  o create a new empty DOS partition table
19  p print the partition table
20  q quit without saving changes
21  s create a new empty Sun disklabel
22  t change a partition's system id
23  u change display/entry units
24  v verify the partition table
25  w write table to disk and exit
26  x extra functionality (experts only)
27
28  Command (m for help): n
29  Partition type:
30      p primary (0 primary, 0 extended, 4 free)
31      e extended
32  Select (default p): p
33  Partition number (1-4, default 1): 1
34  First sector (2048-41943039, default 2048):
35  Using default value 2048
36  Last sector, +sectors or +size{K,M,G} (2048-41943039, default 41943039):
37  Using default value 41943039
38
39  Command (m for help): w
40  The partition table has been altered!
41
42  Calling ioctl() to re-read partition table.
43  Syncing disks.

```

---

### Listing B.6: XFS Dateisystem in der Partition anlegen

```

1  sudo mkfs.xfs -i size=1024 /dev/sdb1
2  meta-data=/dev/sdb1 isize=1024 agcount=4, agsize=1310656 blks
3      = sectsz=512 attr=2, projid32bit=0
4  data = bsize=4096 blocks=5242624, imaxpct=25
5      = sunit=0 swidth=0 blks
6  naming =version 2 bsize=4096 ascii-ci=0
7  log =internal log bsize=4096 blocks=2560, version=2
8      = sectsz=512 sunit=0 blks, lazy-count=1
9  realtime =none extsz=4096 blocks=0, rtextents=0

```

---

### Listing B.7: Mount Konfiguration anlegen

```
1 sudo echo "/dev/sdb1_/srv/node/sdb1_xfs_noatime,nodiratime,nobarrier,logbufs=8
   _0_0" >> /etc/fstab
```

---

### Listing B.8: Mount Anlegen

```
1 sudo mkdir -p /srv/node/sdb1
2 sudo mount /srv/node/sdb1
3 sudo chown -R swift:swift /srv/node
```

---

### Listing B.9: Rsyncd in /etc/rsyncd.conf konfigurieren

```
1 uid = swift
2 gid = swift
3 log file = /var/log/rsyncd.log
4 pid file = /var/run/rsyncd.pid
5 address = 172.16.251.90
6
7 [account]
8 max connections = 2
9 path = /srv/node/
10 read only = false
11 lock file = /var/lock/account.lock
12
13 [container]
14 max connections = 2
15 path = /srv/node/
16 read only = false
17 lock file = /var/lock/container.lock
18
19 [object]
20 max connections = 2
21 path = /srv/node/
22 read only = false
23 lock file = /var/lock/object.lock
```

---

### Listing B.10: Rsync Aktivieren in /etc/default/rsync

```
1 RSYNC_ENABLE = true
```

---

### Listing B.11: Rsync Starten

```
1 sudo service rsync start
```

---

### Listing B.12: Account Server in /etc/swift/account-server.conf konfigurieren

```
1 [DEFAULT]
2 bind_ip = 172.16.251.90 # IP Adresse des Node Servers
3 workers = 2
```

```
4
5 [pipeline:main]
6 pipeline = account-server
7
8 [app:account-server]
9 use = egg:swift#account
10
11 [account-replicator]
12
13 [account-auditor]
14
15 [account-reaper]
```

---

Listing B.13: Container Server in `/etc/swift/container-server.conf` konfigurieren

```
1 [DEFAULT]
2 bind_ip = 172.16.251.90 # IP Adresse des Node Servers
3 workers = 2
4
5 [pipeline:main]
6 pipeline = container-server
7
8 [app:container-server]
9 use = egg:swift#container
10
11 [container-replicator]
12
13 [container-updater]
14
15 [container-auditor]
```

---

Listing B.14: Object Server in `/etc/swift/object-server.conf` konfigurieren

```
1 [DEFAULT]
2 bind_ip = 172.16.251.90 # IP Adresse des Node Servers
3 workers = 2
4
5 [pipeline:main]
6 pipeline = object-server
7
8 [app:object-server]
9 use = egg:swift#object
10
11 [object-replicator]
12
13 [object-updater]
14
15 [object-auditor]
```

## B.3. Proxy Node Konfiguration

Listing B.15: Installation Proxy-Node Pakete

```
1 sudo apt-get install swift-proxy memcached
```

---

Listing B.16: X.509 Zertifikats in /etc/swift erstellen

```
1 sudo openssl req -new -x509 -nodes -out cert.crt -keyout cert.key
2 Generating a 1024 bit RSA private key
3 .....++++++
4 .....++++++
5 writing new private key to 'cert.key'
6 -----
7 You are about to be asked to enter information that will be incorporated
8 into your certificate request.
9 What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a DN.
10 There are quite a few fields but you can leave some blank
11 For some fields there will be a default value,
12 If you enter '.', the field will be left blank.
13 -----
14 Country Name (2 letter code) [AU]:CH
15 State or Province Name (full name) [Some-State]:Zuerich
16 Locality Name (eg, city) []:Wallisellen
17 Organization Name (eg, company) [Internet Widgits Pty Ltd]:Stuker.biz
18 Organizational Unit Name (eg, section) []:Cloud Storage
19 Common Name (e.g. server FQDN or YOUR name) []:swift-c1.swift.stuker.biz
20 Email Address []:it@stuker.biz
```

---

Listing B.17: MemCached in /etc/memcached.conf konfigurieren

```
1 -l 172.16.251.80
```

---

Listing B.18: Memcached starten

```
1 sudo service memcached restart
```

---

Listing B.19: Account Container und Object Ring erstellen

```
1 sudo swift-ring-builder account.builder create 18 3 1
2 sudo swift-ring-builder container.builder create 18 3 1
3 sudo swift-ring-builder object.builder create 18 3 1
```

---

Listing B.20: Server bzw. Speicher den Ringen hinzufügen

```
1 sudo swift-ring-builder account.builder add z1-172.16.251.90:6002/sdb1 100
2 sudo swift-ring-builder account.builder add z2-172.16.251.91:6002/sdb1 100
3 sudo swift-ring-builder account.builder add z3-172.16.251.92:6002/sdb1 100
4 sudo swift-ring-builder account.builder add z4-172.16.251.93:6002/sdb1 100
5 sudo swift-ring-builder account.builder add z5-172.16.251.94:6002/sdb1 100
6 sudo swift-ring-builder container.builder add z1-172.16.251.90:6001/sdb1 100
7 sudo swift-ring-builder container.builder add z2-172.16.251.91:6001/sdb1 100
8 sudo swift-ring-builder container.builder add z3-172.16.251.92:6001/sdb1 100
9 sudo swift-ring-builder container.builder add z4-172.16.251.93:6001/sdb1 100
10 sudo swift-ring-builder container.builder add z5-172.16.251.94:6001/sdb1 100
11 sudo swift-ring-builder object.builder add z1-172.16.251.90:6000/sdb1 100
12 sudo swift-ring-builder object.builder add z2-172.16.251.91:6000/sdb1 100
13 sudo swift-ring-builder object.builder add z3-172.16.251.92:6000/sdb1 100
14 sudo swift-ring-builder object.builder add z4-172.16.251.93:6000/sdb1 100
15 sudo swift-ring-builder object.builder add z5-172.16.251.94:6000/sdb1 100
16 sudo swift-ring-builder account.builder
17 sudo swift-ring-builder container.builder
18 sudo swift-ring-builder object.builder
```

---

### Listing B.21: Ring rebalance

```
1 sudo swift-ring-builder account.builder rebalance
2 sudo swift-ring-builder container.builder rebalance
3 sudo swift-ring-builder object.builder rebalance
```

---

### Listing B.22: Dateien Verteilen

```
1 scp *.gz data01-c1-d1:/etc/swift
2 scp *.gz data02-c1-d1:/etc/swift
3 scp *.gz data03-c1-d1:/etc/swift
4 scp *.gz data04-c1-d2:/etc/swift
5 scp *.gz data05-c1-d2:/etc/swift
6 sudo chown -R swift:swift /etc/swift
```

---

### Listing B.23: Proxy Dienst starten

```
1 swift-init proxy start
```

---

### Listing B.24: Auf allen Nodes die Dienste starten

```
1 swift-init all start
```

---