

Datenspeicher für ehrenamtlich geführte Vereine

Bachelorarbeit

eingereicht von: **Christoph Hauser**
Matrikelnummer: 52208496

im Fachhochschul-Bachelorstudiengang Wirtschaftsinformatik (0470)
der Ferdinand Porsche FernFH

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Bachelor of Arts in Business

Betreuung und Beurteilung: Ing. Peter Vökl, BA MA MSc

Wiener Neustadt, April 2025

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit,

1. dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Inhalte, die direkt oder indirekt aus fremden Quellen entnommen sind, sind durch entsprechende Quellenangaben gekennzeichnet.
2. dass ich diese Bachelorarbeit bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit zur Beurteilung vorgelegt oder veröffentlicht habe.

Wartberg ob der Aist, 13.04.2025

Creative Commons Lizenz

Das Urheberrecht der vorliegenden Arbeit liegt bei Christoph Hauser. Sofern nicht anders angegeben, sind die Inhalte unter einer Creative Commons „Namensnennung - Nicht-kommerziell – Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz“ (CC BY-NC-ND 4.0) lizenziert.

Die Rechte an zitierten Abbildungen liegen bei den in der jeweiligen Quellenangabe genannten Urheber*innen.

Die Kapitel 1 bis 4 der vorliegenden Bachelorarbeit wurden im Rahmen der Lehrveranstaltung „Bachelor Seminar 1“ eingereicht und am 20.01.2025 als Bachelorarbeit 1 angenommen.
--

Kurzzusammenfassung: Datenspeicher für ehrenamtlich geführte Vereine

Diese Bachelorarbeit untersucht die Fragestellung, welches Produkt für die Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen am besten geeignet ist. Zur Auswahl stehen dabei die Produkte Microsoft OneDrive, Google Drive, Dropbox, Synology NAS, QNAP NAS, Nextcloud, OpenMediaVault und eine lokale Festplatte verbaut in einem PC. Diese Produkte werden in der Arbeit im Detail vorgestellt.

Für die gesamtheitliche Betrachtung wird eine Technologierecherche zu den möglichen Speichertechnologien und eine Erhebung des aktuellen Forschungsstandes zum Thema digitale Datenspeicher durchgeführt.

Als wissenschaftliche Methode zum Evaluieren der Produkte wird das Weighted Scoring Model angewandt. Den höchsten Gesamtnutzwert erreicht dabei die Alternative QNAP NAS. Dieses Produkt ist somit am besten zum Speichern digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen geeignet.

Bei der anschließenden Detailanalyse ist ersichtlich, dass bei einer Reihung nach dem Gesamtnutzwert die drei höchst platzierten Produkte QNAP NAS, Nextcloud und Synology NAS beim Gesamtnutzwert sehr nahe beisammen liegen. Für individuelle Anwendungsfälle könnten daher minimal geänderte Gewichtungen oder Bewertungen vom Weighted Scoring Model auch zu einer anderen Reihung und daher auch zu einem anderen Ergebnis führen.

Schlagwörter:

Cloudspeicher, Network-Attached-Storage (NAS), digitale Datenspeicher, IT-Infrastruktur für Vereine, Nutzwertanalyse

Abstract: Data storage for volunteer-run associations

This bachelor thesis addresses the question of which product is best suited for storing digital data in volunteer-run associations. The products available are Microsoft OneDrive, Google Drive, Dropbox, Synology NAS, QNAP NAS, Nextcloud, OpenMediaVault and a local hard disk installed in a PC. These products are presented in detail in this thesis.

For a holistic view, technology research on the possible storage technologies and an investigation of the current state of research on the topic of digital data storage is carried out.

The Weighted Scoring Model is used as the scientific method for evaluating the products. The alternative QNAP NAS achieved the highest overall score. Therefore, this product is most suitable for storing digital data in volunteer-run associations.

In the subsequent detailed analysis, it can be seen that when ranked according to the overall score, that the score value of the three highest ranked products QNAP NAS, Nextcloud and Synology NAS is very close to each other. For individual use cases, minimally changed weightings or evaluations of the Weighted Scoring Model could lead to a different ranking and therefore also to a different result.

Keywords:

Cloud storage, network-attached storage (NAS), digital data storage, IT infrastructure for associations, Weighted Scoring Model

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 Problembeschreibung und Ziel der Arbeit	1
1.2 Angestrebter Lösungsweg	3
1.3 Zielgruppe	4
1.4 Abgrenzung der Arbeit	4
1.5 Persönliches Forschungsinteresse	4
2. GRUNDLAGEN	6
2.1 Definitionen	6
2.2 Aktuelle Technologien	6
2.2.1 Architekturen für digitale Datenspeicher	6
2.2.2 Cloud Computing	8
2.2.3 Schutz von Datenverlust durch Hardwaredefekte mit RAID	11
2.3 Aktueller Stand der Forschung und bisherige Arbeiten	12
2.3.1 Kostenvergleich lokaler Server vs. Cloud	12
2.3.2 Optimierung von Datenspeicherkosten durch Cloud-Services	14
2.3.3 Network-Attached-Storage (NAS) als kostengünstiges Picture Archiving and Communication System (PACS)	16
3. VORSTELLEN DER PRODUKTE UND LÖSUNGEN	18
3.1 Datenspeicher in der Cloud	18
3.1.1 Microsoft OneDrive	18
3.1.2 Google Drive	19
3.1.3 Dropbox	20
3.2 Datenspeicher auf einem lokalen Server	21
3.2.1 Proprietäre NAS-Lösungen	21
3.2.2 Open-Source Softwarelösungen zur Datenspeicherung ohne explizite Hardware	25
3.3 Datenspeicher auf einzelnen Endgeräten	28
3.3.1 Lokale Festplatte in PC	28
4. KONZEPTIONELLE VORGEHENSWEISE UND LÖSUNGSANSATZ	29

4.1	Forschungsmethode Weighted Scoring Model	29
4.2	Konkrete Vorgehensweise	29
4.2.1	Anwendungsfälle	30
4.2.2	Anforderungen	30
4.2.3	Aufstellen des Weighted Scoring Model	30
4.2.4	Schlussfolgerung und Interpretation des Ergebnisses	30
5.	ANWENDUNGSFÄLLE UND ANFORDERUNGEN	32
5.1	Interagierende Personen	32
5.2	Anwendungsfälle	33
5.3	Anforderungen	34
5.3.1	Funktionale Anforderungen	34
5.3.2	Nichtfunktionale Anforderungen	36
6.	WEIGHTED SCORING MODEL	38
6.1	Allgemeines zum Weighted Scoring Model	38
6.2	Kriterien aus den Anforderungen	39
6.3	Gewichtung der Kriterien	40
6.4	Zielgrößenmatrix	41
6.4.1	Bewertung Kriterium Kosten	44
6.5	Anwendung des Weighted Scoring Model	47
7.	ANALYSE DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNG	49
7.1	Analyse der Ergebnisse	49
7.2	Beantwortung der Forschungsfrage	50
7.3	Interpretation und Schlussfolgerung	50
8.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	52
8.1	Zusammenfassung	52
8.2	Mögliche aufbauende Fragestellungen	53
9.	LITERATURVERZEICHNIS	54
10.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	58

1. Einleitung

1.1 Problembeschreibung und Ziel der Arbeit

Ein Verein in Österreich ist ein organisierter Zusammenschluss von mindestens zwei Personen zur Verfolgung eines bestimmten, gemeinsamen, ideellen Zwecks. (WKO 2024)

Beispielsweise wird bei einem Fußballverein der ideelle Zweck einen Schwerpunkt auf die Ausübung des Sports Fußball legen.

Vereine setzen daher entsprechende Aktionen, um den selbst gesetzten ideellen Zweck zu erfüllen. Diese beinhalten beispielsweise die Austragung von Wettbewerben, das Organisieren von Veranstaltungen oder das Festlegen von regelmäßigen Zusammenkünften der Vereinsmitglieder.

Um diese Aktionen durchzuführen, werden im täglichen Betrieb digitale Daten verarbeitet oder neu erstellt. Dazu zählen z.B.: Daten der Buchhaltung, Mitgliederlisten, Kontaktdaten, Ergebnisse von Wettbewerben, Fotos, Videos, Planungen von Veranstaltungen, Dokumentationen, Inventarlisten, Sicherungen und vieles mehr.

Ein Verein besteht mindestens aus nur zwei Personen. (WKO 2024) Viele Vereine sind aber deutlich größer. Bei Sportvereinen gibt es dazu genaue Statistiken. Im Jahr 2023 gab es in Österreich 16.174 Sportvereine mit insgesamt 1.474.664 Mitgliedern. Das sind im Schnitt 91 Mitglieder pro Verein. (Sport Austria 2024) Es gibt aber auch deutlich größere Vereine. Der größte Verein in Österreich ist der ÖAMTC mit über 2 Mio. Mitgliedern. (Yeoh und Matzenberger 2019)

Auf Grund dieser Mitgliederzahlen bedarf es in Vereinen eine Koordination, wann welche Daten von welchen Personen im Verein bearbeitet werden. Weiteres ist es für einen reibungslosen Betrieb und daher zum Erfüllen des ideellen Zwecks sinnvoll die Daten zuverlässig zu speichern.

Zur Speicherung digitaler Daten stehen Lösungen der Kategorien (Gnanasundaram und Shrivastava 2012):

- Datenspeicher in der Cloud von Drittanbietern,
- Datenspeicher auf einem lokalen Server (NAS – Network-Attached-Storage oder eigene Cloud) oder
- Datenspeicher auf einzelnen Endgeräten (z.B.: USB-Festplatte oder eine verbaute Festplatte in einem Computer)

zur Verfügung.

Für die drei genannten Technologien gibt es von verschiedenen Herstellern bereits eine Vielzahl an Lösungen und Produkten.

Für die Auswahl der besten Lösung liegt in dieser Arbeit der Fokus auf Vereine, bei denen Personen die Arbeitsleistung ehrenamtlich und daher unbezahlt erbringen.

In Österreich sind dies durchaus sehr viele Personen. Laut Freiwilligenbericht 2022 vom Bundesministerium für Soziales leisten in Österreich rund 3,73 Mio. Freiwilligentätigkeit in Vereinen oder anderen Organisationen. (Freiwilligenweb 2022)

Für diese Art der ehrenamtlich geführten Vereine, bei denen die Arbeit freiwillig und unentgeltlich erfolgt, ist bei der Auswahl der Lösung zum Speichern digitaler Daten zu beachten, dass es nicht klar ist mit welchem Geldwert eine Arbeitsstunde bewertet werden kann.

Es ist daher nicht offensichtlich welche Art der Datenspeicherung und daher auch welches Produkt für die Datenspeicherung für ehrenamtlich geführte Vereine am besten geeignet ist.

Im Zuge der Vorrecherche zu dieser Arbeit wurden zu den drei genannten Technologien folgende konkrete Produkte ausgewählt:

- In der Kategorie Datenspeicher in der Cloud wurden die Produkte:
 - Microsoft OneDrive,
 - Google Drive und
 - Dropboxgewählt.
- In der Kategorie Datenspeicher auf einem lokalen Server (NAS – Network-Attached-Storage) wurden die Produkte:
 - Synology NAS DS223J,
 - QNAP NAS TS-233,
 - Nextcloud (Softwarelösung) und
 - OpenMediaVault (Softwarelösung)gewählt.
- In der Kategorie Datenspeicher auf einzelnen Endgeräten wurde eine lokal verbaute Festplatte in einem PC gewählt.

Die Unternehmen Synology und QNAP bieten bei ihren NAS-Produkten eine ganze Produktpalette an. Hauptunterscheidungsmerkmal ist dabei wie viele Festplatten in das Gerät verbaut werden können. (Synology Inc. 2024) (QNAP Systems Inc. 2024)

Die konkreten Produkte Synology DS223J und QNAP TS-233 wurden deshalb gewählt, weil dies die Konfigurationen mit zwei verbauten Festplatten sind. Bei zwei verbauten

Festplatten ist es möglich durch Spiegelung der Daten auch beim Defekt einer Festplatte, keine Daten zu verlieren. Siehe dazu auch das Kapitel 2.2.3. Bei den Produkten mit mehr als zwei Festplatten können diese ebenfalls zu redundanten Speicherpools zusammengeschaltet werden. Dies erhöht aber die Kosten.

Das Ziel dieser Arbeit ist, herauszufinden welches Produkt (Microsoft OneDrive, Google Drive, Dropbox, Synology NAS, QNAP NAS, Nextcloud, OpenMediaVault, lokale Festplatte in PC) für die Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen am besten geeignet ist.

Um dieses Ziel zu erreichen, befasst sich diese Arbeit mit folgender Forschungsfrage:

Welches Produkt (Microsoft OneDrive, Google Drive, Dropbox, Synology NAS, QNAP NAS, Nextcloud, OpenMediaVault, lokale Festplatte in PC) ist für die Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen am besten geeignet?

Auf Grund der Vorrecherche zu dieser Arbeit lautet die Hypothese zur Forschungsfrage wie folgt:

Für die Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen ist das Produkt Synology NAS am besten geeignet.

1.2 Angestrebter Lösungsweg

Als wissenschaftliche Vorgehensweise wird die Methode Weighted Scoring Model gewählt.

Die Methode des Weighted Scoring Model wird dann verwendet, wenn eine Entscheidung darüber getroffen werden muss, welches Produkt, Tool oder Software am besten geeignet ist, definierte Anforderungen zu erfüllen, und dafür bereits mehrere Kandidaten ins Auge gefasst werden können. (Staudinger 2024)

Aus diesem Grund ist die Methode Weighted Scoring Model auch zur Beantwortung der Forschungsfrage in dieser Bachelorarbeit geeignet. Details zur Vorgehensweise werden im Kapitel 4 Konzeptionelle Vorgehensweise und Lösungsansatz beschrieben.

Überblicksmäßig wird folgendermaßen vorgegangen:

- Es werden Anwendungsfälle festgehalten.
- Daraus werden die Anforderungen definiert und der Wichtigkeit nach bewertet.

- Die gewählten Produkte und Lösungen werden im Detail recherchiert und analysiert. (Microsoft OneDrive, Google Drive, Dropbox, Synology NAS DS223J, QNAP NAS TS-233, Nextcloud, OpenMediaVault, lokale Festplatte in PC)
- Mit dem Weighted Scoring Model wird das am besten geeignete Produkt für die definierten Anforderungen ausgewählt.

1.3 Zielgruppe

Die Arbeit richtet sich hauptsächlich an ehrenamtlich geführte Vereine, welche digitale Daten verarbeiten. Der Inhalt kann aber auch für Privatpersonen oder kleinere Organisationen interessant sein, welche sich mit dem Thema Datenspeicherung näher beschäftigen.

Zum Nachvollziehen dieser Arbeit, wird Basiswissen im Bereich Informationstechnologie vorausgesetzt.

1.4 Abgrenzung der Arbeit

- 1) Die Arbeit stellt keinen allgemein gültigen Leitfaden zur Auswahl einer Speicherlösung dar, sondern bezieht sich nur auf den beschriebenen Anwendungsfall von ehrenamtlich geführten Vereinen.
- 2) Die Arbeit ist kein Vergleich von Speichertechnologien oder Speicherlösungen, sondern bearbeitet den Vergleich und die Auswahl von konkreten am Markt verfügbaren Produkten.

1.5 Persönliches Forschungsinteresse

Ich bin ehrenamtlicher Vereinsobmann eines Sportvereins. Bei uns im Verein entstehen im laufenden Betrieb, so wie auch in sehr vielen anderen Vereinen, eine Vielzahl an unterschiedlichen digitalen Daten. Einschließlich Daten der Buchhaltung, Mitgliederlisten, Kontaktdaten, Ergebnisse von Wettbewerben, Fotos, Videos, Planungen von Veranstaltungen, Dokumentationen, Inventarlisten, Sicherungen und vieles mehr.

Aktuell sind bei uns die Daten auf einer, in einem PC verbauten, Festplatte im Vereinshaus gespeichert. Der aktuelle Datenbestand sind ungefähr 5 TB an Daten, welcher sich aber ständig erhöht. Bei vielen Themen müssen mehrere Mitglieder auf diese Dateien zugreifen. Um das zu ermöglichen, werden gewisse Daten von der

Festplatte kopiert, über verschiedenste Wege geteilt, bearbeitet und der finale Stand wieder auf die Festplatte übertragen. Diese Art der Zusammenarbeit ist äußerst kompliziert und sehr fehleranfällig. Naheliegender wäre eine Cloudspeicher-Lösung. Für den genannten Speicherplatzbedarf sind die laufenden Kosten aber nicht unerheblich. Daher soll die Entscheidung für eine Lösung fundiert getroffen werden.

Ich glaube, dass viele Vereine oder kleinen Organisationen, welche ehrenamtlich geführt werden, vor einem ähnlichen Problem stehen. Ab einer gewissen Größe des digitalen Datenbestands muss eine langfristige Lösung gefunden werden.

Aus diesem Grund ist das Thema dieser Arbeit sowohl für mich persönlich als auch für die meisten ehrenamtlich arbeitenden Vereinen von hohem Interesse.

2. Grundlagen

2.1 Definitionen

Hier werden Begriffe, welche in dieser Bachelorarbeit verwendet werden, definiert:

Ehrenamtlich geführter Verein

Damit werden in dieser Arbeit Vereine bezeichnet, bei denen die Arbeitsleistung der laufenden wiederkehrenden Tätigkeiten (z.B.: alle Funktionärstätigkeiten) freiwillig und ohne Bezahlung oder sonstige Gegenleistung erfolgen. Weiteres gibt es auch sonst keine Zahlungen an Mitglieder. Da Freiwilligenarbeit aber nicht unlimitiert zur Verfügung steht ist es nicht klar mit welchem Geldbetrag die Arbeitsleistung bewertet werden kann.

Außergewöhnliche einmalige Tätigkeiten schließt das nicht mit ein. Für diese können sehr wohl bezahlte Dienstleistungen in Anspruch genommen werden. z.B.: Reparatur einer elektrischen Anlage durch einen Elektriker in den Räumlichkeiten des Vereins.

Üblicherweise trifft diese Definition auf eher kleinere Vereine für Freizeitbeschäftigungen zu. Typische Beispiele: Tischtennisverein, Siedlerverein, Musikverein, Schützenverein

Lokale Festplatte in einem PC

Mit diesem Begriff werden in dieser Arbeit sowohl herkömmliche Festplatten (HDD – Hard Disk Drive) mit mechanischen Magnetscheiben als auch SSDs (Solid State Drive) bezeichnet welche direkt mit einem Computer verbunden sind. Siehe auch Kapitel 2.2.1.1 Direct-Attached-Storage. Andere Endgeräte können auf dieses Speichermedium nicht direkt zugreifen.

2.2 Aktuelle Technologien

2.2.1 Architekturen für digitale Datenspeicher

In diesem Kapitel werden Architekturen beschrieben, welche aktuell bei digitalen Datenspeichern zum Einsatz kommen.

2.2.1.1 Direct-Attached-Storage (DAS)

Bei der DAS-Speicherarchitektur ist der digitale Datenspeicher direkt mit dem Computer verbunden. Der Speicher kann in Bezug auf den Computer sowohl intern als auch extern

verbaut sein. Beim internen DAS ist der Speicher im Gerät verbaut und über einen seriellen oder parallelen Bus mit dem System verbunden. Beim externen DAS ist der Speicher außerhalb des Gerätes und physisch vom Computer weiter entfernt. Als Übertragungsprotokoll wird zum Beispiel Fibre Channel verwendet. Beim externen DAS ist es auch möglich, dass mehrere Computer mit einem Speicher verbunden sind. Die Verbindung ist auch in diesem Fall direkt. (Gnanasundaram und Shrivastava 2012)

Typische DAS-Speicher sind interne Festplatten, USB-Festplatten Solid-State-Laufwerke (SSD), DVDs und Band-Storage. (Pure Storage, Inc. 2024)

Zu den Vorteilen von DAS zählen (Gnanasundaram und Shrivastava 2012):

- die geringen initialen Kosten,
- die einfache Inbetriebnahme,
- die einfache Architektur und
- daher der geringe Verwaltungsaufwand.

Zu den Nachteilen von DAS zählen folgende (Gnanasundaram und Shrivastava 2012):

- Es können nur eine limitierte Anzahl an Computern mit dem DAS verbunden sein.
- Freier Speicherplatz kann nicht zu anderen Computern umverteilt werden.
- Bei höherem oder geringerem Speicherplatzbedarf können DAS nicht einfach skalieren.

2.2.1.2 Storage Area Network (SAN)

Beim DAS wird der Speicherplatz von den verwendenden Computern „besessen“. Jeder Computer hat seinen eigenen Speicherplatz. Es ist daher schwierig die Ressourcen auf diesen isolierten Speichergeräten gemeinsam zu nutzen. Um diese verteilten Daten zu organisieren, wurde das Storage Area Network (SAN) entwickelt. (Gnanasundaram und Shrivastava 2012)

Ein Storage Area Network SAN ist ein spezielles Netzwerk von Servern und Datenspeicher, die miteinander verbunden sind und deren Speicherplatz konsolidiert zur Verfügung gestellt wird. Typische Verbindungsprotokolle sind Fibre Channel (FC) und das IP-Protokoll. (Gnanasundaram und Shrivastava 2012)

Das SAN ist dabei ein eigenes Netzwerk und nicht vom LAN (Local Area Network) abhängig. Dadurch sind sehr schnelle Datenzugriffe möglich. Ist ein SAN-Laufwerk mit einem Computer verbunden, scheint es als lokaler Speicher auf und nicht als Netzwerkspeicher. (Hypertec Group Inc. 2024)

Zu den Vorteilen zählen unter anderen (Hypertec Group Inc. 2024):

- sehr schnelle Datenzugriffe,
- einfache Erweiterbarkeit und
- die Unabhängigkeit vom LAN.

Hauptnachteil sind die höheren Verwaltungsaufwände und die Kosten zum Aufbau des vom LAN getrennten Netzwerks. (Hypertec Group Inc. 2024)

2.2.1.3 Network Attached Storage (NAS)

Ein Network Attached Storage (NAS) ist ein Speichergerät, welches mit dem lokalen IP-Netzwerk verbunden ist und durch Dateifreigabe (z.B.: CIFS oder NFS-Protokoll) Datenzugriffe von Computern im gleichen Netzwerk ermöglicht. Dabei kann es sich um einen Server mit allgemeiner Verwendung oder auch um spezifische NAS-Geräte handeln. Auf dem NAS ist meist ein eigenes optimiertes Betriebssystem installiert, bei dem umfangreiche Konfigurationen zum Verhalten des Datenspeichers vorgenommen werden können. Dazu zählen Zugriffsberechtigungen und Konfigurationen von technischen Maßnahmen zur Erhöhung der Datensicherheit. (Gnanasundaram und Shrivastava 2012)

Ein NAS hat unter anderem folgende Vorteile (Gnanasundaram und Shrivastava 2012):

- Es können viele Clients gleichzeitig auf den Speicher zugreifen.
- Durch die Spezialisierung von Hardware und Betriebssystem ist das System von der Leistung sehr effizient und performant.
- Auf Grund der Standard-Kommunikationsprotokolle ist es flexibel mit verschiedenen Betriebssystemen einsetzbar.
- Dadurch dass die Daten zentral gespeichert sind ergeben sich einfache Wartbarkeit und doppelte Datenstände können vermieden werden.
- NAS Speicher können einfach skaliert werden.
- Hohe Ausfallsicherheit ist durch redundante Komponenten gegeben.
- Geringe Hardwarekosten können durch das Verwenden von Standardkomponenten erreicht werden.

Als Nachteil ist beim NAS zu erwähnen, dass es im Vergleich zum SAN weniger performant in Bezug auf Datendurchsatz und Latenz ist. (Gnanasundaram und Shrivastava 2012)

2.2.2 Cloud Computing

Vom National Institute of Standards and Technology (NIST) wird Cloud Computing wie folgt definiert:

Cloud Computing ist ein Modell zur Ermöglichung allgegenwärtiger, einfacher und auf Bedarf verfügbaren Netzwerkzugriffen auf einen gemeinsamen Pool konfigurierbarer Computerressourcen (z. B. Netzwerke, Server, Speicher, Anwendungen und Dienste).

Diese können mit minimalem Aufwand und minimaler Interaktion mit dem Dienstleister schnell zur Verfügung gestellt werden. (Mell und Grance 2011)

Es werden dabei drei Cloud Typen unterschieden (Chopra 2017):

- Die **Private Cloud** wird ausschließlich für eine einzelne Organisation betrieben. Diese kann entweder intern, mit eigener Hardware und eigenen Ressourcen, oder von einem Drittanbieter betrieben werden.
- Eine Cloud wird als **Public Cloud** bezeichnet, wenn die Dienste über ein Netzwerk bereitgestellt werden, welches für die Öffentlichkeit zugänglich ist. (z.B.: das Internet) Technisch gesehen gibt es nur geringe Unterschiede zwischen einer Private Cloud und einer Public Cloud. Der wichtigste Unterschied ist aber der Aspekt der Sicherheit, da die Daten bei der Public Cloud über öffentliche Verbindungen übertragen werden. Bekannte Public Cloud Anbieter sind Amazon, Microsoft und Google. Diese bieten die Infrastruktur nur über das Internet an. Eine direkte Verbindung ist dabei nicht möglich.
- Eine **Hybrid Cloud** ist eine Kombination aus zwei oder mehreren Clouds unterschiedlichen Typs (privat, öffentlich). Diese eigenständigen Einheiten werden miteinander verbunden. Es sollen die Vorteile beider Cloud Typen geboten werden.

In dieser Bachelorarbeit ist in Bezug auf Cloud, wenn nicht explizit erwähnt, die Public Cloud gemeint.

Weiteres wird beim Cloud Computing nach dem Level der bereitgestellten Services unterschieden. (Chopra 2017) Folgende Servicemodelle sind definiert:

SaaS – Software as a Service ist ein Modell zur Softwarebereitstellung, bei dem ein Anbieter eine Anwendung hostet und diese den Kunden auf Abonnementbasis zur Verfügung stellt. Die Anwendung läuft dabei auf der Infrastruktur des Anbieters. Die Kunden nutzen die Software nach einem Pay-per-use Prinzip (Bezahlung nach tatsächlicher Nutzung). Kunden müssen sich in der Regel nicht auf langfristige Verträge festlegen. Die zugrundeliegende Infrastruktur und die Softwarekonfiguration sind für die Benutzer nicht direkt sichtbar. Als Beispiel ist die Anwendung Microsoft Dynamics CRM oder Google Maps zu nennen. (Chopra 2017)

Bei dem **PaaS – Platform as a Service** Modell stellt der Anbieter die Hardwareinfrastruktur inklusive Tools und Software zum Erstellen von Anwendungen zur

Verfügung. Die Anwendung selbst wird aber vom Kunden erstellt. Beispielsweise können bei gewissen Anbietern Websites und Webapplikationen in der Cloud erstellt und gehostet werden. Beispiele von PaaS Modellen sind die Google App Engine und Microsoft Azure. (Chopra 2017)

Beim **IaaS - Infrastructure as a Service** Modell werden dem Anwender grundlegende Computerressourcen zur Verfügung gestellt. (z.B.: Verarbeitungs-, Speicher- oder Netzwerkressourcen) Der Nutzer kann auf dieser Hardware beliebige Software (inklusive Betriebssystem) installieren und ausführen kann. (Mell und Grance 2011)

Amazon Web Services AWS ist ein Beispiel für einen IaaS Provider. (Chopra 2017)

Cloud Computing hat folgende Vorteile (Gnanasundaram und Shrivastava 2012):

- Das Kapital für IT-Infrastruktur kann durch das Pay-per-use Prinzip reduziert werden.
- Cloud Computing ist sehr agil. Speicher und andere Ressourcen können flexibel auf einzelne Bereiche oder Benutzer allokiert werden. Auch können laufende Anwendungen schnell geändert werden.
- Durch Mieten von zusätzlichen Ressourcen ist das System einfach skalierbar.
- Durch die spezialisierten Cloud-Service-Anbieter wird eine sehr hohe Verfügbarkeit erreicht.

Es gibt aber auch Nachteile und potentielle Risiken von Cloud Computing (Gnanasundaram und Shrivastava 2012):

- Bei einer Verlagerung von geschäftskritischen Daten in Public Clouds, können Unternehmen im schlimmsten Fall die Kontrolle über ihre Daten verlieren.
- Weiteres nutzen Cloudanbieter oft Rechenzentren in verschiedenen Ländern, was zu Bedenken hinsichtlich des Speicherorts der Daten führen kann. Kunden wissen möglicherweise gar nicht, wo ihre Daten gespeichert werden.
- Ein weiteres Problem kann die hohe Netzwerklatenz sein. Dies resultiert auf Grund der großen physischen Distanzen zwischen Cloudinfrastruktur und Nutzern.
- Ein weiteres Problem ist, dass wenn man sich für einen Cloudanbieter entschieden hat, ein späterer Anbieterwechsel auf Grund von Kompatibilitäten und des Migrationsaufwand oft nur sehr schwer möglich ist.

2.2.3 Schutz von Datenverlust durch Hardwaredefekte mit RAID

Bei jeder Festplatte oder auch Solid-State-Speicher können im laufenden Betrieb Defekte auftreten, welche den Verlust der gesamten Daten zur Folge haben. Bei Server-Festplatten ist ein typischer Wert für AFR (Annual Failure Rate) 0,7%. Das heißt, wenn 1000 Festplatten in Betrieb sind, fallen im Schnitt jedes Jahr sieben Festplatten aus. Um das Risiko für Datenverlust zu minimieren, wurde die RAID-Technologie entwickelt. (Smith 2011)

RAID – Redundant Array of Inexpensive/Independent Disks ist ein Schutz vor Fehler und Ausfällen von einzelnen Festplatten. RAID ersetzt aber nicht die Notwendigkeit von Daten-Backups. Backups werden hauptsächlich als Schutz von unabsichtlichem Löschen von Daten oder als Schutz vor Viren gemacht. Dies ist weiterhin notwendig. (Smith 2011)

Um die Vorteile von RAID zu nutzen, müssen mindestens zwei Festplatten in einem Verbund verwendet werden. Dabei werden je nach Konfiguration gewisse Festplatten als Speicher von Paritätsinformationen verwendet. Dadurch ist es möglich, bei Ausfall einer der vorhandenen Festplatten, die Festplatte auszutauschen und alle Daten ohne Datenverlust wieder herzustellen. Je mehr Festplatten in einem Verbund arbeiten, desto flexibler können diese kombiniert werden und je nach Bedarf die Eigenschaften Datensicherheit, Schreibgeschwindigkeit und Speichereffizienz optimiert werden. (Gnanasundaram und Shrivastava 2012)

Je nach RAID-Konfiguration ist eine Mindestzahl an Festplatten notwendig. (Smith 2011) Tabelle 1 zeigt gängige RAID-Konfigurationen, deren Mindestanzahl an Festplatten und die dadurch resultierenden Eigenschaften.

Konfig.	Min. Anz. Festplatten	Beschreibung
RAID 0	2	Festplatten werden für erhöhte Speicherkapazität zusammengeschaltet und treten logisch als ein Speicher auf. Es besteht keine erhöhte Ausfallssicherheit.
RAID 1	2	Die Daten einer Festplatte werden auf die zweite Festplatte gespiegelt. Eine Festplatte kann ohne Datenverlust ausfallen. Es kann nur die Hälfte der Speicherkapazität genutzt werden.
RAID 5	3	Eine Festplatte wird zum Speichern von Paritätsinformationen verwendet. Dadurch ist es möglich, dass eine Festplatte ohne Datenverlust ausfallen kann. Für Speicherkapazität stehen mindestens zwei Festplatten zur Verfügung.
RAID 6	4	Ähnlich wie RAID 5. Es werden zwei Festplatten für Paritätsinformation verwendet. Es stehen mindestens 2 Festplatten für Speicherkapazität zur Verfügung.
RAID 10	4	Es werden zwei separate RAID 1 Verbünde zusammengeschaltet. Pro RAID 1 Verbund kann eine Festplatte ausfallen. Es steht die Hälfte der Speicherkapazität zur Verfügung.

Tabelle 1: Gängige RAID Konfigurationen (Smith 2011)

2.3 Aktueller Stand der Forschung und bisherige Arbeiten

2.3.1 Kostenvergleich lokaler Server vs. Cloud

Das Thema Kostenvergleich zwischen einem lokalen Server und Cloudcomputing für Datenverarbeitung und -speicherung wird in dem Paper „Quantitative cost comparison of on-premise and cloud infrastructure based EEG data processing“ (Juhasz 2021) bearbeitet. Dabei wird speziell der Anwendungsfall der Elektroenzephalographie (EEG)¹, bei dem sehr viele Daten verarbeitet und gespeichert werden, betrachtet.

¹ Die Elektroenzephalografie ist eine Methode der medizinischen Diagnostik und der neurologischen Forschung zur Messung der summierten elektrischen Aktivität des Gehirns durch Aufzeichnung der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche. (Wikipedia 2024a)

Es werden Lösungen der Cloudanbieter Amazon, Microsoft und Google evaluiert.

Verglichen werden dabei die "Total cost of ownership"² der lokalen Server-Lösungen und der Cloudlösung. Zur Bestimmung der Kosten werden mathematische Modelle für die lokalen sowie Cloud Server entwickelt und diese verglichen. Dabei werden drei hypothetische Konfigurationen ("Budget", "Normal" und "High-end") betrachtet und deren Kosten über eine angenommene Nutzungsdauer von vier Jahren betrachtet.

Bei den lokalen Serverkonfigurationen werden die Kosten für Hardware, Netzwerk, Kühlung, Strom, Ersatzteile und Personal eingerechnet. Bei den Cloud-Servern werden die anfallenden Gebühren der Rechenleistung und des Speicherplatzes eingerechnet.

Anschließend werden die Kosten eines Rechenjobs und der Speicherkosten berechnet.

Der Gesamtkostenvergleich zeigt, dass die Kosten bei lokalen Servern nach der Anschaffung eher konstant bleiben, während die Kosten von Cloud-Servern mit zunehmender Nutzung auch deutlich steigen. Der "Total cost of ownership"-Vergleich zeigt, ab wann Cloud-Server teurer werden als lokale Server.

Speziell beim Speicherplatz wird erwähnt, dass schon 500GB über 4 Jahre gerechnet in der Cloud deutlich teurer sind als Speicherplatz in einem lokalen Server.

Zusammenfassend wird in dem Paper festgestellt, dass die Wahl zwischen lokalem Server und Cloud-Server stark von den spezifischen Anforderungen und Nutzung abhängt. Für kleinere Datenmengen und Rechenlasten kann der Cloud-Server kostengünstiger sein, während für größere Datenmengen und größere und konstante Arbeitslast lokale Server wirtschaftlicher sind.

Interessant ist auch noch der Hinweis der Autoren, dass die Speicherung medizinischer Daten strengen rechtlichen Vorschriften unterliegt. Dies muss bei einer Auswahl der Serverlösung mitbetrachtet werden.

2.3.1.1 Erkenntnis für diese Bachelorarbeit

Speziell die Teile des Papers „Quantitative cost comparison of on-premise and cloud infrastructure based EEG data processing“ (Juhász 2021), die sich auf die Datenspeicherung beziehen sind als Basis für diese Bachelorarbeit relevant. Die Erkenntnis, dass gerade Speicherplatz über längere Nutzungsdauer potentiell in Form

² Die Total Cost of Ownership (TCO) bezeichnen die Gesamtkosten eines Produkts während dessen Lifecycle. Bei der Betrachtung der TCO zählen nicht nur die Kosten des ursprünglichen Kaufs, sondern auch die Gesamtkosten des Produkts oder Service über den kompletten Nutzungszeitraum hinweg. („TCO (Total Cost of Ownership) - Definition“, o. J.)

von einem lokalen Server günstiger als von einem Cloud-Server ist, stärkt die aufgestellte Hypothese dieser Bachelorarbeit.

Zu Bedenken ist aber, dass sich die Preise von Cloudspeicher schnell ändern können und daher die Erkenntnisse von 2021 nicht mehr direkt für diese Bachelorarbeit übernommen werden können. Wie in Abbildung 1: Kosten für Cloudspeicher im zeitlichen Verlauf (Krumm und Hoffman 2020) ersichtlich, sind in den vergangenen Jahren die Preise für Cloudspeicher deutlich gefallen.

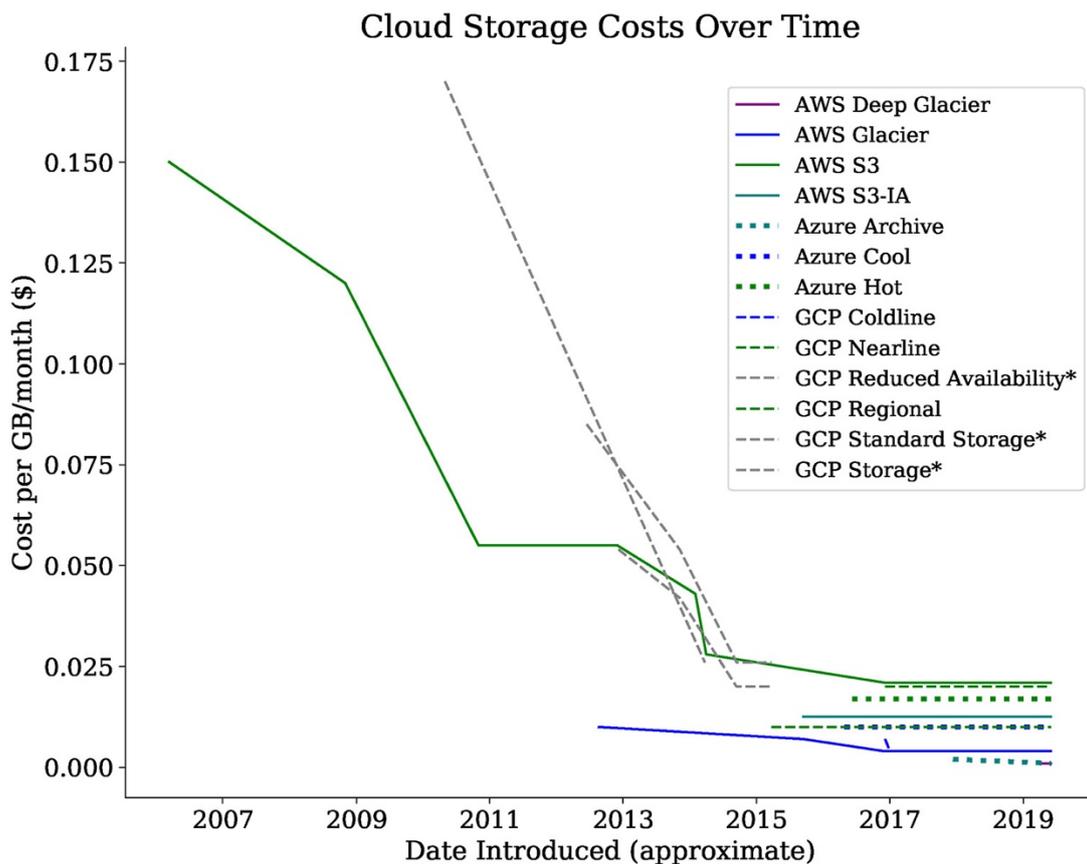


Abbildung 1: Kosten für Cloudspeicher im zeitlichen Verlauf (Krumm und Hoffman 2020)

2.3.2 Optimierung von Datenspeicherkosten durch Cloud-Services

In dem Paper “Optimization of Cost: Storage over Cloud Versus on Premises Storage” (Sen und Sharma 2020) wird eine Lösung gesucht um die Kosten, die beim Betreiben und Verwalten von eigener Infrastruktur (lokale Server und lokale Desktop-PCs) anfallen, zu senken.

Als Lösung wird die Nutzung von “Infrastructure as a Service” (IaaS) vorgeschlagen. Also die Nutzung von Cloudspeicher mit monatlicher Bezahlung.

Die Annahme, dass Datenspeicherung im Terabyte und Petabyte Bereich auf lokaler Infrastruktur hohe Aufwände und Kosten verursacht, wird auf Basis der Studie "The Proliferation of Big Data and Implications for Official Statistics and Statistical Agencies: A Preliminary Analysis" (Reimsbach-Kounatze 2015) gemacht.

Als Negativpunkte für lokale Infrastruktur werden die Wartungskosten, das Ausfallrisiko und das Risiko für Datenverlust genannt.

Das Paper kommt zum Schluss, dass sich die Kosten für Datenspeicherung durch Cloud-Lösungen deutlich senken lassen. Dies wird unter anderem durch Berechnung von verschiedenen Szenarien im TCO-Rechner (Total Cost of Ownership Rechner) von Amazon hinterlegt. Abbildung 2 vergleicht wie sich die TCO mit den Aspekten Kosten, Backup und Wartung bei den zwei Lösungen (Cloud Infrastruktur und lokalen Infrastruktur) aufteilen.

Als eine große Hürde, um die Kostensenkung auch umzusetzen, sehen die Autoren den Aufwand, der für die Migration der Daten in die Cloud, notwendig ist.

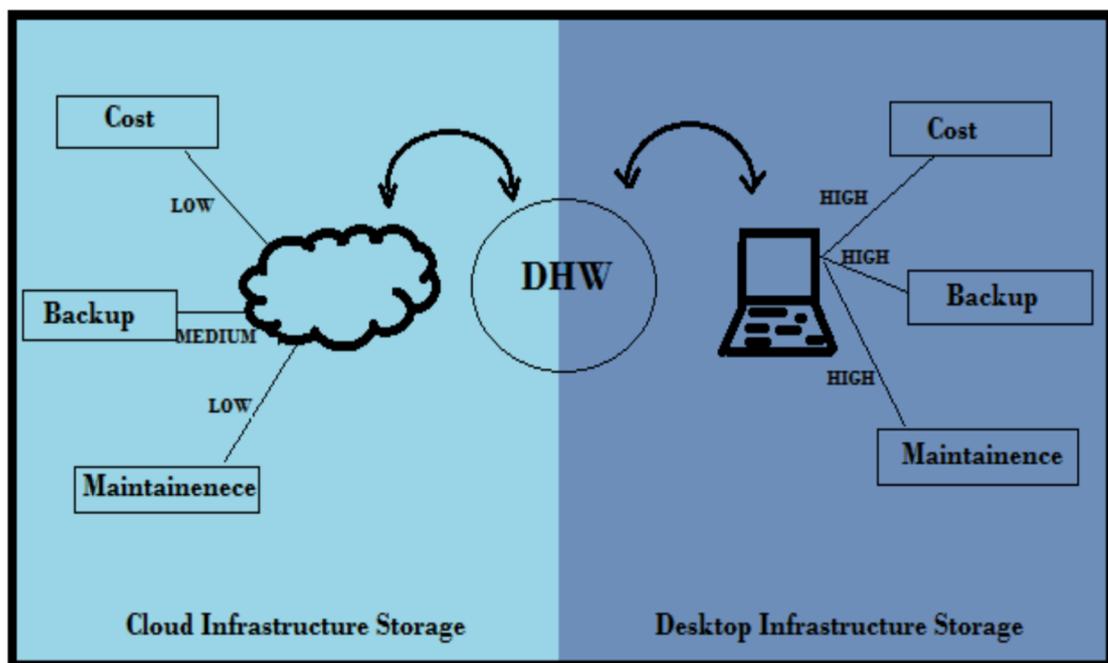


Abbildung 2: Aufwände der Speicherlösungen Cloud vs. Lokal (Sen und Sharma 2020)

2.3.2.1 Erkenntnis für diese Bachelorarbeit

Die Erkenntnis in dem Paper "Optimization of Cost: Storage over Cloud Versus on Premises Storage" (Sen und Sharma 2020) unterstreicht wichtige Punkte wo Kosten bei der Datenspeicherung anfallen. Die direkte Annahme, dass lokale Speicherlösungen teurer als Cloudlösungen sind, kann für den Anwendungsfall, welcher in dieser

Bachelorarbeit bearbeitet wird, nicht direkt übernommen werden, da die Berechnung der TCO für den Anwendungsfall der ehrenamtlich geführten Vereine, bei denen die Arbeit unbezahlt geleistet wird, anders ist als bei Organisationen mit bezahlten Mitarbeitern.

Werden die Ergebnisse von (Juhasz 2021) und (Sen und Sharma 2020) verglichen macht es deutlich, dass in der Wissenschaft keine Einigkeit herrscht, ob Cloudlösungen oder lokale Speicherlösungen günstiger sind.

Wichtig für diese Bachelorarbeit ist auch die Erkenntnis von (Sen und Sharma 2020), dass die anfallenden Aufwände und Risiken der Datenmigration auf eine neue Speicherlösung bei der Auswahl des richtigen Datenspeicherprodukts ebenfalls entscheidend sind.

2.3.3 Network-Attached-Storage (NAS) als kostengünstiges Picture Archiving and Communication System (PACS)

In dem Paper "Description of a low-cost picture archiving and communication system based on network-attached storage" (Costanza u. a. 2022) wird mit einer Studie versucht teure Picture Archiving and Communication Systeme (PACS)³ durch eine kostengünstige NAS Lösung zu ersetzen. Dabei wird konkret der Anwendungsfall von PACS in kleineren und mittleren Tierarztpraxen untersucht. Grund dafür ist, dass die derzeit verfügbaren PACS mit hohen Anschaffungs- und Wartungskosten verbunden sind, was ihren breiten Einsatz in Tierarztpraxen ausschließt. Ziel dieser Studie ist es, das Design, den Aufbau und die Ergebnisse durch eine einjährige Nutzung eines kostengünstigen PACS auf NAS-Basis zu beschreiben.

Die Studie wurde am Interdepartmental Centre of Veterinary Radiology an der University of Naples Federico II durchgeführt. Dort werden etwa 1000 Untersuchungen pro Jahr gemacht, bei denen entsprechendes Bildmaterial anfällt. Die Bilddaten kommen von einem Computertomografie-Scanner, einem Ultraschallgerät und einer Röntgenanlage. Vor dem Durchführen der Studie war dort kein PACS-System im Einsatz, die Bilddaten wurden auf PCs zwischengespeichert und zweimal monatlich auf CDs oder DVDs gesichert.

Das neue kostengünstige PACS-System basiert auf einem Synology NAS (DiskStation DS1621+) mit sechs Festplatten im RAID-6-Verbund. Als PACS-Software wird die open-source Image-Management-Software „dcm4che“ verwendet. Diese kann über die

³ Ein Picture Archiving and Communication System (PACS, etwa Bildablage- und Kommunikationssystem) ist in der Medizin ein Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem auf der Basis digitaler Rechner und Netzwerke. (Wikipedia 2024b)

Container-Virtualisierungssoftware „Docker“ direkt auf dem Synology NAS ausgeführt werden.

Das NAS ist in das lokale Netzwerk der Einrichtung eingebunden. Fernzugriff ist über eine VPN-Verbindung möglich.

Das Ergebnis der Studie welche in dem Testzeitraum von einem Jahr (Juli 2020 bis Juli 2021) durchgeführt wurde ist positiv. Das System zeigte keine Dienstunterbrechungen oder kritische Fehler. Die festgestellten und gemeldeten geringfügigen Fehler waren auf kurze Unterbrechungen der Stromversorgung zurückzuführen. Diesen wurde mit einer USV entgegengewirkt. Es wurde daher gezeigt, dass auch mit einer kostengünstigen Lösung der Einsatz eines PACS-Systems mit dessen Vorteilen in kleinen bis mittleren Tierarztpraxen möglich ist.

2.3.3.1 Erkenntnis für diese Bachelorarbeit

Die Studie welche in dem Paper “Description of a low-cost picture archiving and communication system based on network-attached storage” (Costanza u. a. 2022) beschrieben wird ist für diese Bachelorarbeit sehr interessant, da ein NAS vom Hersteller Synology zum Einsatz kommt, welches auch in dieser Bachelorarbeit evaluiert wird. Es wird gezeigt, dass es kostengünstig möglich ist ein NAS in klein- bis mittelgroßen Organisationen zu betreiben. Dies ist ein Indiz, dass ein NAS von Synology auch in ehrenamtlich geführten Vereinen sinnvoll einsetzbar ist.

3. Vorstellen der Produkte und Lösungen

In diesem Kapitel werden die Produkte zur Speicherung von Daten vorgestellt, aus denen anschließend mit dem Weighted Scoring Model, die am besten geeignete Lösung für den beschriebenen Anwendungsfall ausgewählt wird.

Alle Produkte wurden dazu in der Praxis getestet.

3.1 Datenspeicher in der Cloud

Microsoft OneDrive, Google Drive und Dropbox basieren auf dem Cloud-Speichermodell. Siehe dazu auch Kapitel 2.2.2 Cloud Computing

Bei diesen Produkten wird der Speicherplatz auf den Cloudservern der Anbieter gegen eine monatliche oder jährliche Gebühr gemietet. Die zugreifenden Personen benötigen dabei jeweils einen Account beim Betreiber. Für den Zugriff auf die Daten ist eine Internetverbindung notwendig. Temporär können die Daten auch auf das lokale Endgerät synchronisiert werden.

Der Zugriff auf die Daten erfolgt über die entsprechende Webseite mit einem Internetbrowser. Für eine einfache Interaktion und für die lokale Datensynchronisation bieten die Anbieter auch entsprechende Client-Software für die gängigsten Betriebssysteme an.

Über das Internet kann örtlich von überall aus auf die Daten zugegriffen werden.

Der überblicksmäßige Test der drei gewählten Cloudspeicher Produkte (Microsoft OneDrive, Google Drive und Dropbox) lässt erkennen, dass die Basisfunktionen, wie Datenspeicherung, Datenverwaltung, Sicherungen, Synchronisieren, Datenfreigabe bei allen drei Produkten vorhanden ist. Auch das Bedienkonzept ist bei allen intuitiv und ähnlich. Hauptunterscheidungsmerkmale sind die Preisgestaltung, die gebotenen Zusatzfunktionen, die Tiefe der Integration mit anderen Produkten des gleichen Anbieters, sowie die unterstützten Betriebssysteme.

Nachfolgend sind die gewählten Produkte im Detail beschrieben.

3.1.1 Microsoft OneDrive

Betreibendes Unternehmen für die Region Österreich: Microsoft Corporation

Produktname: OneDrive

Webseite:

<https://www.microsoft.com/de-at/microsoft-365/onedrive/online-cloud-storage>

Der Cloudspeicher OneDrive wird im Abo in Kombination mit den Büroanwendungen Microsoft 365 angeboten. In Bezug auf die Kosten ist das kein Problem, da die Preisgestaltung so gewählt ist, dass die Büroanwendungen bei einem Vergleich zu marktüblichen Preisen, als kostenlose Zugabe angesehen werden kann.

Lokale Clientsoftware wird von Microsoft für die Betriebssysteme Windows, macOS, Android und iOS angeboten. (Microsoft 2024) Für bekanntere Linux Distributionen gibt es keine offizielle Clientsoftware. Von der Community sind aber frei zugängliche Lösungen verfügbar.

Besonders bei OneDrive ist die enge Integration mit den Büroanwendungen von Microsoft (Word, Excel, PowerPoint, Outlook, OneNote). Dabei werden Features geboten, die das Arbeiten mit diesen Produkten einfacher und schneller gestalten. Dazu zählen, Dokumentenvorschau in OneDrive oder Onlineversionen der Büroanwendungen, welche direkt auf Dateien in OneDrive zugreifen.

Bei OneDrive werden Pläne für Privatpersonen als auch für Unternehmen angeboten. Der Hauptunterschied ist dabei, die Preisgestaltung:

- Privatpersonen: Eine Person mietet den Speicher und kann Ordner und Dateien mit beliebig vielen anderen Personen kostenlos teilen
- Unternehmen: Für jede Person in der Organisation muss pro Monat ein Account bezahlt werden. Pro Person kommt mehr verfügbarer Speicherplatz hinzu.

Beispielrechnung der monatlichen Kosten für **5 TB** Speicher:

- Basisprodukt:
 - Microsoft 365 Single mit 1 TB Speicher: 69 EUR / Jahr
 - $69 \text{ EUR} / 12 \text{ Monate} = 5,75 \text{ EUR} / \text{Monat}$
- Speichererweiterung:
 - 1TB: 8 EUR / Monat
 - Zusätzlich 4TB: $8 \text{ EUR} * 4 = 32 \text{ EUR} / \text{Monat}$
- Gesamtkosten: $5,75 \text{ EUR} / \text{Monat} + 32 \text{ EUR} / \text{Monat} = \underline{\underline{37,75 \text{ EUR/Monat}}}$

Daten und Preise vom Stand 4. August 2024 von (Microsoft 2024)

3.1.2 Google Drive

Betreibendes Unternehmen für die Region Österreich: Google Ireland Limited

Produktname: Drive

Webseite:

https://www.google.com/intl/de_at/drive/

Google Drive wird ähnlich wie bei Microsoft in einem Paket-Abo mit weiteren Produkten von Google angeboten. Dabei unterscheidet Google, ob es sich um Privatkunden oder um Geschäftskunden handelt und inkludiert dabei unterschiedliche Produkte und Services. Bei Abos mit höherem Speicherplatz sind mehr Services und Produkte inkludiert.

Lokale Clientsoftware wird von Google für die Betriebssysteme Windows, macOS, Chrome OS, Android und iOS angeboten. (Google 2024a) Mit 3rd-Party-Software oder Open-Source-Lösungen von der Community ist auch eine Integration in gängige Linux Distributionen möglich.

Auch bei Google Drive gilt, dass die Integration in Kombination mit den eigenen Produkten am tiefsten ist. Speziell zu erwähnen ist hier das Betriebssystem „Android“ für mobile Endgeräte. Dieses wird von Google entwickelt und hat einen Marktanteil von über 70%. (statista 2024) Daher ist dort auch die Integration von Google Drive sehr tief verankert.

Beispielrechnung der monatlichen Kosten für **5 TB** Speicher:

- Google One Abo 5 TB⁴: 249,99 EUR / Jahr
 - 249,99 EUR / 12 Monate = **20,83 EUR / Monat**

Daten und Preise vom Stand 4. August 2024 von (Google 2024b), (Jens 2021)

3.1.3 Dropbox

Betreibendes Unternehmen für die Region Österreich: Dropbox International Unlimited Company

Produktname: Dropbox

Webseite:

<https://www.dropbox.com/dropbox>

⁴ Das Google One Abo mit 5 TB an Speicher ist bei Google erst ersichtlich, wenn bereits ein bestehendes Abo mit 2 TB Speicher vorhanden ist.

Dropbox ist das Hauptprodukt des Unternehmens Dropbox und wird daher auch als eigenständiges Produkt beworben. Alle Basisfunktionen (Synchronisation, Freigabe, Backup, ...) eines Cloud-Speichers sind vorhanden. Zusatzfunktionen, wie Büroanwendungen oder Tools zur Fotoverwaltung werden im Gegensatz zu Microsoft OneDrive oder Google Drive nicht geboten.

Lokale Client-Applikationen werden für die Betriebssysteme Windows, macOS, Android, iOS sowie für die Linux-Distributionen Ubuntu, Fedora und Debian angeboten. Das Linux-Distributionen nativ unterstützt werden, ist bei Dropbox im Vergleich zur Konkurrenz hervorzuheben. (Dropbox 2024a)

Beispielrechnung der monatlichen Kosten für **5 TB** Speicher:

- Bei 5 TB Speicherbedarf wird am besten der Plan „Business“ (9 TB) ausgewählt. Dieser Plan rechnet pro Nutzer pro Monat ab. Das Teilen von Ordnern ist aber auch mit außenstehenden Personen möglich.
- Dropbox „Business“ für 3 Nutzer (Dropbox 2024b) (Das ist das vorgegebene Minimum an Nutzern):
 - $12 \text{ EUR / Nutzer / Monat} * 3 \text{ Nutzer} = \mathbf{26 \text{ EUR / Monat}}$
(bei jährlicher Abrechnung)

3.2 Datenspeicher auf einem lokalen Server

3.2.1 Proprietäre NAS-Lösungen

Unternehmen wie Synology oder QNAP bieten NAS-Lösungen als fertige Produkte mit Hardware und Software an. Dabei wird eine eigene optimierte Server-Hardware und auch ein eigenes spezialisiertes Betriebssystem als Paket angeboten. Die Hardware ist je nach Einsatzgebiet und Anforderungen in verschiedenen Ausführungen verfügbar. Da der benötigte Speicherplatz meist sehr von der Verwendung abhängt, werden die Geräte ohne Festplatten geliefert. Diese müssen separat bezogen werden.

In dem spezialisierten Betriebssystem werden Programme für verschiedene Anwendungen wie, Daten-Backup, Medien-Server, selbst-gehostete Cloud u. v. m. angeboten. Synology und QNAP stellen für deren Betriebssystem und den zur Verfügung gestellten Anwendungen regelmäßig Updates zur Verfügung.

Werden die NAS-Lösungen von Synology und QNAP als selbst-gehostete Cloud betrieben, bieten die Hersteller für ihre Produkte auch Client Programme für die Betriebssysteme Windows, MacOS, iOS und Android.

Im Folgenden werden die konkret getesteten NAS-Lösungen von den Unternehmen Synology und QNAP vorgestellt.

3.2.1.1 Synology NAS

Produkt: DS223j

Preis per 14.08.2024 laut Geizhals.at Preisvergleich: 193,60 EUR (Preisvergleich Internet Services AG 2024)

Festplatten sind nicht inkludiert.

Produktwebseite:

<https://www.synology.com/de-de/products/DS223j>

Abbildung 3 zeigt das Aussehen vom Produkt Synology DS223j.



Abbildung 3: Synology NAS DS223J (Synology Inc. 2024)

Relevante Spezifikationen laut Produktwebseite (Synology Inc. 2024):

- 2x Slots für Festplatten (3.5" oder 2.5")
- 1x 1 Gbit RJ45 LAN Port
- ARM 4-Kerne Cortex-A55 1,7 GHz Prozessor
- 1 GB DDR4 RAM
- Stromverbrauch:
 - o Zugriff: 16,31 W
 - o Ruhezustand: 4 W
- RAID-Unterstützung: RAID 0 und RAID 1
- Abmessungen: 165 mm x 100 mm x 225.5 mm

Getestete Softwareversion: DSM 7.2-64570 Update 3

Abbildung 4 zeigt die Weboberfläche der Software DM 7.2.

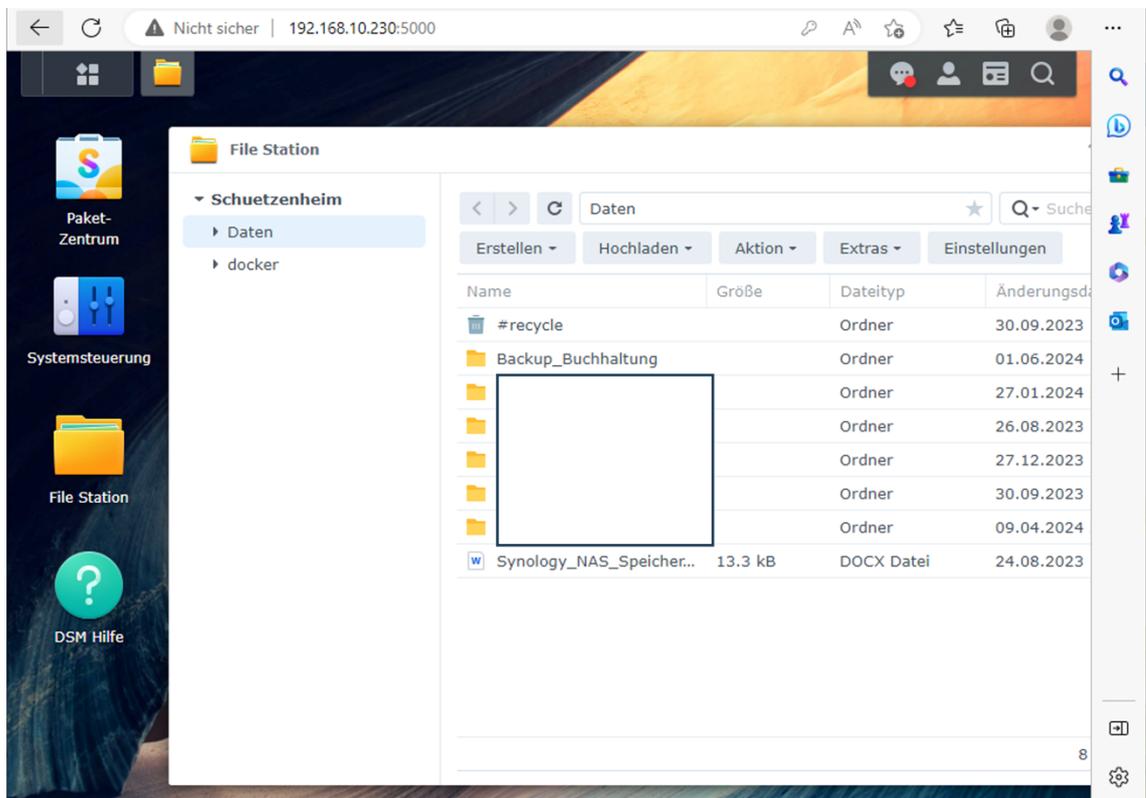


Abbildung 4: Screenshot Weboberfläche Synology DSM 7.2

Das NAS wird vollständig über den integrierten Webserver konfiguriert und bedient. Beim initialen Aufsetzen führt ein Installations-Wizzard durch die Einstellungen. Das NAS ist durch diesen Wizzard einfach für den ersten Einsatz zu konfigurieren. Für detaillierte Einstellungen muss die Konfiguration manuell vorgenommen werden.

3.2.1.2 QNAP NAS

Produkt: TS-233⁵

Preis per 14.08.2024 laut Geizhals.at Preisvergleich: 171,33 EUR (Preisvergleich Internet Services AG 2024)

Festplatten sind nicht inkludiert.

Produktwebseite:

⁵ Das exakte Model TS-233 war für den Test nicht verfügbar. Die Hardware wurde anhand der Herstellerspezifikationen bewertet. Das QNAP Betriebssystem und die QNAP Software wurden auf dem Gerät QNAP TS-251+ getestet.

<https://www.qnap.com/de-de/product/ts-233>

Abbildung 5 zeigt das Aussehen vom Produkt QNAP TS-233.



Abbildung 5: QNAP TS-233 (QNAP Systems Inc. 2024)

Relevante Spezifikationen laut Produktwebseite (QNAP Systems Inc. 2024):

- 2x Slots für Festplatten (3.5“ oder 2.5“)
- 1x 1 Gbit RJ45 LAN Port
- ARM 4-Kerne Cortex-A55 2,0 GHz Prozessor
- 2 GB RAM
- Stromverbrauch:
 - o Zugriff: 10,81 W
 - o Ruhezustand: 3,43 W
- RAID-Unterstützung: RAID 0 und RAID 1
- Abmessungen (H x B x T): 186 mm x 91,7 mm x 157,6 mm

Getestete Software Version: QTS 5.1.8.2823

Abbildung 5 zeigt die Weboberfläche der Software QTS 5.1.8.2823.

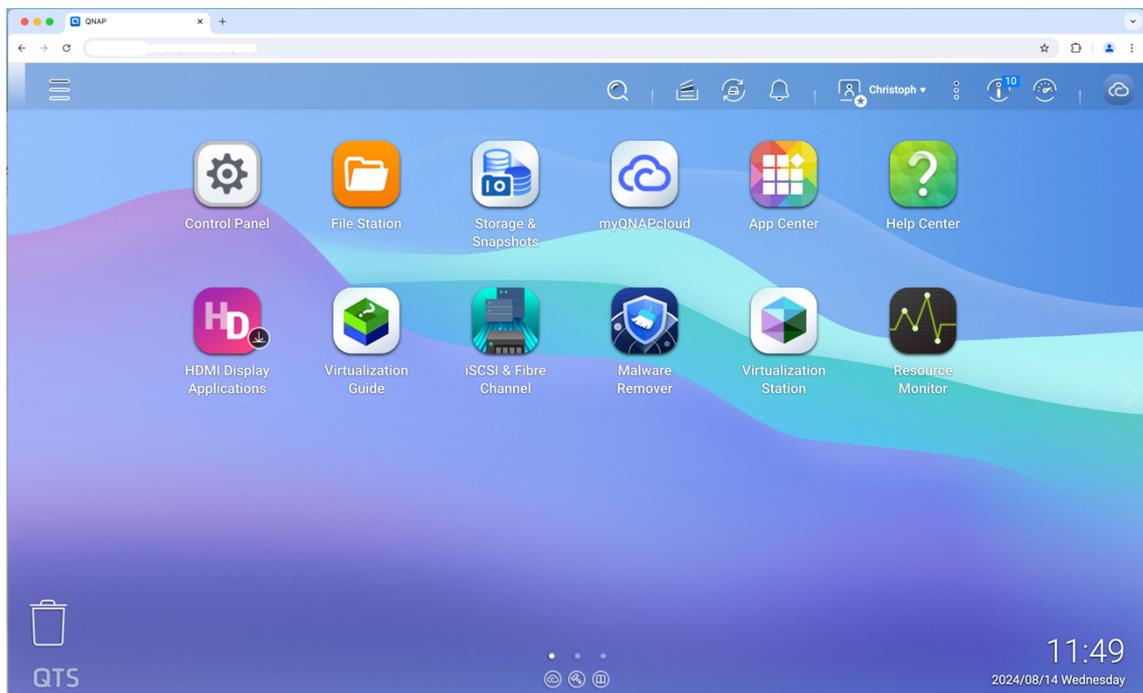


Abbildung 6: Screenshot Weboberfläche QNAP QTS 5.1

Das NAS wird ebenfalls vollständig über den integrierten Webserver konfiguriert und bedient. Beim initialen Aufsetzen helfen Hinweise zum Konfigurieren der notwendigen Basiseinstellungen. Basis-Know-how in Bezug auf Laufwerke, Formatierungen, RAID-Speicherpool-Konfigurationen und Netzwerk-Freigabe-Protokolle wird vorausgesetzt.

3.2.2 Open-Source Softwarelösungen zur Datenspeicherung ohne explizite Hardware

3.2.2.1 Nextcloud (selbst-gehostet)

Webseite:

<https://nextcloud.com/de/files/>

Nextcloud ist eine open-source Softwarelösung für Cloud-Speicher und Dateifreigabe welches vom Unternehmen Nextcloud GmbH entwickelt wird. Die Server-Software kann auf eigener Computer- oder Server-Hardware installiert werden. Das Wort „Cloud“ kann hier verwirrend sein. Nach der Installation ist Nextcloud nur innerhalb des lokalen Netzwerkes erreichbar und nicht über das Internet. Es ist sozusagen eine Cloud innerhalb des lokalen Netzwerkes der Organisation. Um die selbst-gehostete Installation von Nextcloud aus dem Internet zu erreichen, sind weitere manuelle Schritte notwendig.

Möglichkeit dies zu erreichen sind unter anderem eine VPN-Verbindung zum lokalen Netzwerk oder eine Portfreigabe und -weiterleitung am eigenen Router.⁶ (Nextcloud 2024)

Die Installation erfordert IT-Know-how im Bereich Linux und Netzwerktechnik. Nach der Installation ist die Benutzung aber ähnlich zu den Cloudlösungen von Microsoft, Google und Dropbox. Der Zugriff auf die Daten kann über ein Webinterface (Abbildung 7) erfolgen, für die Betriebssysteme Windows, MacOS, Linux, iOS und Android gibt es auch Client-Anwendungen, die eine lokale Datensynchronisierung am Anwender-Computer ermöglichen.

Zum Testen wurde Nextcloud auf einem Raspberry Pi 400 installiert.

Weiters ist anzumerken, dass neben der selbst-gehosteten Nextcloud-Lösung der Service bei Nextcloud GmbH auch gemietet werden kann. Das Modell ist in diesem Fall gleich wie bei Google, Microsoft und Dropbox. Der fertig installierte Nextcloud-Service wird auf einem Fremdserver gegen eine monatliche Miete über das Internet beansprucht. Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich aber ausschließlich mit der selbst-gehosteten Nextcloud-Lösung.

⁶ Achtung! Die Öffnung von Ports birgt IT-Sicherheitsrisiken!

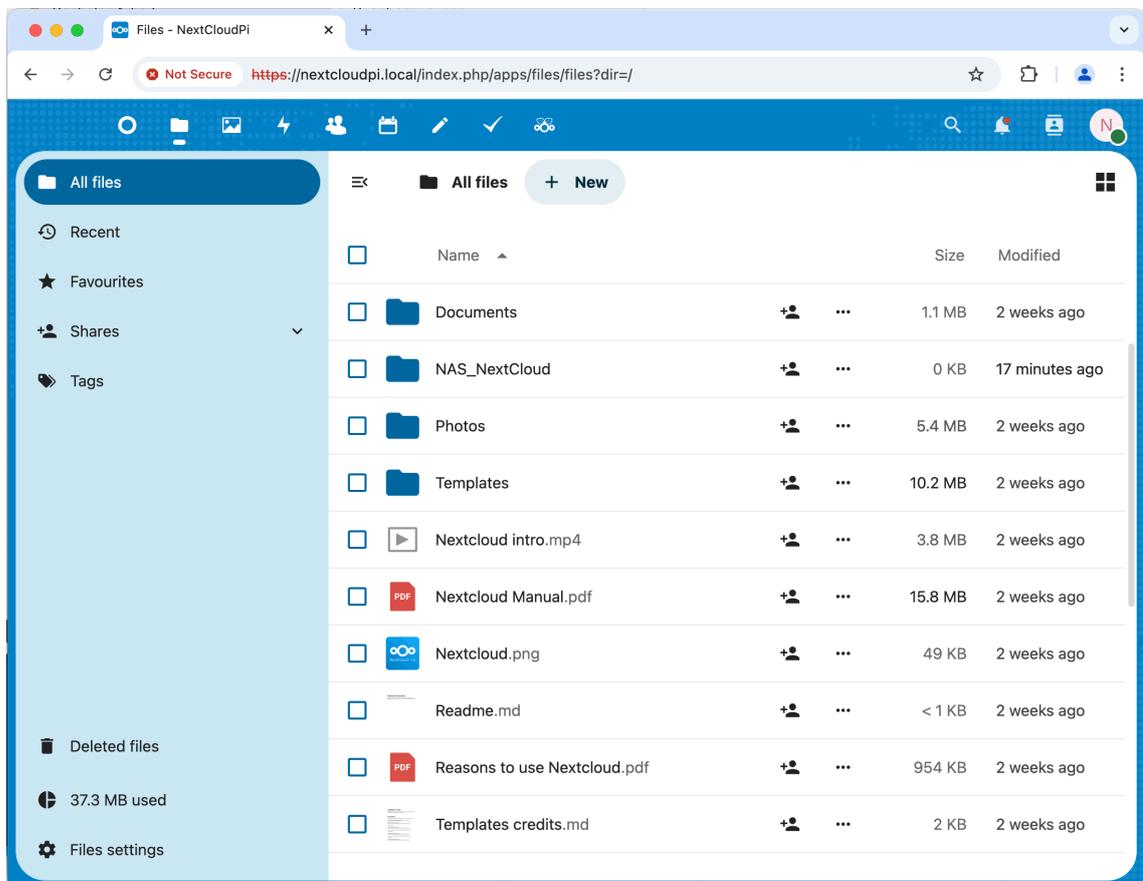


Abbildung 7: Screenshot Weboberfläche Nextcloud (selbst-gehostet)

3.2.2.2 OpenMediaVault

Webseite:

<https://www.openmediavault.org/>

OpenMediaVault ist eine NAS-Softwarelösung welche als Open-Source-Projekt betrieben und weiterentwickelt wird. Die Software ist kostenlos verfügbar und muss auf eigener Hardware (PC, Server, ...) installiert werden. Als Betriebssystem ist ein Debian basiertes Linux notwendig. OpenMediaVault fokussiert sich hauptsächlich auf die Basisfunktionen eines NAS und zielt auf die Anwendung in kleinen Büros oder Homeoffices ab. Es benötigt verhältnismäßig wenig Systemressourcen und kann daher auch auf schwacher Hardware installiert werden. (openmediavault 2024)

Zum Testen wurde OpenMediaVault auf einem Raspberry Pi 400 installiert. Als Datenspeicher wurde über die USB 3.0 Schnittstelle eine Samsung SSD T5 1TB Festplatte verbunden. Für eine produktive Anwendung ist dieser Testaufbau nicht zu empfehlen, da zur Erhöhung der Ausfallssicherheit mehrere Festplatten empfohlen werden. (RAID-Konfigurationen siehe Kapitel 2.2.3)

Zur Installation und Konfiguration sind Grundkenntnisse von Linux, Netzwerktechnik, Freigabeprotokolle und auch Wissen zur Auswahl von PC-Hardware notwendig.

Nach der Installation ist die Konfiguration über eine Weboberfläche möglich. Um Daten auf dem NAS zu speichern oder zu bearbeiten, werden Ordner über übliche Freigabeprotokolle z.B.: SMB⁷ eingerichtet. Von den Anwender-Computern kann auf die freigegebenen Ordner zugegriffen werden.

Explizite Clientsoftware für die Anwender-Computer wird nicht geboten.

3.3 Datenspeicher auf einzelnen Endgeräten

3.3.1 Lokale Festplatte in PC

Zum Speichern der Daten wird eine SSD verwendet, welche in einem Computer verbaut ist. Konkret wird für den Test die SSD Crucial MX500 verwendet. (Crucial 2024)

Die SSD ist in einem Computer, als DAS verbaut. Siehe dazu Kapitel 2.2.1.1. Der Zugriff der Daten erfolgt über den PC mit dem die SSD verbunden ist. Das Kollaborieren mehrerer Personen am gleichen Datenstand kann nur durch das Bearbeiten der Daten auf dem gleichen Computer erfolgen.

⁷ Server Message Block (SMB), ist ein Netzprotokoll für Datei-, Druck- und andere Serverdienste in Rechnernetzen. Es erlaubt anderen Computern Zugriff auf Dateien und Verzeichnisse. (Wikipedia 2024c)

4. Konzeptionelle Vorgehensweise und Lösungsansatz

Um die Forschungsfrage zu beantworten, soll das am besten geeignete Produkt zum Speichern digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen gefunden werden. In der Voranalyse dieser Arbeit wurden bereits die oben beschriebenen Produkte als mögliche Kandidaten evaluiert.

Für diese Art von Problemstellung eignet sich deshalb die Forschungsmethode Weighted Scoring Model. (Staudinger 2024)

In diesem Kapitel wird die konzeptionelle Vorgehensweise zur Beantwortung der Forschungsfrage basierend auf dem Lösungsansatz Weighted Scoring Model erklärt.

4.1 Forschungsmethode Weighted Scoring Model

Das Weighted Scoring Model reiht mögliche Optionen indem gewichtete Kriterien für jede Option bewertet werden. (Staudinger 2024)

Dabei werden folgende Schritte ausgeführt (Staudinger 2024), (Morpus 2024):

1. Es werden Kriterien an die möglichen Optionen festgelegt.
2. Jedem Kriterium wird ein Gewicht zugewiesen, welches die relative Wichtigkeit widerspiegelt. Dies kann durch Vergeben von Prozentzahlen erfolgen, sodass die Summe aller Gewichte 100% ergibt. Oder auch durch relative Gewichtzahlen z.B.: von 1 bis 10.
3. Es wird eine Bewertungsmatrix erstellt bei der, der Reihe nach, jedes Kriterium für jeder Option bewertet wird. Auch hier wird eine beliebige relative Zahl vergeben. Je höher die Zahl desto eher erfüllt die Option das Kriterium.
4. Jede Bewertung wird mit der Gewichtung des Kriteriums multipliziert. Die Ergebnisse aller Kriterien werden für jede Option aufsummiert.
5. Die Option mit der höchsten Punkteanzahl ist offenbar am besten für die definierten Anforderung geeignet.

4.2 Konkrete Vorgehensweise

Die konkrete Vorgehensweise zum Beantworten der Forschungsfrage beinhaltet folgende Schritte:

4.2.1 Anwendungsfälle

Im ersten Schritt werden Anwendungsfälle in Bezug auf Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen gesammelt. Durch das Sammeln der Anwendungsfälle soll es anschließend einfacher möglich sein, funktionale Anforderungen abzuleiten und diese zu definieren.

Folgende Fragestellungen helfen beim Aufstellen der Anwendungsfälle (Indeed 2024):

- Welche anwendenden Personen gibt es?
- Was beabsichtigen die Anwendenden mit den digitalen Daten zu machen?
- Welches Verhalten erwarten sich die Anwendenden vom System?

4.2.2 Anforderungen

Im nächsten Schritt werden die Anforderungen an das Produkt zum Speichern digitaler Daten definiert und jeweils in einem kurzen Satz niedergeschrieben. Dabei gibt es funktionale und nicht-funktionale Anforderungen. Die funktionalen Anforderungen werden aus den Anwendungsfällen abgeleitet.

4.2.3 Aufstellen des Weighted Scoring Model

Basierend auf den Anforderungen werden die Kriterien für das Weighted Scoring Model festgelegt. Ein Kriterium wird dabei mit nur wenigen Worten formuliert. Im besten Fall besteht das Kriterium nur aus einem Wort. z.B.: „Benutzerfreundlichkeit“, „Kosten“...

Anschließend wird mit den weiteren Schritten der Methode Weighted Scoring Model fortgesetzt und so das beste Produkt für ehrenamtlich geführte Vereine zum Speichern digitaler Daten evaluiert.

4.2.4 Schlussfolgerung und Interpretation des Ergebnisses

Mit dem Ergebnis aus dem Weighted Scoring Model kann die Hypothese falsifiziert werden.

Abschließend wird das Ergebnis interpretiert und kritisch hinterfragt. Unter anderem werden hier Gedanken zu folgenden Fragestellungen bearbeitet:

- Für welche Bereiche außerhalb des definierten Gültigkeitsbereich ist diese Erkenntnis noch relevant?
- Gibt es eventuell weitere Einschränkungen in der Gültigkeit des Ergebnisses als ursprünglich angenommen?

- Gibt es Unsicherheiten und wenn ja, welche Gegebenheiten könnten das Ergebnis maßgeblich beeinflussen?

5. Anwendungsfälle und Anforderungen

Als Basis für das Aufstellen vom Weighted Scoring Model werden in diesem Kapitel die Anforderungen an die Speicherlösung aufgestellt.

5.1 Interagierende Personen

Um Anwendungsfälle aufstellen zu können, werden die mit dem System interagierenden Personen in Gruppen eingeteilt. Diese Personengruppen entsprechen den zukünftigen Nutzerinnen und Nutzern des Systems.

Vereinsmitglieder

Ein Vereinsmitglied ist eine, dem Verein zugehörige, Person, dessen Rechte und Pflichten in den Statuten des Vereins festgelegt sind. Die Vereinsstatuten können für Vereinsmitglieder die Bestimmungen für den Erwerb und die Beendigung der Mitgliedschaft definieren und dabei auch verschiedenen Arten von Mitgliedern vorsehen. (Vereinsgesetz 2025) (Bundeskanzleramt Österreich 2025)

In dieser Bachelorarbeit wird mit Vereinsmitglied ein ordentliches Mitglied bezeichnet, welches auch bei der Hauptversammlung teilnahmeberechtigt ist.

Mit speziellen Aufgaben betraute Mitglieder im Verein:

Für den Betrieb des Vereins führen gewisse Mitglieder spezielle Aufgaben aus. Dazu zählt der Vereinsvorstand, Funktionäre oder auch Mitglieder denen spezielle Aufgaben zugewiesen wurden.

Je nach Aufgabe ist es für diese Personen notwendig digitale Daten zu bearbeiten, welche für herkömmliche Mitglieder nicht zugänglich sind.

Externe Personen:

Personen, welche kein Mitglied vom Verein sind, aber aus bestimmten Gründen gewisse digitale Daten vom Verein verarbeiten müssen. Dazu zählen zum Beispiel der oder die RechnungsprüferIn.

Öffentlichkeit:

Alle Personen welche keinen direkten Bezug zum Verein haben. In gewissen Fällen macht es Sinn Daten mit der Öffentlichkeit zu teilen.

5.2 Anwendungsfälle

Anwendungsfälle zu dokumentieren sind ein gängiger Ansatz zur Spezifikation der funktionalen Anforderungen. Sie sollen so formuliert sein, dass sie von den Benutzern, die mit dem System arbeiten, verstanden werden. (Tiwari und Gupta 2015)

Die folgenden Anwendungsfälle sind daher aus Sicht der interagierenden Personen, welche in Kapitel 5.1 beschrieben wurden, formuliert.

Die Anwendungsfälle wurden auf Basis von Beobachtungen der Abläufe und Aktivitäten in Bezug auf das Speichern und Verwenden von digitalen Daten im ehrenamtlich geführten Verein Schützengesellschaft St. Georgen a. d. Gusen erhoben und anschließend allgemein gültig formuliert.

Dabei wurde die Methode der direkten Beobachtung angewandt, bei der die Beobachterinnen und Beobachter in persönlichen Kontakt mit den Benutzerinnen und Benutzern treten und das Verhalten vor Ort analysieren. Im Vergleich zur indirekten Beobachtung hat dies den Vorteil, dass neben den Abläufen auch ein plastischer Eindruck der Situation erhalten werden kann. (Gross 2020)

Anwendungsfall 1: Verarbeitung digitaler Daten in den Räumlichkeiten des Vereins

Vereinsmitglieder verarbeiten in den Räumlichkeiten des Vereins digitale Daten. Unter anderem werden neue Daten erstellt (z.B.: Erstellen eines Sitzungsprotokolls), bestehende Daten verändert (z.B.: Aktualisieren einer Ergebnisliste mit neuen Ergebnissen einer Veranstaltung) oder nicht benötigte Daten gelöscht.

Dieser Anwendungsfall stellt die absoluten Basisfunktionen einer Speicherlösung da und muss deshalb auf jeden Fall unterstützt werden.

Anwendungsfall 2: Datenverarbeitung über Fernzugriff (über das Internet)

Von Vereinsmitgliedern wird auf digitale Daten für ein effizientes Arbeiten auch von außerhalb der Räumlichkeiten vom Verein zugegriffen. Fernzugriff ist beispielsweise hilfreich bei Tätigkeiten wie das Ablegen von Rechnungen oder das Einsehen eines Terminplans. Für einen bequemen Fernzugriff funktioniert der Zugang von allen gängigen Endgeräten. Dazu zählen PC oder auch das Mobiltelefon.

Anwendungsfall 3: Kollaboration am gleichen Datenbestand

Mehrere Vereinsmitglieder bearbeiten die gleichen Daten. Beispielsweise wird für eine Veranstaltung eine Aufgabenliste geführt, welche von mehreren Vereinsmitgliedern bearbeitet wird.

Anwendungsfall 4: Bestehender Datenbestand migrieren

Um auf die neue Speicherlösung umzusteigen werden bestehende Daten, von einer mit dieser Aufgabe betrauten Person, migriert. Der gesamte bestehende Datenbestand wird dabei auf die neue Speicherlösung übertragen.

Anwendungsfall 5: Daten werden externen Personen zu Verfügung gestellt

Daten werden vereinsexternen Personen zur Verfügung gestellt. Beispielsweise werden Fotos oder andere Medien mit externen Personen geteilt oder dem oder der RechnungsprüferIn wird Zugriff auf Daten der Buchhaltung gegeben.

Anwendungsfall 6: Berechtigungen

Personen mit speziellen Aufgaben im Verein bearbeiten Daten, auf welche nicht alle Vereinsmitglieder Zugriff haben dürfen. Beispielsweise verwaltet der Vereinsvorstand eine Mitgliederliste, in der alle personenbezogenen Daten enthalten sind. Der Zugriff auf diese Datei muss eingeschränkt werden können.

Anwendungsfall 7: Teilen von Daten mit der Öffentlichkeit

Ausgewählte Daten werden der Öffentlichkeit für die Einsicht zugänglich gemacht. Beispielsweise wird Werbematerial oder Fotos eine Veranstaltung geteilt.

5.3 Anforderungen

5.3.1 Funktionale Anforderungen

Abgeleitet aus den Anwendungsfällen ergeben sich die **funktionalen Anforderungen** an das System. (Projektmagazin 2016)

In Tabelle 2 sind die resultierenden funktionalen Anforderungen aufgelistet. In der rechten Spalte ist ersichtlich aus welchem Anwendungsfall die Anforderung resultiert.

Nr.	Bezeichnung	Beschreibung	Aus Anwendungsfall
1	Daten speichern	Daten speichern mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	1
2	Daten bearbeiten	Daten bearbeiten mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	1
3	Daten löschen	Daten löschen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	1
4	Daten einsehen	Daten einsehen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	1
5	Fernzugriff	Auf Daten mittels Fernzugriff über das Internet zugreifen	2
6	Mobile Client	Daten über mobile Endgeräte bearbeiten	2
7	Kollaboration	Kollaboration mehrere Personen am gleichen Datenbestand	3
8	Datenimport	Import von bestehendem Datenbestand	4
9	Datenexport	Export des gesamten Datenbestandes	4
10	Datenfreigabe für externe Personen	Einrichten eines Zugriffs auf ausgewählte Daten für externe Personen	5
11	Benutzerrechteverwaltung	Zugriffsrechte der Daten kann für die Nutzer definiert werden.	6

12	Daten öffentlich zugänglich machen	Ausgewählte Daten können öffentlich einsehbar gemacht werden.	7
----	------------------------------------	---	---

Tabelle 2: Funktionale Anforderungen

5.3.2 Nichtfunktionale Anforderungen

Nichtfunktionale Anforderungen lassen sich aus dem Systemkontext und aus der Norm für Softwarequalität nach ISO/IEC 2500 ableiten. (Projektmagazin 2016)

Die Vorgehensweise vom (Projektmagazin 2016) ist zwar speziell für Softwareprodukte beschrieben lässt sich für den Anwendungsfall der Auswahl der besten Speicherlösung aber ebenfalls anwenden.

In dieser Bachelorarbeit wird eine allgemeine Lösung gesucht, daher werden die funktionalen Anforderungen nicht mit absoluten Werten für einen spezifischen Anwendungsfall angegeben, sondern nur als Auflistung gesammelt um anschließend als Kriterium im Weighted Scoring Model verwendet werden zu können.

In Tabelle 3 sind die relevanten nichtfunktionale Anforderungen basierend auf der Auflistung vom Standard „Software Product Quality“ ISO/IEC 25010:2023 (ISO 25000 2024) für den Anwendungsfall von digitalen Datenspeicher bei ehrenamtlich geführten Vereinen aufgestellt.

Nr.	Bezeichnung	Beschreibung
13	Zeitverhalten	Schnelle Übertragungsgeschwindigkeiten
14	Kapazität	Skalierbarer Speicherplatz
15	Erlernbarkeit	Geringes IT-Knowhow zum Verwenden und Betreiben der Lösung notwendig
16	Bedienbarkeit	Gute Gebrauchstauglichkeit
17	Verfügbarkeit	Hohe Verfügbarkeit
18	Wiederherstellbarkeit	Wiederherstellen von Daten bei Hardwaredefekten oder Datenverlust möglich
19	Vertraulichkeit	Daten sind möglichst lokal gespeichert
20	Wartbarkeit	Geringer Wartungsaufwand

21	Austauschbarkeit	Unabhängigkeit vom Lieferanten, sodass auch in Zukunft ein Wechsel der Speicherlösung möglich ist
----	------------------	---

Tabelle 3: Nichtfunktionale Anforderungen aus ISO/IEC 25010

In Tabelle 4 sind weitere, sich aus dem Systemkontext ergebende, nichtfunktionale Anforderungen aufgestellt.

Nr.	Bezeichnung	Beschreibung
22	Kosten	Geringe Kosten
23	Support	Support vom Hersteller verfügbar

Tabelle 4: Nichtfunktionale Anforderungen aus dem Systemkontext

6. Weighted Scoring Model

In diesem Kapitel wird die Methode Weighted Scoring Model im Detail vorgestellt und anschließend zur Auswahl der besten Speicherlösung angewandt.

6.1 Allgemeines zum Weighted Scoring Model

Für die Methode Weighted Scoring Model gibt es in der Literatur mehrere ähnliche synonyme Bezeichnungen. Dazu zählen (Eschenbach u. a. 2015):

- die Nutzwertanalyse (kurz NWA),
- das Punktwertverfahren und
- das Scoring-Model.

Wie im Kapitel 1.2 bereits beschrieben wird die Methode des Weighted Scoring Model dann verwendet, wenn eine Entscheidung darüber getroffen werden muss, welches Produkt, Tool oder Software am besten geeignet ist, definierte Anforderungen zu erfüllen, und dafür bereits mehrere Kandidaten ins Auge gefasst werden können. (Staudinger 2024)

Neben quantitativen Kriterien (wie z.B.: Geldeinheiten und technische Größen) werden beim Weighted Scoring Model auch qualitative, nicht-monetäre Kriterien (wie z.B.: Benutzerfreundlichkeit, Unabhängigkeit oder Flexibilität) berücksichtigt. (Eschenbach u. a. 2015)

Auf Basis subjektiver Gewichtung über den Teilnutzen eines Kriteriums wird ein Gesamtnutzwert als Maß der Vorziehenswürdigkeit (Präferenz) einer Alternative ermittelt. Die Reihung erfolgt anschließend Anhand dieses Gesamtnutzwertes der Alternativen. (Eschenbach u. a. 2015)

Wichtige Vorteile des Weighted Scoring Models sind (Eschenbach u. a. 2015):

- die Übersichtlichkeit des Bewertungs- und Entscheidungsprozesses,
- die einfache Anwendbarkeit,
- das breite Anwendungsspektrum,
- das Aufzeigen eventueller Zielkonflikte,
- quantitative und qualitative Kriterien werden berücksichtigt und
- nicht monetäre Einflussgrößen werden transparent dargestellt.

Zu den Nachteilen des Weighted Scoring Models zählen folgende Punkte (Eschenbach u. a. 2015):

- Die Festlegung der Kriterien und ihre Gewichtung ist subjektiv.

- Der Kriterienkatalog ist möglicherweise nicht vollständig.
- Das Ergebnis ist ein Vergleichswert (besser/schlechter), der aber nicht grundlegend messbar ist.

6.2 Kriterien aus den Anforderungen

Um aus den Anforderungen von Kapitel 5.3 einen Kriterienkatalog für das Weighted Scoring Model zu erstellen müssen folgende wichtige Punkte beachtet werden:

- Muss-Kriterien müssen identifiziert werden. Alternativen, welche diese Kriterien nicht erfüllen, scheiden aus. (Eschenbach u. a. 2015)
- Um den Kriterienkatalog übersichtlicher zu machen werden die Kriterien in der Regel hierarchisch aufgebaut. (Gerber 2010)
In Tabelle 5 sind die Kriterien daher hierarchisch in Kategorien eingeteilt, denen sie zugeordnet sind.
- Die Kriterien müssen unabhängig sein. Es muss sichergestellt sein, dass die Erfüllung eines Kriteriums nicht erst zusammen mit der Erfüllung eines anderen Kriteriums einen Beitrag zum Gesamtnutzen einer Alternative leistet. (Gerber 2010)
Dies würde ansonsten zu einer überproportionalen Bewertung eines Kriteriums führen.

Bei den aufgestellten Anforderungen von Kapitel 5.3 wurden als Muss-Kriterien die Anforderungen „1. Daten speichern“, „2. Daten bearbeiten“, „3. Daten löschen“ und „4. Daten einsehen“ identifiziert. Diese Stellen die absolute Basis einer Speicherlösung da und müssen deshalb unterstützt werden.

Im Kriterienkatalog in Tabelle 5 sind diese Muss-Kriterien speziell gekennzeichnet.

Weiteres wurden folgende Abhängigkeiten unter den Anforderungen identifiziert:

Abhängigkeit der Anforderungen „8. Datenimport“, „9. Datenexport“ und „21. Austauschbarkeit“.

Für das Erfüllen der Anforderung Austauschbarkeit, muss auch die Funktion Datenimport und Datenexport existieren. Es besteht eine Überschneidung und die Anforderungen sind nicht unabhängig. Es wird daher in den Kriterienkatalog nur die Anforderung „21. Austauschbarkeit“ übernommen.

Abhängigkeit der Anforderungen „10. Datenfreigabe für externe Personen“, „11. Benutzerrechteverwaltung“ und „12. Daten öffentlich zugänglich machen“.

Ist es mit einer Speicherlösung möglich Datenfreigaben zu erstellen und flexible Zugriffsberechtigungen zu vergeben können diese so eingestellt werden, dass Daten mit der Öffentlichkeit geteilt werden können. Die Anforderung „12. Daten öffentlich zugänglich machen“ ist daher von den Funktionen „10. Datenfreigabe für externe Personen“ und „11. Benutzerrechteverwaltung“ abhängig und wird deshalb nicht in den Kriterienkatalog übernommen.

Tabelle 5 zeigt den resultierenden Kriterienkatalog für das Weighted Scoring Model.

6.3 Gewichtung der Kriterien

Zu jedem Kriterium wird nun eine Gewichtung vergeben. Diese soll die aktuelle Bedeutung der Kriterien für die Entscheidung ausdrücken. (Eschenbach u. a. 2015)

Die Gewichtungen werden üblicherweise als Relativgewichte, das heißt als prozentuale Angabe des Beitrags des Kriteriums zum Gesamturteil, angegeben. (Gerber 2010)

Die prozentuale Gewichtung stellt daher die Wichtigkeit eines Kriteriums relativ zu den anderen Kriterien da.

In Tabelle 5 ist der Kriterienkatalog inklusive festgelegter Gewichtungen der Kriterien g_i ersichtlich.

Kriterium	Zielbeschreibung	Muss-Krit.	Gewichtung	
			g_i	
Basisfunktionen				30,0%
Daten speichern	Daten speichern mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	X	7,5%	
Daten bearbeiten	Daten bearbeiten mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	X	7,5%	
Daten löschen	Daten löschen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	X	7,5%	
Daten einsehen	Daten einsehen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	X	7,5%	
Erweiterte Funktionalität				7,0%
Fernzugriff	Auf Daten mittels Fernzugriff über das Internet zugreifen		1,4%	
Mobile Client	Daten über mobile Endgeräte bearbeiten		1,4%	
Kollaboration	Kollaboration mehrere Personen am gleichen Datenbestand		1,4%	
Datenfreigabe für externe Personen	Einrichten eines Zugriffs auf ausgewählte Daten für externe Personen		1,4%	
Benutzerrechteverwaltung	Zugriffsrechte der Daten kann für die Nutzer definiert werden.		1,4%	
Technische Kriterien				12,0%
Zeitverhalten	Schnelle Übertragungsgeschwindigkeiten		4,0%	
Kapazität	Skalierbarer Speicherplatz		8,0%	
Bedienung				5,0%
Erlernbarkeit	Geringes IT Knowhow zum Erlernen und Betreiben der Lösung notwendig		1,5%	
Bedienbarkeit	Gute Gebrauchstauglichkeit bei der täglichen Verwendung		3,5%	
Datensicherheit				15,0%
Verfügbarkeit	Hohe Verfügbarkeit		4,0%	
Wiederherstellbarkeit	Wiederherstellen von Daten bei Hardwaredefekten und Datenverlust möglich		9,0%	
Vertraulichkeit	Daten sind möglichst lokal gespeichert		2,0%	
Betreiben der Lösung				8,0%
Wartbarkeit	Geringer Wartungsaufwand		2,5%	
Austauschbarkeit	Unabhängigkeit vom Lieferant sodass auch in Zukunft ein Wechsel der Speicherlösung möglich ist		4,0%	
Support	Support vom Hersteller verfügbar		1,5%	
Kosten				23,0%
Kosten	Geringe Kosten		23,0%	
				100,0%

Tabelle 5: Kriterienkatalog

Die Muss-Kriterien wurden mit 30% gewichtet und sind daher am stärksten ausgeprägt. Alternativen welche dieses Kriterium nicht erfüllen werden aber ohnehin ausgeschieden. Neben den Muss-Kriterien sind die Kosten mit 23% ein sehr wichtiger Faktor. Die restlichen Kriterien zusammen sind mit 47% bewertet.

6.4 Zielgrößenmatrix

Im nächsten Schritt wird die Zielgrößenmatrix aufgestellt. Hierbei handelt es sich um eine tabellarische Darstellung, in der den Kriterien aller Alternativen Zielgrößen zugewiesen werden. Bei den Zielgrößen handelt es sich um die Merkmalsausprägungen, bei denen

es sich um Zahlenwerte oder aber auch um verbale Beschreibungen handeln kann. (Gerber 2010)

Bis auf das Kriterium Kosten wurden alle Zielgrößen verbal beschrieben. In Tabelle 6 und Tabelle 7 ist die resultierende Zielgrößenmatrix mit den verbalen Beschreibungen ersichtlich.

Kriterium	Zielbeschreibung	Microsoft OneDrive	Google Drive	Dropbox	Synology NAS
Basisfunktionen					
Daten speichern	Daten speichern mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	nur über Internetverbindung	nur über Internetverbindung	nur über Internetverbindung	im lokalen Netzwerk
Daten bearbeiten	Daten bearbeiten mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	nur über Internetverbindung	nur über Internetverbindung	nur über Internetverbindung	im lokalen Netzwerk
Daten löschen	Daten löschen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	nur über Internetverbindung	nur über Internetverbindung	nur über Internetverbindung	im lokalen Netzwerk
Daten einsehen	Daten einsehen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	nur über Internetverbindung	nur über Internetverbindung	nur über Internetverbindung	im lokalen Netzwerk
Erweiterte Funktionalität					
Fernzugriff	Auf Daten mittels Fernzugriff über das Internet zugreifen	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	nach spezieller Einrichtung möglich
Mobile Client	Daten über mobile Endgeräte bearbeiten	standardmäßig verfügbar	standardmäßig verfügbar	standardmäßig verfügbar	standardmäßig verfügbar, manuelle Einrichtung notwendig
Kollaboration	Kollaboration mehrere Personen am gleichen Datenbestand	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich
Datenfreigabe für externe Personen	Einrichten eines Zugriffs auf ausgewählte Daten für externe Personen	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich
Benutzerrechteverwaltung	Zugriffsrechte der Daten kann für die Nutzer definiert werden.	Zugriffsrechte pro Ordner/Datei möglich	Zugriffsrechte pro Ordner/Datei möglich	Benutzerverwaltung über Teamaccount möglich	standardmäßig möglich
Technische Kriterien					
Zeitverhalten	Schnelle Übertragungsgeschwindigkeiten	Abhängigkeit von der Internetgeschwindigkeit	Abhängigkeit von der Internetgeschwindigkeit	Abhängigkeit von der Internetgeschwindigkeit	Abhängig von lokale Netzwerkgeschwindigkeit und verbauten Festplatten/SSDs
Kapazität	Skalierbarer Speicherplatz	sehr einfach skalierbar	sehr einfach skalierbar	sehr einfach skalierbar	Tausch der Festplatten notwendig, automatische Wiederherstellung der Daten
Bedienung					
Erlernbarkeit	Geringes IT Knowhow zum Erlernen und Betreiben der Lösung notwendig	kein spezielles IT-Knowhow nötig	kein spezielles IT-Knowhow nötig	kein spezielles IT-Knowhow nötig	IT-Knowhow notwendig: Netzwerktechnik: Basiswissen, Konfiguration einfach
Bedienbarkeit	Gute Gebrauchstauglichkeit bei der täglichen Verwendung	sehr hohe Gebrauchstauglichkeit	sehr hohe Gebrauchstauglichkeit	sehr hohe Gebrauchstauglichkeit	sehr hohe Gebrauchstauglichkeit
Datensicherheit					
Verfügbarkeit	Hohe Verfügbarkeit	Abhängigkeit von Cloudprovider und Internetverbindung	Abhängigkeit von Cloudprovider und Internetverbindung	Abhängigkeit von Cloudprovider und Internetverbindung	Lokaler Server
Wiederherstellbarkeit	Wiederherstellen von Daten bei Hardwaredefekten und Datenverlust möglich	Cloudseitiger Hardwareschutz, Versionsverwaltung möglich, Backups: Manuelle Einrichtung Daten in der Cloud	Cloudseitiger Hardwareschutz, Versionsverwaltung möglich, Backups: Manuelle Einrichtung Daten in der Cloud	Cloudseitiger Hardwareschutz, Versionsverwaltung möglich, Backups: Manuelle Einrichtung Daten in der Cloud	RAID Konfiguration für Festplatten, Versionsverwaltung möglich, Backupfunktion vorhanden
Vertraulichkeit	Daten sind möglichst lokal gespeichert				Daten sind lokal gespeichert
Betreiben der Lösung					
Wartbarkeit	Geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	Wartung notwendig (Sicherheitsupdates,...)
Austauschbarkeit	Unabhängigkeit vom Lieferant sodass auch in Zukunft ein Wechsel der Speicherlösung möglich ist	Manueller Datenexport und -import. Lange Dauer bei großen Datenmengen	Manueller Datenexport und -import. Lange Dauer bei großen Datenmengen	Manueller Datenexport und -import. Lange Dauer bei großen Datenmengen	Über Datenexport und -import möglich
Support	Support vom Hersteller verfügbar	Allgemeines Microsoft Support Center verfügbar	Supportanfrage über vordefiniertes Formular möglich	Community Support für Basic Accounts, Telefon- und Emailsupport für Business Accounts	Hersteller Support verfügbar
Kosten					
Kosten	Geringe Kosten	separate Analyse	separate Analyse	separate Analyse	separate Analyse

Tabelle 6: Zielgrößenmatrix Teil 1

Kriterium	Zielbeschreibung	QNAP NAS	Nextcloud	OpenMediaVault	lokale Festplatte in PC
Basisfunktionen					
Daten speichern	Daten speichern mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	im lokalen Netzwerk	im lokalen Netzwerk	im lokalen Netzwerk	nur von einem PC aus
Daten bearbeiten	Daten bearbeiten mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	im lokalen Netzwerk	im lokalen Netzwerk	im lokalen Netzwerk	nur von einem PC aus
Daten löschen	Daten löschen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	im lokalen Netzwerk	im lokalen Netzwerk	im lokalen Netzwerk	nur von einem PC aus
Daten einsehen	Daten einsehen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	im lokalen Netzwerk	im lokalen Netzwerk	im lokalen Netzwerk	nur von einem PC aus
Erweiterte Funktionalität					
Fernzugriff	Auf Daten mittels Fernzugriff über das Internet zugreifen	nach spezieller Einrichtung möglich	nach spezieller Einrichtung und manueller Netzwerkkonfiguration möglich	nach spezieller Einrichtung und manueller Netzwerkkonfiguration möglich	nicht möglich
Mobile Client	Daten über mobile Endgeräte bearbeiten	standardmäßig verfügbar, manuelle Einrichtung notwendig	standardmäßig verfügbar, manuelle Einrichtung notwendig	nicht verfügbar, SMB Shares möglich	nicht verfügbar
Kollaboration	Kollaboration mehrere Personen am gleichen Datenbestand	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	durch Sperren der Dateien auf Dateiselebene möglich	nicht möglich
Datenfreigabe für externe Personen	Einrichten eines Zugriffs auf ausgewählte Daten für externe Personen	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	nicht möglich	nicht möglich
Benutzerrechteverwaltung	Zugriffsrechte der Daten kann für die Nutzer definiert werden.	standardmäßig möglich	standardmäßig möglich	auf Dateiselebene möglich	durch passwortgeschützte Ordner möglich
Technische Kriterien					
Zeitverhalten	Schnelle Übertragungsgeschwindigkeiten	Abhängig von lokale Netzwerkgeschwindigkeit und verbauten Festplatten/SSDs	Abhängig von lokale Netzwerkgeschwindigkeit und verbauten Festplatten/SSDs	Abhängig von lokale Netzwerkgeschwindigkeit und verbauten Festplatten/SSDs	Abhängig von verbauter Festplatte/SSD
Kapazität	Skalierbarer Speicherplatz	Tausch der Festplatten notwendig, automatische Wiederherstellung der Daten	Tausch oder Hinzufügen einer Fesplatte, manuelle Datenübertragung und Konfiguration	Tausch oder Hinzufügen einer Fesplatte, manuelle Datenübertragung und Konfiguration	Tausch oder Hinzufügen einer Fesplatte, manuelle Datenübertragung
Bedienung					
Erlernbarkeit	Geringes IT Knowhow zum Erlernen und Betreiben der Lösung notwendig	IT-Knowhow notwendig: Netzwerktechnik: Basiswissen, Konfiguration anspruchsvoll	IT-Knowhow notwendig: Netzwerktechnik: Basiswissen, Linux: Basiswissen, Konfiguration: einfach	IT-Knowhow notwendig: Netzwerktechnik: anspruchsvoll, Linux: Basiswissen, Konfiguration: anspruchsvoll	IT-Knowhow notwendig: Basis PC Hardwareknowhow notwendig
Bedienbarkeit	Gute Gebrauchstauglichkeit bei der täglichen Verwendung	hohe Gebrauchstauglichkeit	sehr hohe Gebrauchstauglichkeit	mittlere Gebrauchstauglichkeit	sehr hohe Gebrauchstauglichkeit
Datensicherheit					
Verfügbarkeit	Hohe Verfügbarkeit	Lokaler Server	Lokaler Server	Lokaler Server	im PC verbaut
Wiederherstellbarkeit	Wiederherstellen von Daten bei Hardwaredefekten und Datenverlust möglich	RAID Konfiguration für Festplatten, Versionsverwaltung möglich, Backupfunktion vorhanden	Kein Hardwareschutz, Versionsverwaltung möglich, Backups: Manuelle Einrichtung	Kein Hardwareschutz, keine Versionsverwaltung, Backups: Manuelle Einrichtung	Kein Hardwareschutz, keine Versionsverwaltung, Backups: Manuelle Einrichtung
Vertraulichkeit	Daten sind möglichst lokal gespeichert	Daten sind lokal gespeichert	Daten sind lokal gespeichert	Daten sind lokal gespeichert	Daten sind lokal gespeichert
Betreiben der Lösung					
Wartbarkeit	Geringer Wartungsaufwand	Wartung notwendig (Sicherheitsupdates,...)	Wartung notwendig (Sicherheitsupdates,...), OS Wartung zusätzlich notwendig	Wartung notwendig (Sicherheitsupdates,...), OS Wartung zusätzlich notwendig	sehr geringer Wartungsaufwand
Austauschbarkeit	Unabhängigkeit vom Lieferant sodass auch in Zukunft ein Wechsel der Speicherlösung möglich ist	Über Datenexport und -import möglich	Über Datenexport und -import möglich, Open Source Lösung	Einfach möglich, Open Source Lösung	Einfach möglich
Support	Support vom Hersteller verfügbar	Hersteller Support verfügbar	Guter Community Support	Community Support	kein Support verfügbar, Community Support für allgemeine IT-Themen
Kosten					
Kosten	Geringe Kosten	separate Analyse	separate Analyse	separate Analyse	separate Analyse

Tabelle 7: Zielgrößenmatrix Teil 2

Die Kosten wurden in einem Zwischenschritt (siehe Kapitel 6.4.1) separat quantitativ bewertet, da Kosten bei Speicherlösungen stark von dem benötigten Speicherplatz abhängen. Der benötigte Speicherplatz kann für ehrenamtlich geführte Vereine nicht allgemein gültig festgelegt werden, daher wurde der Kostenvergleich über einen breiten Speicherbereich ausgeführt.

6.4.1 Bewertung Kriterium Kosten

Um das Kriterium Kosten zu bewerten zu können wurden die Kosten jeder Alternative bei verschiedenen Speicherplatzgrößen analysiert. Die Schwierigkeit ist dabei die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Technologien. Die gewählten Cloud-Lösungen basieren auf monatlicher oder jährlicher Zahlweise, während bei den NAS-Lösungen und selbst-gehosteten Lösungen eher Einmalkosten anfallen. Für eine einheitliche Basis wurden daher die Gesamtkosten über 5 Jahre betrachtet.

Die Kosten wurden für die unterschiedlichen Lösungen folgendermaßen kalkuliert:

- Für Microsoft OneDrive, Google Drive und Dropbox wurden die jährlichen Abokosten für die jeweilige Speicherplatzgröße über 5 Jahre aufsummiert.
- Für das Synology NAS und das QNAP NAS wurden die Anschaffungskosten vom Gerät (siehe Kapitel 3.2.1), zwei Festplatten für den RAID-Verbund und die Stromkosten über 5 Jahre betrachtet.
- Für Nextcloud und OpenMediaVault wurden ein Raspberry Pi Set als Server, eine Festplatte und die Stromkosten über 5 Jahre betrachtet.
- Für die lokale Festplatte in einem PC wurden eine Festplatte und die Stromkosten der Festplatte über 5 Jahre betrachtet.

Kosten Festplatten:

Alle lokalen Speicherlösungen beinhalten Festplatten, welche im Dauerbetrieb im Einsatz sind.

Für diesen Anwendungsfall haben Festplattenhersteller spezielle NAS-Festplatten entwickelt, welche für den Dauerbetrieb ausgelegt sind. Diese Festplatten haben eine hohe MTBF⁸ und erzeugen im Betrieb nur sehr geringe mechanische Schwingungen, sodass sie sich im Verbund mit mehreren Festplatten nicht gegenseitig beeinflussen. (CyberBlog 2022)

Um die Kostenberechnung einheitlich zu gestalten, wurden die folgenden Festplattentypen zur Berechnung verwendet. Für die 1 TB Festplatte wurde eine Seagate IronWolf NAS HDD gewählt. Für 2 TB und mehr wurde eine Festplatte vom Typ Seagate IronWolf Pro NAS HDD verwendet. Die Kosten der unterschiedlichen Speicherplatzgrößen sind in Tabelle 8 ersichtlich.

⁸ MTBF – Mean Time Between Failures ist die mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (Wikipedia 2025)

Kapazität	1 TB	2 TB	5 TB	12 TB	20 TB
Kosten	€ 69,88	€ 125,29	€ 149,79	€ 279,19	€ 418,21

Tabelle 8: Kosten Festplatten, Stand: 12.01.2025 (Geizhals 2024)

Kosten Hardware:

Für die Lösungen Nextcloud und OpenMediaVault, welche jeweils als Server einen Raspberry Pi einsetzen, wurde ein Raspberry PI 5 8GB mit 128 GB SD Karte und einem Gehäuse um € 144,10 zur Berechnung verwendet. Stand 12.01.2025 (Amazon 2025)

Die Hardwarekosten vom Synology NAS und vom QNAP NAS wurden bereits in Kapitel 3.2.1 ermittelt.

In Tabelle 9 sind die Einmalkosten der benötigten Hardware (ohne Festplatten) dargestellt.

	Microsoft OneDrive	Google Drive	Dropbox	Synology NAS	QNAP NAS	Nextcloud	OpenMedia Vault	lokale Festplatte in PC
Einmalkosten Gerät				€ 193,60	€ 171,33	€ 144,10	€ 144,10	

Tabelle 9: Einmalkosten Hardware

Stromkosten:

Laut E-Control liegt der Strompreis zwischen 24 und 42 Cent je kWh. Stand: 12.01.2025 (E-Control 2025) Für die Berechnung der Stromkosten wurde daher der Mittelwert von 33 Cent je kWh verwendet.

Die berechneten Stromkosten der einzelnen Alternativen für 5 Jahre sind in Tabelle 10 dargestellt.

	Microsoft OneDrive	Google Drive	Dropbox	Synology NAS	QNAP NAS	Nextcloud	OpenMedia Vault	lokale Festplatte in PC
Leistungsaufnahme Gerät [W]				16,31	10,81	5,925	5,925	
Leistungsaufnahme Festplatte [W]				6,00	6,00	3,00	3,00	3,00
Gesamtleistungsaufnahme [W]				22,31	16,81	8,93	8,93	3,00
Stromkosten für 5 Jahre				€ 322,47	€ 242,97	€ 129,00	€ 129,00	€ 43,36

Tabelle 10: Stromkosten

In Summe ergeben sich, abhängig von den verschiedenen Speicherkapazitäten, über 5 Jahre die in Tabelle 11 dargestellten Kosten. Auf Grund der fix definierten Abstufungen des Speicherplatzes der Cloudanbieter, sowie der verfügbaren Festplattengrößen, konnten die Kosten nicht bei jeder Lösung für jede Speicherplatzgröße ermittelt werden. Dropbox bietet beispielsweise untypische Speicherplatzgrößen mit 2 TB, 9 TB und 21

TB an. In Abbildung 8 sind die Kosten grafisch dargestellt. Dies bietet einen besseren Überblick des Kostenvergleichs.

Gesamtkosten über 5 Jahre abhängig von der Speicherkapazität in [TB]	Microsoft OneDrive	Google Drive	Dropbox	Synology NAS	QNAP NAS	Nextcloud	OpenMedia Vault	lokale Festplatte in PC
1	€ 345,00			€ 655,83	€ 554,06	€ 412,86	€ 412,86	€ 113,24
2	€ 825,00	€ 495,00	€ 599,40	€ 766,65	€ 664,88	€ 398,39	€ 398,39	€ 168,65
5	€ 2.265,00	€ 1.249,95		€ 815,65	€ 713,88	€ 422,89	€ 422,89	€ 193,15
9			€ 2.160,00					
10	€ 4.665,00	€ 2.999,40						
12				€ 1.074,45	€ 972,68	€ 552,29	€ 552,29	€ 322,55
20	€ 9.465,00	€ 5.999,40		€ 1.352,49	€ 1.250,72	€ 691,31	€ 691,31	€ 461,57
21			€ 5.040,00					

Tabelle 11: Gesamtkosten abhängig von der Speicherkapazität

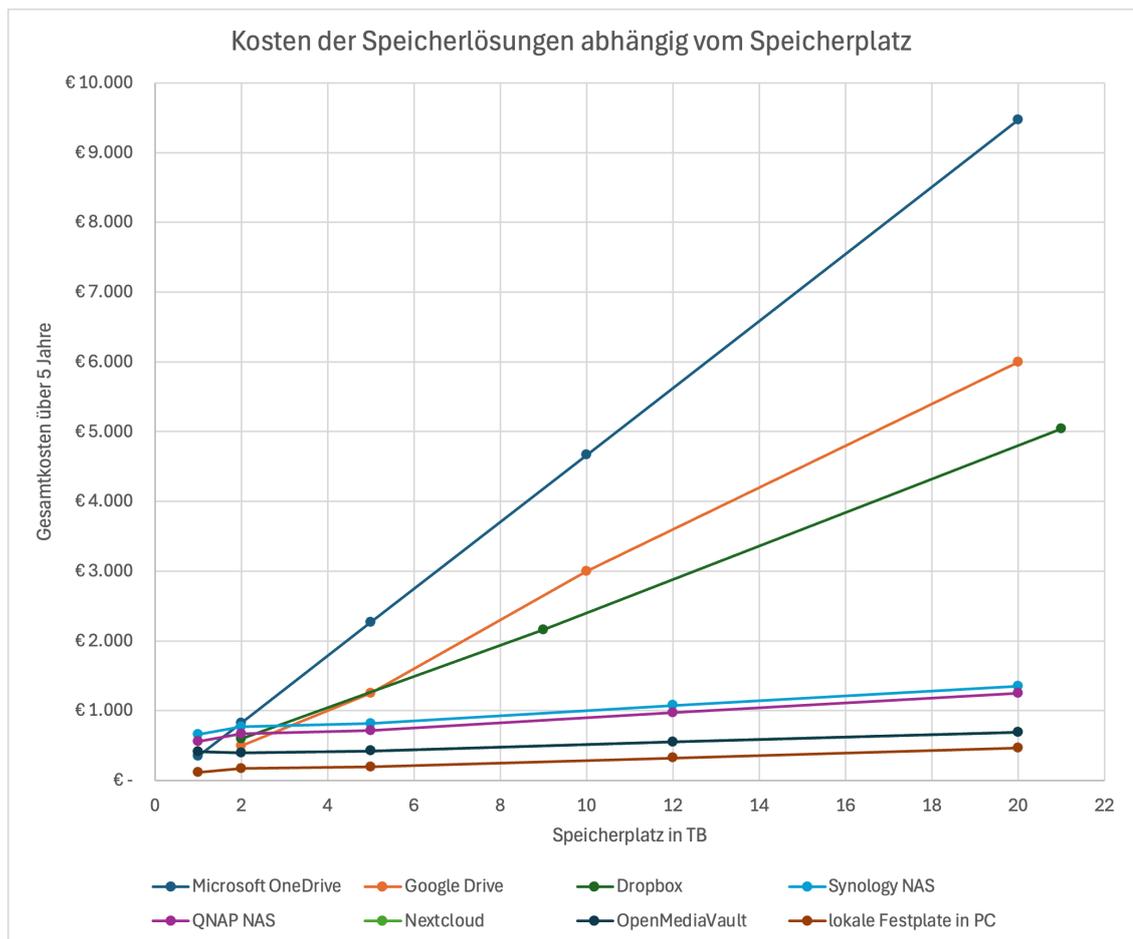


Abbildung 8: Gesamtkosten abhängig von der Speicherkapazität

6.5 Anwendung des Weighted Scoring Model

Als nächster Schritt werden die Kriterien der zu vergleichenden Alternativen bewertet, indem die zuvor ermittelten Zielgrößen beurteilt werden. Die Einzelurteile stammen aus einer für die gesamte Bewertung einheitlichen Wertskala. Wenn die Zielerträge qualitativ, das heißt verbal, erfasst werden können, erfolgt die Zuweisung der Zielwerte zu einem Zielertrag mit Hilfe von Urteilsschemata. (Gerber 2010)

Bei der Bewertung wurde dabei eine Skala von 0 bis 10 verwendet.

Qualitative Kriterien, die mit der Zahl 0 bewertet wurden sind mit der entsprechenden Alternative nicht erfüllbar. Eine höhere Zahl stellt eine bessere Erfüllung des Kriteriums durch die ermittelte Zielgröße dar.

Das Kriterium Kosten wurde Anhand der Analyse in Kapitel 6.4.1 bewertet. Je höher die Zahl, desto günstiger ist die Alternative im Mittel über den gesamten Speicherbereich.

Die gewichtete Bewertung n_{ij} für jedes Kriterium i und jede Alternative j ergibt sich schließlich aus dem Produkt der bewerteten Zielgröße w_{ij} und dem Absolutgewicht g_i . (Gerber 2010)

$$n_{ij} = g_i * w_{ij}$$

Der Gesamtnutzwert einer Alternative kann nun durch Addition der gewichteten Bewertungen n_{ij} gebildet werden. Es wird dabei also das arithmetische Mittel gebildet. (Gerber 2010)

$$\text{Gesamtnutzwert je Alternative } j = \sum_{i=1}^{\text{Anzahl der Kriterien}} n_{ij}$$

Tabelle 12 und Tabelle 13 zeigen das Ergebnis des Weighted Scoring Models mit den absoluten Bewertungen jedes Kriteriums w_{ij} , den gewichteten Bewertungen jedes Kriteriums und den resultierenden Gesamtnutzwerten jeder Alternative.

Die Muss-Kriterien können von allen Speicherlösungen erfüllt werden, daher ist keine Lösung vorab ausgeschlossen.

Kriterium	Zielbeschreibung	Gewichtung
		g_i
Basisfunktionen		30,0%
Daten speichern	Daten speichern mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	7,5%
Daten bearbeiten	Daten bearbeiten mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	7,5%
Daten löschen	Daten löschen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	7,5%
Daten einsehen	Daten einsehen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	7,5%
Erweiterte Funktionalität		7,0%
Fernzugriff	Auf Daten mittels Fernzugriff über das Internet zugreifen	1,4%
Mobile Client	Daten über mobile Endgeräte bearbeiten	1,4%
Kollaboration	Kollaboration mehrere Personen am gleichen Datenbestand	1,4%
Datenfreigabe für externe Personen	Einrichten eines Zugriffs auf ausgewählte Daten für externe Personen	1,4%
Benutzerrechteverwaltung	Zugriffsrechte der Daten kann für die Nutzer definiert werden.	1,4%
Technische Kriterien		12,0%
Zeitverhalten	Schnelle Übertragungsgeschwindigkeiten	4,0%
Kapazität	Skalierbarer Speicherplatz	8,0%
Bedienung		5,0%
Erlernbarkeit	Geringes IT Knowhow zum Erlernen und Betreiben der Lösung notwendig	1,5%
Bedienbarkeit	Gute Gebrauchstauglichkeit bei der täglichen Verwendung	3,5%
Datensicherheit		15,0%
Verfügbarkeit	Hohe Verfügbarkeit	4,0%
Wiederherstellbarkeit	Wiederherstellen von Daten bei Hardwaredefekten und Datenverlust möglich	9,0%
Vertraulichkeit	Daten sind möglichst lokal gespeichert	2,0%
Betreiben der Lösung		8,0%
Wartbarkeit	Geringer Wartungsaufwand	2,5%
Austauschbarkeit	Unabhängigkeit vom Lieferant sodass auch in Zukunft ein Wechsel der Speicherlösung möglich ist	4,0%
Support	Support vom Hersteller verfügbar	1,5%
Kosten		23,0%
Kosten	Geringe Kosten	23,0%
Gesamtnutzwert		100,0%

Tabelle 12: Weighted Scoring Model Teil 1

Microsoft OneDrive		Google Drive		Dropbox		Synology NAS	
w _{i1}	n _{i1}	w _{i2}	n _{i2}	w _{i3}	n _{i3}	w _{i4}	n _{i4}
8	0,6	8	0,6	8	0,6	10	0,75
8	0,6	8	0,6	8	0,6	10	0,75
8	0,6	8	0,6	8	0,6	10	0,75
8	0,6	8	0,6	8	0,6	10	0,75
10	0,14	10	0,14	10	0,14	7	0,098
10	0,14	10	0,14	10	0,14	8	0,112
10	0,14	10	0,14	10	0,14	10	0,14
10	0,14	10	0,14	10	0,14	10	0,14
6	0,084	6	0,084	8	0,112	10	0,14
6	0,24	6	0,24	6	0,24	9	0,36
10	0,8	10	0,8	10	0,8	7	0,56
10	0,15	10	0,15	10	0,15	8	0,12
10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35
7	0,28	7	0,28	7	0,28	9	0,36
9	0,81	9	0,81	9	0,81	8	0,72
2	0,04	2	0,04	2	0,04	10	0,2
8	0,2	8	0,2	8	0,2	6	0,15
4	0,16	4	0,16	4	0,16	6	0,24
5	0,075	7	0,105	8	0,12	7	0,105
3	0,69	4	0,92	5	1,15	7	1,61
6,839		7,099		7,372		8,405	

Kriterium	Zielbeschreibung	Gewichtung
		g_i
Basisfunktionen		30,0%
Daten speichern	Daten speichern mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	7,5%
Daten bearbeiten	Daten bearbeiten mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	7,5%
Daten löschen	Daten löschen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	7,5%
Daten einsehen	Daten einsehen mit IT-Infrastruktur innerhalb des Vereins	7,5%
Erweiterte Funktionalität		7,0%
Fernzugriff	Auf Daten mittels Fernzugriff über das Internet zugreifen	1,4%
Mobile Client	Daten über mobile Endgeräte bearbeiten	1,4%
Kollaboration	Kollaboration mehrere Personen am gleichen Datenbestand	1,4%
Datenfreigabe für externe Personen	Einrichten eines Zugriffs auf ausgewählte Daten für externe Personen	1,4%
Benutzerrechteverwaltung	Zugriffsrechte der Daten kann für die Nutzer definiert werden.	1,4%
Technische Kriterien		12,0%
Zeitverhalten	Schnelle Übertragungsgeschwindigkeiten	4,0%
Kapazität	Skalierbarer Speicherplatz	8,0%
Bedienung		5,0%
Erlernbarkeit	Geringes IT Knowhow zum Erlernen und Betreiben der Lösung notwendig	1,5%
Bedienbarkeit	Gute Gebrauchstauglichkeit bei der täglichen Verwendung	3,5%
Datensicherheit		15,0%
Verfügbarkeit	Hohe Verfügbarkeit	4,0%
Wiederherstellbarkeit	Wiederherstellen von Daten bei Hardwaredefekten und Datenverlust möglich	9,0%
Vertraulichkeit	Daten sind möglichst lokal gespeichert	2,0%
Betreiben der Lösung		8,0%
Wartbarkeit	Geringer Wartungsaufwand	2,5%
Austauschbarkeit	Unabhängigkeit vom Lieferant sodass auch in Zukunft ein Wechsel der Speicherlösung möglich ist	4,0%
Support	Support vom Hersteller verfügbar	1,5%
Kosten		23,0%
Kosten	Geringe Kosten	23,0%
Gesamtnutzwert		100,0%

Tabelle 13: Weighted Scoring Model Teil 2

QNAP NAS		Nextcloud		OpenMediaVault		lokale Festplatte in PC	
w _{i5}	n _{i5}	w _{i6}	n _{i6}	w _{i7}	n _{i7}	w _{i8}	n _{i8}
10	0,75	10	0,75	10	0,75	7	0,525
10	0,75	10	0,75	10	0,75	7	0,525
10	0,75	10	0,75	10	0,75	7	0,525
10	0,75	10	0,75	10	0,75	7	0,525
7	0,098	5	0,07	5	0,07	0	0
8	0,112	8	0,112	2	0,028	0	0
10	0,14	10	0,14	1	0,014	0	0
10	0,14	10	0,14	0	0	0	0
10	0,14	10	0,14	3	0,042	1	0,014
9	0,36	9	0,36	9	0,36	10	0,4
7	0,56	6	0,48	6	0,48	6	0,48
7	0,105	4	0,06	3	0,045	9	0,135
8	0,28	10	0,35	5	0,175	10	0,35
9	0,36	9	0,36	9	0,36	6	0,24
8	0,72	6	0,54	4	0,36	2	0,18
10	0,2	10	0,2	10	0,2	10	0,2
6	0,15	4	0,1	4	0,1	10	0,25
6	0,24	7	0,28	8	0,32	8	0,32
7	0,105	6	0,09	5	0,075	2	0,03
8	1,84	9	2,07	9	2,07	10	2,3
8,550		8,492		7,699		6,999	

7. Analyse der Ergebnisse und Schlussfolgerung

7.1 Analyse der Ergebnisse

Durch das vollständig bewertete Weighted Scoring Model ist nun der Gesamtnutzwert jeder Alternative verfügbar. Dies ist ein Maß der Vorziehenswürdigkeit (Präferenz) des Produkts für die definierten Kriterien. (Eschenbach u. a. 2015) In Tabelle 14 sind die Produkte, gereiht nach dem Gesamtnutzwert aus dem Weighted Scoring Model, dargestellt.

Nr.	Produkt	Gesamtnutzwert
1	QNAP NAS	8,550
2	Nextcloud	8,492
3	Synology NAS	8,405
4	OpenMediaVault	7,699
5	Dropbox	7,372
6	Google Drive	7,099
7	lokale Festplatte in PC	6,999
8	Microsoft OneDrive	6,839

Tabelle 14: Reihung der Produkte nach dem Gesamtnutzwert

Den höchsten Gesamtnutzwert erreicht dabei das Produkt QNAP NAS. Dieses Ergebnis deckt sich daher nicht mit der eingangs aufgestellten Hypothese, dass das Synology NAS für die Anwendung am besten geeignet wäre.

Das Synology NAS kommt in der gereihten Bewertung erst an 3. Stelle. Mit einem Gesamtnutzwert von 8,550 (QNAP NAS) und 8,405 (Synology NAS) liegen diese zwei Produkte aber in der Bewertung trotzdem sehr nahe beisammen. Ausschlaggebend war dabei der Faktor Kosten, wo das QNAP NAS geringere Gerätekosten und einen geringeren Stromverbrauch aufweisen kann. Ansonsten sind die Produkte QNAP NAS und Synology NAS bei den bewerteten Kriterien sehr ähnlich.

An 2. Stelle kommt die Open-Source-Lösung Nextcloud. Im Vergleich zu, in der Hypothese prognostizierten Lösung Synology NAS, hat Nextcloud bessere Bewertungen in der einfachen Austauschbarkeit durch den open-source Charakter und ebenfalls geringere Kosten.

Mit der Platzierung 5, 6 und 8 finden sich die Cloudlösungen Dropbox, Google Drive und Microsoft OneDrive auf den hinteren Plätzen. Obwohl diese Lösungen bei den Kriterien Bedienbarkeit, Wartbarkeit und Fernzugriff am besten abschneiden sind die Kosten bei einer allgemeinen Betrachtung speziell bei großem Speicherplatzbedarf zu hoch.

Daten nur auf einer lokalen Festplatte in einem PC zu speichern ist zwar eine sehr günstige Möglichkeit, aber als allgemeine Speicherlösung nicht gut geeignet. In der Reihung ist diese Alternative nur auf dem 7. Rang.

7.2 Beantwortung der Forschungsfrage

Anhand der in Tabelle 14 aufgestellten Reihung der Produkte nach dem Gesamtnutzwert kann nun die Forschungsfrage beantwortet werden und die aufgestellte Hypothese falsifiziert werden. Die Forschungsfrage und die ursprünglich aufgestellte Hypothese von Kapitel 1.1 sind hier nochmals angeführt.

Forschungsfrage:

Welches Produkt (Microsoft OneDrive, Google Drive, Dropbox, Synology NAS, QNAP NAS, Nextcloud, OpenMediaVault, lokale Festplatte in PC) ist für die Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen am besten geeignet?

Ursprünglich aufgestellte Hypothese:

Für die Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen ist das Produkt Synology NAS am besten geeignet.

Das mit der Methode Weighted Scoring Model ermittelte Produkt mit dem höchsten Gesamtnutzwert ist aber das Produkt QNAP NAS. Die Hypothese ist daher falsifiziert! Die Antwort auf die Forschungsfrage lautet stattdessen:

Für die Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen ist das Produkt QNAP NAS am besten geeignet.

7.3 Interpretation und Schlussfolgerung

Mit der Beantwortung der Forschungsfrage ist die allgemein gültige Lösung zur Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen gefunden.

Die Gesamtnutzwerte der einzelnen Produkte liegen beim Ergebnis aber teilweise sehr nah beisammen. Eine minimal anders eingeschätzte Bewertung eines Kriteriums oder eine abweichende Gewichtung kann die Reihung der Produkte ändern. Bei den Produkten auf der Platzierung 1 bis 3 ist dies der Fall. Diese liegen sehr nahe beisammen. Eine etwas geänderte Gewichtungen oder Bewertungen hätte daher auch

die Antwort auf die Forschungsfrage ändern können. Hier kommt auch der in Kapitel 6.1 beschriebene Nachteil der Methode Weighted Scoring Model zu tragen, dass die Kriterien und deren Gewichtung subjektiv sind.

Andererseits bedeuten die annähernd gleichen Gesamtnutzwerte von den Produkten QNAP NAS, Nextcloud und Synology NAS, dass alle drei Produkte als Speicherlösung für ehrenamtlich geführte Vereine gut geeignet sind.

Für jeden individuellen Fall kann es aber sinnvoll sein, die Gewichtung und Bewertung anhand der spezifischen Anforderungen erneut durchzuführen. Dadurch wird anstatt einer allgemein gültigen Antwort für ehrenamtlich geführte Vereine, die spezifisch beste Lösung für einen konkreten Anwendungsfall gefunden.

Beispielsweise ist für die Auswahl eines konkreten Anwendungsfall der exakte Speicherplatzbedarf entscheidend. Wie im Kostenvergleich in Abbildung 8 dargestellt, sind bei geringem Speicherplatzbedarf Cloudlösungen günstiger. Da diese bei vielen anderen Kriterien besser bewertet sind, ist davon auszugehen, dass Cloudlösungen bei geringem Speicherplatzbedarf eine bessere Lösung darstellen.

Weiteres ist bei der Bewertung der Cloudlösungen zu erkennen, dass sich diese hauptsächlich vom Preis unterscheiden. Funktionalität, Bedienbarkeit und andere Kriterien sind weitgehend gleich. Kommen bei der Auswahl einer Speicherlösung für einen konkreten Anwendungsfall nur Cloudlösungen in Frage, kann mit einem reinen Kostenvergleich eine sehr gute Entscheidung getroffen werden.

8. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel wird die gesamte Bachelorarbeit zusammengefasst und abschließend mögliche aufbauende Fragestellungen oder Erweiterungen zu dieser Arbeit diskutiert.

8.1 Zusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit wurde anhand vorausgewählter Alternativen (Microsoft OneDrive, Google Drive, Dropbox, Synology NAS, QNAP NAS, Nextcloud, OpenMediaVault, lokale Festplatte in PC) das beste Produkt für die Speicherung digitaler Daten in ehrenamtlich geführten Vereinen evaluiert. Als wissenschaftliche Methode wurde dabei das Weighted Scoring Model angewandt.

Als Basis dafür wurden Technologien zur Datenspeicherung wie Direct-Attached-Storage, Network-Attached-Storage und Cloudspeicher recherchiert und vorgestellt. Weiteres wurde anhand aktueller wissenschaftlicher Arbeiten der aktuelle Stand der Forschung rund um das Thema digitale Datenspeicher erhoben. Speziell wurde dabei auf Themen wie Kostenentwicklung von Cloudspeicher und dem Einsatz von NAS-Servern eingegangen.

Im nächsten Schritt wurden die zur Auswahl stehenden Produkte (Microsoft OneDrive, Google Drive, Dropbox, Synology NAS, QNAP NAS, Nextcloud, OpenMediaVault, lokale Festplatte in PC) im Detail vorgestellt.

Die funktionalen Anforderungen wurden anhand von Anwendungsfällen ermittelt. Die nicht-funktionalen Anforderungen wurden entweder aus dem Systemkontext abgeleitet oder aus der Norm für Softwarequalität ISO/IEC 2500 entnommen. Die Anforderungen wurden als Basis für die Kriterien des Weighted Scoring Models verwendet.

Die Methode Weighted Scoring Model wurde anschließend im Detail beschrieben und die notwendigen Schritte erklärt. Nachfolgend wurde die Methode auf die Fragestellung angewandt.

Den höchsten Gesamtnutzwert erreichte dabei das Produkt QNAP NAS. Damit ist dieses Produkt am besten zur Speicherung digitaler Daten für ehrenamtlich geführte Vereine geeignet. Die Forschungsfrage konnte somit beantwortet werden. Die eingangs aufgestellte Hypothese erwies sich als falsch.

Abschließend wurde das Ergebnis analysiert und interpretiert. Dabei ergab sich die wichtige Erkenntnis, dass auch kleine Abweichungen der Gewichtungen oder Bewertungen vom Weighted Scoring Model ein anderes Ergebnis zur Folge haben können. Beim Vorliegen eines spezifischen Anwendungsfall kann daher eine individuelle Betrachtung der Gewichtungen und Bewertungen Sinn machen.

8.2 Mögliche aufbauende Fragestellungen

In dieser Arbeit wurden digitale Speicherlösungen für den Anwendungsfall von ehrenamtlich geführten Vereinen evaluiert. Es ist anzunehmen, dass von den aufgestellten Kriterien und deren Bewertung im Weighted Scoring Model viel auch für kleine Unternehmen und für den privaten Bereich übernommen werden kann. Aufbauend auf dieser Arbeit könnte mit jeweils kleineren Anpassungen auch für diese Bereiche das am besten geeignete Produkt evaluiert werden. Um dies zu tun kann es Sinn ergeben, die Vorauswahl zu erweitern und weitere am Markt verfügbare Produkte in das Weighted Scoring Model aufzunehmen.

Um auch individuelle spezifische Anwendungsfälle zu berücksichtigen könnte das statische Weighted Scoring Model in einer aufbauenden Arbeit in ein interaktives Modell umgewandelt werden welches dynamisch anhand von spezifischen Anforderungen das am besten geeignete Produkt evaluiert. Eine anwendende Person könnte dabei die eigenen Präferenzen eintragen und das dynamische Modell schlägt das am besten geeignete Produkt inklusive nachvollziehbarer Berechnungen für diesen Einzelfall vor.

9. Literaturverzeichnis

- Amazon. 2025. „Raspberry Pi 5 8GB Starter-Kit“. 12. Jänner 2025. <https://www.amazon.de/>.
- Bundeskanzleramt Österreich. 2025. „Mitglieder des Vereins“. oesterreich.gv.at - Österreichs digitales Amt. 11. April 2025. https://www.oesterreich.gv.at/themen/reisen_und_freizeit/vereine/Seite.220900.html.
- Chopra, Rajiv. 2017. *Cloud Computing: An Introduction*. Bloomfield, UNITED STATES: Mercury Learning & Information. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/fernfh/detail.action?docID=4895092>.
- Costanza, Dario, Pierpaolo Coluccia, Erica Castiello, Adelaide Greco, und Leonardo Meomartino. 2022. „Description of a Low-cost Picture Archiving and Communication System Based on Network-attached Storage“. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 63 (3): 249. <https://doi.org/10.1111/vru.13061>.
- Crucial. 2024. „Crucial MX500“. Crucial. 2024. <https://www.crucial.de/ssd/mx500/ct1000mx500ssd1>.
- CyberBlog. 2022. „IronWolf Pro - Das macht die NAS-Festplatte anders“. CyberBlog. 29. November 2022. <https://www.cyberport.de/blog/ratgeber/die-beste-nas-festplatte-fuer-unternehmen-seagate-ironwolf-pro-im-check/>.
- Dropbox. 2024a. „Dropbox Installieren“. 9. August 2024. <https://help.dropbox.com/de-de/installs>.
- . 2024b. „Dropbox Pläne“. Dropbox. 9. August 2024. <https://www.dropbox.com/plans>.
- E-Control. 2025. „Was kostet eine Kilowattstunde Strom?“ E-Control. 12. Jänner 2025. <https://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis/was-kostet-eine-kwh>.
- Eschenbach, Rolf, Christian Horak, Michael Meyer, und Christian Schober, Hrsg. 2015. *Management der Nonprofit-Organisation: Bewährte Instrumente im praktischen Einsatz*. 3. Auflage 2015. Freiburg: Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft Steuern Recht GmbH.
- Freiwilligenweb. 2022. „Freiwilligenbericht“. Freiwilligenweb. 2022. <https://www.freiwilligenweb.at/freiwilliges-engagement/freiwilligenbericht/>.
- Geizhals. 2024. „Seagate IronWolf Pro NAS HDD ab € 125,95 (2025) | Preisvergleich Geizhals Österreich“. Geizhals.at. 16. Oktober 2024. <https://geizhals.at/seagate-ironwolf-pro-nas-hdd-v23344.html?view=list&pg=1>.
- Gerber, Hannes. 2010. *Bewertung der Qualität Von Tragwerken*. Berlin, GERMANY: Logos Verlag Berlin. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/fernfh/detail.action?docID=5216680>.
- Gnanasundaram, Somasundaram, und Alok Shrivastava. 2012. *Information Storage and Management: Storing, Managing, and Protecting Digital Information in Classic, Virtualized, and Cloud Environments*. Newark, UNITED STATES: John Wiley &

- Sons, Incorporated.
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/fernfh/detail.action?docID=818014>.
- Google. 2024a. „Google Drive-Hilfe“. 4. August 2024.
<https://support.google.com/drive?sjid=3311947500374613962-EU#topic=14940>.
- . 2024b. „Google One Speicher“. 4. August 2024.
https://support.google.com/googleone/answer/9004013?hl=de_AT&ref_topic=9171059.
- Gross, Tom. 2020. „Software Quality Engineering“. Ferdinand Porsche Fernfachhochschule GmbH.
- Hypertec Group Inc. 2024. „NAS vs SAN Storage Detailed Comparison“. Hypertec SP. 2024. <https://hypertecsp.com/knowledge-base/nas-vs-san/>.
- Indeed. 2024. „Creating a Use Case in 6 Steps (With Definition and Example)“. Indeed Career Guide. 16. August 2024. <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/developing-use-case>.
- ISO 25000. 2024. „ISO 25010“. 2024. <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010>.
- Jens. 2021. „Google One: Neues Speicherplatz-Kontingent mit 5 TB füllt wichtige Lücke; verdeutlicht das Problem (Meinung)“. *GoogleWatchBlog* (blog). 19. September 2021. <https://www.googlewatchblog.de/2021/09/google-one-neues-speicherplatz-luecke-problem/>.
- Juhasz, Zoltan. 2021. „Quantitative Cost Comparison of On-Premise and Cloud Infrastructure Based EEG Data Processing“. *Cluster Computing* 24 (2): 625–41. <https://doi.org/10.1007/s10586-020-03141-y>.
- Krumm, Niklas, und Noah Hoffman. 2020. „Practical estimation of cloud storage costs for clinical genomic data“. *Practical Laboratory Medicine* 21 (August):e00168. <https://doi.org/10.1016/j.plabm.2020.e00168>.
- Mell, Peter, und Tim Grance. 2011. „The NIST Definition of Cloud Computing“. NIST Special Publication (SP) 800-145. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>.
- Microsoft. 2024. „Microsoft OneDrive - Pläne und Preise“. 4. August 2024. <https://www.microsoft.com/de-at/microsoft-365/onedrive/online-cloud-storage>.
- Morpus, Nicholas. 2024. „A Step-by-Step Guide for Using a Weighted Scoring Model“. 22. April 2024. <https://www.fool.com/the-ascent/small-business/project-management/weighted-scoring-model/>.
- Nextcloud. 2024. „Nextcloud - Files“. *Nextcloud* (blog). 26. August 2024. <https://nextcloud.com/de/files/>.
- openmediavault. 2024. „Openmediavault - The Open Network Attached Storage Solution“. 21. August 2024. <https://www.openmediavault.org/>.
- Preisvergleich Internet Services AG. 2024. „Geizhals Preisvergleich Österreich“. Geizhals.at. 6. August 2024. <https://geizhals.at/>.

- Projektmagazin. 2016. „Anforderungen an Softwareprodukte klar definieren. Requirements Engineering für Projektleiter. Teil 3: Anforderungen für die Software-Entwicklung ableiten“. 12. Jänner 2016. https://www.projektmagazin.de/artikel/requirements-engineering-fuer-projektleiter-teil-3_1106030.
- Pure Storage, Inc. 2024. „Was ist Direct Attached Storage (DAS) | Pure Storage“. 2024. <https://www.purestorage.com/de/knowledge/what-is-direct-attached-storage.html>.
- QNAP Systems Inc. 2024. „TS-233 | Hardwarespezifikationen | QNAP“. QNAP Systems - Network Attached Storage (NAS). 14. August 2024. <https://www.qnap.com/de-de/product/ts-233/specs/hardware>.
- Reimsbach-Kounatze, Christian. 2015. „The Proliferation of “Big Data” and Implications for Official Statistics and Statistical Agencies: A Preliminary Analysis“. OECD Digital Economy Papers 245. Bd. 245. OECD Digital Economy Papers. <https://doi.org/10.1787/5js7t9wqzvg8-en>.
- Sen, Rajesh, und Akрати Sharma. 2020. „Optimization of Cost: Storage over Cloud Versus on Premises Storage“. In *2020 IEEE 9th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, 179–81. <https://doi.org/10.1109/CSNT48778.2020.9115736>.
- Smith, Hubbert. 2011. *Data Center Storage: Cost-Effective Strategies, Implementation, and Management*. London, UNITED KINGDOM: Auerbach Publishers, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/fernfh/detail.action?docID=800950>.
- Sport Austria. 2024. „Mitgliederstatistik“. 2024. <https://www.sportaustria.at/de/ueberuns/mitglieder/mitgliederstatistik>.
- statista. 2024. „Mobile OS Market Share Worldwide 2009-2024“. Statista. Mai 2024. <https://www.statista.com/statistics/272698/global-market-share-held-by-mobile-operating-systems-since-2009/>.
- Staudinger, Martin. 2024. „WI244: Grundlagen wissenschaftlichen Schreibens“.
- Synology Inc. 2024. „DiskStation® DS223j | Synology Inc.“ 14. August 2024. <https://www.synology.com/de-de/products/DS223j>.
- „TCO (Total Cost of Ownership) - Definition“. o. J. AT Internet. Zugegriffen 11. Juli 2024. <https://www.atinternet.com/de/glossar/tco-total-cost-of-ownership/>.
- Tiwari, Saurabh, und Atul Gupta. 2015. „A systematic literature review of use case specifications research“. *Information and Software Technology* 67 (November):128–58. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.06.004>.
- Vereinsgesetz. 2025. „RIS - Vereinsgesetz 2002 - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 11.04.2025“. 11. April 2025. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20001917>.
- Wikipedia. 2024a. „Elektroenzephalografie“. In *Wikipedia*. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektroenzephalografie&oldid=246073391>.

- . 2024b. „Picture Archiving and Communication System“. In *Wikipedia*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Picture_Archiving_and_Communication_System&oldid=245649097.
- . 2024c. „SMB - Server Message Block“. In *Wikipedia*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Server_Message_Block&oldid=240987303.
- . 2025. „Mean Time Between Failures“. In *Wikipedia*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mean_Time_Between_Failures&oldid=252755220.
- WKO. 2024. „Der (Ideal-)Verein“. wko.at. 2024. <https://www.wko.at/wirtschaftsrecht/der-idealverein>.
- Yeoh, Daniela, und Michael Matzenberger. 2019. „Vereine von Musik bis Sport: Vielvereintes Österreich!“ DER STANDARD. 23. November 2019. <https://www.derstandard.at/story/2000109784689/vereine-von-musik-bis-sport-vielvereintes-oesterreich>.

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kosten für Cloudspeicher im zeitlichen Verlauf (Krumm und Hoffman 2020)	14
Abbildung 2: Aufwände der Speicherlösungen Cloud vs. Lokal (Sen und Sharma 2020)	15
Abbildung 3: Synology NAS DS223J (Synology Inc. 2024).....	22
Abbildung 4: Screenshot Weboberfläche Synology DSM 7.2	23
Abbildung 5: QNAP TS-233 (QNAP Systems Inc. 2024)	24
Abbildung 6: Screenshot Weboberfläche QNAP QTS 5.1.....	25
Abbildung 7: Screenshot Weboberfläche Nextcloud (selbst-gehostet)	27
Abbildung 8: Gesamtkosten abhängig von der Speicherkapazität.....	46

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gängige RAID Konfigurationen (Smith 2011).....	12
Tabelle 2: Funktionale Anforderungen	36
Tabelle 3: Nichtfunktionale Anforderungen aus ISO/IEC 25010	37
Tabelle 4: Nichtfunktionale Anforderungen aus dem Systemkontext.....	37
Tabelle 5: Kriterienkatalog.....	41
Tabelle 6: Zielgrößenmatrix Teil 1	42
Tabelle 7: Zielgrößenmatrix Teil 2.....	43
Tabelle 8: Kosten Festplatten, Stand: 12.01.2025 (Geizhals 2024).....	45
Tabelle 9: Einmalkosten Hardware.....	45
Tabelle 10: Stromkosten.....	45
Tabelle 11: Gesamtkosten abhängig von der Speicherkapazität	46
Tabelle 12: Weighted Scoring Model Teil 1.....	48
Tabelle 13: Weighted Scoring Model Teil 2.....	48
Tabelle 14: Reihung der Produkte nach dem Gesamtnutzwert.....	49