

Network Attached Storage Server - Auswahl einer optimalen Cloud-Software für die private Cloud

Bachelorarbeit

eingereicht von: **Stanislaus Graf**
Matrikelnummer: 51841003

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

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Arts in Business

Betreuung und Beurteilung: DI Dr. Igor Miladinovic

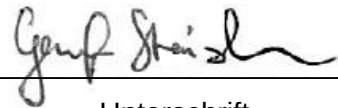
Wiener Neustadt, Mai 2025

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.

Wien, 21.05.2025



Unterschrift

Creative Commons Lizenz

Das Urheberrecht der vorliegenden Arbeit liegt beim Autor. Sofern nicht anders angegeben, sind die Inhalte unter einer Creative Commons (CC BY-NC-SA 4.0) lizenziert.

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

Die Kapitel 1 bis 2 der vorliegenden Bachelorarbeit wurden im Rahmen der Lehrveranstaltung „Bachelor Seminar 1“ eingereicht und am 14.05.2025 als Bachelorarbeit 1 angenommen.

Kurzzusammenfassung: Network Attached Storage Server - Auswahl einer optimalen Cloud-Software für die private Cloud

Für die Einrichtung einer privaten Cloud stehen viele Varianten zur Verfügung. In dieser Arbeit wird auf drei Softwarelösungen näher eingegangen: NextCloud, OwnCloud und Seafile. Ziel ist eine Übersicht über die theoretischen Cloud Computing Grundbegriffe und die Merkmale der einzelnen Modelle zu erhalten. Dabei soll eine Empfehlung über geeignetsten Cloud-Software gegeben werden, welche beim Betrieb auf einem NAS-Server am besten performt. Dazu wurde folgende Forschungsfrage gestellt: *Welche Cloud-Software (Nextcloud, Seafile, Owncloud) erfüllt beim Betrieb auf einem NAS-Server die im folgenden genannten Kriterien am besten?*

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurde eine wissenschaftliche Methode in Form einer Bewertungsmatrix speziell für diese Fragestellung entworfen und angewendet. Das Fundament dieser Arbeit stellt das Cloud Computing dar. In diesem wird auf Begriff, Grundlagen, Historische Entwicklung, Cloud Modelle, Cloud Services, Perspektiven und zukünftige Entwicklung sowie den Stand der Wissenschaften eingegangen. Weiteres folgt die konzeptionelle Vorgehensweise und Lösungsansatz, in welchem die Vorarbeiten der Bewertungsmatrix sowie die Festlegung der Kriterien eingegangen wird. Um eine Messung der Gesamtperformance durchführen zu können kommt das Monitoring Tool „Glances“ zum Einsatz. Für die Anwendung werden die Cloud-Software näher betrachtet, gegenübergestellt und anhand der Gewichtung ausgewertet. Abschließend wird eine Empfehlung für eine Cloud-Software (NextCloud) gegeben, welche die besten Ergebnisse erzielt und die Kriterien beim Betrieb auf einem NAS-Server optimal erfüllt.

Schlagwörter:

Cloud Computing, open-source Cloud Software, private Cloud, Nextcloud, Owncloud, Seafile

Abstract: Network Attached Storage Server - Choosing the best cloud software for the private cloud

Numerous options are offered for setting up a private cloud. In this work, three software solutions are explained in more detail: NextCloud, OwnCloud and Seafile. The goal is to provide an overview of the basic theoretical cloud computing terminology and of the features of the individual models. In the process, a recommendation is to be made on the most suitable cloud software that performs the best when operated on a NAS server. Therefore the following research question was asked: *Which cloud software (Nextcloud, Seafile, Owncloud) fulfills the criteria mentioned below optimally when operating on a NAS server?*

To answer the research question, a scientific method in the form of an evaluation matrix was developed and applied especially for this particular issue. The foundation of this work is cloud computing. It covers the concept, basics, historical development, cloud models, cloud services, perspectives and future trend as well as the current state of science. This is followed by the conceptual procedure and solution approach, which discusses the preparations for the evaluation matrix and the definition of the criteria. The "Glances" monitoring tool is used to measure overall performance. For the implementation, the cloud software is examined in more detail, compared and evaluated based on the weighting. In conclusion, a recommendation is made for a cloud software (NextCloud) that achieves the best results and optimally fulfills the criteria for operation on a NAS server.

Keywords:

cloud computing, open-source cloud software, private cloud, nextcloud, owncloud, seafile

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 Motivation, Forschungsfrage und Hypothese.....	1
1.2 Aufbau der Arbeit	2
2. CLOUD COMPUTING.....	3
2.1 Der Begriff	3
2.2 Grundlagen	4
2.3 Historische Entwicklung.....	7
2.4 Cloud Modelle	9
2.4.1 Public Cloud	10
2.4.2 Private Cloud	11
2.4.3 Hybrid Cloud.....	12
2.4.4 Organisationsdimensionen von Clouds.....	13
2.5 Cloud Services	14
2.5.1 Software as a Service (SaaS)	15
2.5.2 Platform as a Service (PaaS)	16
2.5.3 Infrastructure as a Service (IaaS)	17
2.6 Perspektiven und zukünftige Entwicklungen.....	18
2.7 Stand der Wissenschaft.....	20
3. KONZEPTIONELLER VORGEHENS- UND LÖSUNGSANSATZ.....	25
3.1 Vorbereitung der Bewertungsmatrix.....	25
3.2 Festlegung der Kriterien.....	26
4. VORBEREITUNG DES SYSTEMS UND INSTALLATION DER CLOUD- SOFTWARE.....	29
4.1 Installation des Betriebssystems	29
4.2 Installation der Cloud-Software am NAS-Server.....	33
4.2.1 NextCloud.....	33
4.2.2 OwnCloud.....	34
4.2.3 Seafile.....	35

4.2.4	Installation von NextCloud.....	36
4.3	Installation des Monitoring Tools	40
5.	EVALUIERUNG UND ANALYSE DER ERGEBNISSE	42
6.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	49
	LITERATURVERZEICHNIS	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anbieter von Cloud Computing-Services	5
Abbildung 2: Technologische Evolution des Cloud Computing	8
Abbildung 3: Cloud Einsatzvarianten	9
Abbildung 4: Beispiel für "Hybrid Cloud"-Computing.....	12
Abbildung 5: Typisierung von Clouds in zwei Dimensionen	13
Abbildung 6: Architektur der Cloud-Services	14
Abbildung 7: Bewertung von Cloud Computing	18
Abbildung 8: Screenshot iLO Web Interface	30
Abbildung 9: Screenshot Remote Console	30
Abbildung 10: Screenshot Mount ISO-File	31
Abbildung 11: Screenshot Bootoptionen.....	31
Abbildung 12: Screenshot Installationsmenü des UCS	32
Abbildung 13: Screenshot Login UCS Web-Oberfläche.....	37
Abbildung 14: Screenshot Menüpunkt „System- und Domäneneinstellungen“	37
Abbildung 15: Screenshot Untermenü „App Center“	38
Abbildung 16: Screenshot Nextcloud Hub App	38
Abbildung 17: Screenshot NextCloud Anmeldeoptionen	39
Abbildung 18: Screenshot NextCloud Web-Oberfläche	39
Abbildung 19: PuTTY Configuration	40
Abbildung 20: Glances im Web Server Modus	41
Abbildung 21: Screenshot Glances - NextCloud (min CPU)	42
Abbildung 22: Screenshot Glances - NextCloud (max CPU)	43
Abbildung 23: Screenshot Glances - OwnCloud (min CPU)	43
Abbildung 24: Screenshot Glances - OwnCloud (max CPU)	44
Abbildung 25: Screenshot Glances - Seafile (min CPU)	44
Abbildung 26: Screenshot Glances - Seafile (max CPU)	45

1. Einleitung

1.1 Motivation, Forschungsfrage und Hypothese

In den letzten Jahren wird die Cloud Computing Technologie immer öfter von verschiedensten Unternehmen und Organisationen weltweit angewendet. Die Beweggründe für den Einsatz einer Cloud sind Kosteneffizienz, Skalierbarkeit, Flexibilität und gezielte Nutzung der Ressourcen. Der Zugriff erfolgt hierbei dezentralisiert über das Netz, was die klassische Vorstellung von einer Datennutzung von Grund auf verändert. (Yanamala, 2024, S. 448-449)

Cloud Computing wird oft als eine bedeutende und innovative Umstellung in einem Unternehmen betrachtet. Bei der Auswahl eines Cloudmodells (Public Cloud, Private Cloud oder Hybrid Cloud) ist es wichtig zu beachten jenes auszuwählen, welches den Anforderungen einer Organisation am ehesten entspricht. (Golightly, Chang, Xu, Gao, & Liu, 2022, S. 15)

Bei einem Fokus auf Sicherheit, Individualisierung und vollständige Kontrolle des Systems ist eine Private Cloud die beste Wahl. Zudem bietet dieses Modell Unabhängigkeit vom Anbieter, minimale Latenzzeiten und dadurch eine hohe Datenübertragungsrate für den Endbenutzer. (Maaz, Ahmed, Maqsood, & Soma, 2023, S. 1-12)

Vor der Nutzung des ausgewählten Cloudmodells müssen Vorbereitungsarbeiten getätigt werden. Im ersten Schritt wird ein passendes Betriebssystem auf einer Server Hardware installiert und konfiguriert. Als nächstes muss eine für den Cloud-Betrieb geeignete Cloud-Software gefunden, ausgewertet und anschließend auf dem System eingerichtet werden.

Aktuell stehen unzählige Softwareoptionen für die Einrichtung einer privaten Cloud zur Verfügung. Diese Bachelorarbeit fokussiert sich auf die meistgenutzten Softwarelösungen wie NextCloud, Seafile und OwnCloud. Dabei beschäftigt sie sich mit der Konfiguration, Implementierung und dem Auswahlprozess einer optimalen Cloud-Software für eine Private Cloud. Als Methode wird eine Bewertungsmatrix angewendet, bei welcher die drei gewählten Softwarevarianten anhand konkreter Kriterien verglichen werden.

Davon lässt sich folgende Forschungsfrage ableiten:

„Welche Cloud-Software (Nextcloud, Seafile, Owncloud) erfüllt beim Betrieb auf einem NAS-Server die im folgenden genannten Kriterien am besten?“

Die Hypothese zu der obigen Fragestellung die im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden soll wäre:

„Die Cloud-Software „Nextcloud“ erfüllt bei einem Betrieb auf einem NAS-Server die genannten Kriterien am besten“.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit teilt sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil. Im Kapitel 2 wird für ein besseres Verständnis der Begriff und Grundlagen des Cloud Computing nähergebracht. Anschließend führt ein weiteres Unterkapitel durch die historische Entwicklung und technologische Evolution der Cloud.

Unterkapitel 2.4 gibt eine Übersicht über bestehende Cloud Modelle wie Public Cloud, Private Cloud und Hybrid Cloud. Außerdem werden hier auch die Organisationsdimensionen von Clouds vorgestellt.

Unterkapitel 2.5 erwähnt die Architektur der Cloud-Services „Software as a Service“, „Platform as a Service“, „Infrastructure as a Service“ und beschreibt die einzelnen Hauptebenen für Endverbraucher, Anwendungsentwickler und Netzwerkarchitekten. Weiterführend werden Perspektiven und wesentliche Trends näher gebracht, welche die Zukunft des Cloud Computing gestalten werden. Auch aktuelle Themen wie Machine Learning und künstliche Intelligenz sind in diesem Kapitel enthalten.

Unterkapitel 2.7 gibt einen Überblick über die vorhandene wissenschaftliche Literatur zum Forschungsthema dieser Bachelorarbeit.

Im praktischen Teil beschreibt das Kapitel 3 den konzeptionellen Vorgehens- und Lösungsansatz. Dabei wird auf die Vorbereitung der Bewertungsmatrix als Methode und die Bestimmung der Kriterien näher eingegangen.

Kapitel 4 beschäftigt sich vor allem mit der Installation des geeigneten Betriebssystems und der einzelnen Cloud-Lösungen. Am Ende dieses Kapitels wird auch die Installation des Monitoring Tools für die Messung der Performance dargestellt.

Die Umsetzung der im Kapitel 3 erstellen Vorgehensweise wird im Kapitel 5 durchgeführt. Dabei wird die Bewertungsmatrix befüllt, gewichtet und evaluiert. Die Ergebnisse aus der Bewertungsmatrix werden kurz präsentiert und die am besten bewertete Cloud-Software (NextCloud) anschließend beschrieben. Ein Fazit über die gesammelten Einblicke aus der Bewertung wird ebenfalls gegeben.

Im letzten Kapitel 7 erfolgt die Zusammenfassung der geschriebenen Arbeit und die Beantwortung der gestellten Forschungsfrage.

2. Cloud Computing

Heutzutage gehört Cloud Computing zu den am häufigsten diskutierten Themen im IT-Bereich. Laufende Weiterentwicklung und Optimierung der Cloud-Services eröffnen unzählige Einsatzmöglichkeiten für die Nutzer. (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI, 2012, S. 8)

Aus jüngsten Studien geht hervor, dass Cloud Computing in der Zukunft Milliarden von Dollar für neue Investitionen wert sein wird. Die Cloud-Dienste bieten viele Vorteile für Unternehmen wie Flexibilität, Selbstbedienung, Ressourcenreichtum, Allgegenwärtigkeit, Reaktionsfähigkeit und Kosteneffizienz. (Chopra, 2017, S. ix) Durch die verfügbaren Dienste kann unkompliziert auf die Infrastruktur in der Cloud zugegriffen werden. Die Ressourcen sind dynamisch und dadurch auch jederzeit anpassbar, ohne sich mit den dahinterliegenden Prozessen auseinandersetzen zu müssen. Automatisierung, Skalierbarkeit und effiziente Abläufe in der Cloud verbessern die Leistung und reduzieren gleichzeitig die Unternehmenskosten. (Yahyapour & Wieder, 2013, S. 22) Mit den genannten Vorteilen wachsen auch die Herausforderungen an die Sicherheit und die IT-Governance, welche beachtet werden sollten (Jamsa, 2023, S. xiii).

In diesem Kapitel werden der Begriff, die Grundlagen, historische Entwicklung, sowie Cloud Modelle und Services nähergebracht. Abschließend werden Perspektiven und zukünftige Entwicklungen des Cloud Computing erläutert. Stand der Wissenschaft schließt den theoretischen Teil dieser Arbeit ab.

2.1 Der Begriff

Für einen besseren Überblick über die Definition des Cloud Computing werden nachfolgend Begriffserklärungen ausführlich erläutert.

Obwohl es bereits viele Definitionen von Fachexperten gibt, existiert aktuell noch immer keine offizielle Bezeichnung für den Begriff „Cloud Computing“. Zu diesem Thema wurden einige Sammelwerke zusammengestellt, die als Orientierungshilfe für die Formulierung einer eigenen Begriffsdefinition dienen. (Adelsberger & Drechsler, 2010, S. 3-4) Eine der meist zitiertesten Definitionen für Cloud Computing ist die von National Institute of Standards and Technology, NIST: „Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction.“ (NIST, 2024)

Buyya beschreibt Cloud Computing als ein Modell, bei dem die Infrastruktur als sogenannte Wolke dargestellt wird. Auf diese kann aus der ganzen Welt über das Internet zugegriffen werden. (Dhuria, Gupta, & Singla, 2017, S. 162) Dies ermöglicht dem Benutzer physische Rechenleistung und Anwendungsplattformen zu virtualisieren und auf den in der Cloud gehosteten Diensten zu betreiben. Leistungen wie Infrastruktur, Applikationen und sonstige Geschäftsprozesse werden dem Benutzer unkompliziert und ortsunabhängig zur Verfügung gestellt. Da die Ressourcen schnell und zeiteffizient durch den Kunden manuell oder mittels automatisierter Tools angepasst werden können, bietet das Cloud Computing eine gewisse Flexibilität. (Chopra, 2017, S. 1-2) Auch ein elektronischer Datenaustausch im Internet wird oft als „Cloud Computing“ bezeichnet (Adelsberger & Drechsler, 2010, S. 3-4).

Cloud Computing ist die passende Lösung wenn zusätzlicher Speicherplatz benötigt wird oder Rechenleistung rasch bereitgestellt werden muss. Aufgrund der aufgezählten Vorteile können IT-Prozesse deutlich schneller durchgeführt und Projekte mit weniger Aufwand und Kosten umgesetzt werden. Die Bezeichnung Cloud hat sich in der Gesellschaft als ein Dienst im Netz etabliert. (Leyh & Hentschel, 2018, S. 4)

2.2 Grundlagen

Cloud Computing wird überall dort eingesetzt wo ständig wachsende Datenmengen verarbeitet werden müssen, ohne dabei große Investitionen in die eigene Infrastruktur zu tätigen (Sharma, Sharma, & Elhoseny, 2020, S. 169-170). Zudem stellt es eine gute Alternative zu dem traditionellen IT-Outsourcing dar (Michelbach & Riahi, 2013, S. 2).

Diese Technologie verbreitet sich weltweit, wobei die Implementierung in einigen Ländern etwas verzögert angenommen und umgesetzt wird. Dadurch wird die Angebotsvielfalt der heutigen IT erweitert und in manchen Fällen komplett ersetzt. Bei der Implementierung der Services durch die Cloud-Anbieter wird ein großer Wert auf Datenschutz und IT-Sicherheit gelegt. (BITKOM, 2009, S. 13-14)

Um optimale Ergebnisse zu erzielen sollte die Cloud Computing Technik bereits in der Basis der Business-Strategie mitberücksichtigt werden. Hierbei kann mit einem kleineren Pilotprojekt gestartet werden um sich einen besseren Überblick zu verschaffen. (BITKOM, 2009, S. 13-14)

Heutzutage werden diverse Cloud-Services im großen Umfang angeboten. Zu den bekanntesten Diensten gehört Microsoft 365. (Hurwitz & Kirsch, 2020, S. 8-9) In der Cloud werden weitere Dienstleistungen und Ressourcen zur Verfügung gestellt. Dazu zählen Hardware, Betriebssysteme, Entwicklungsumgebungen und Anwendungssoftware sowie neuere Technologien wie Blockchain und künstliche Intelligenz (Mei, 2022, S. 17).

Auch cloudbasierte Anwendungen wie E-Mail-Dienste, Streaming- und CRM-Plattformen werden im Geschäftsalltag gerne eingesetzt (Hurwitz & Kirsch, 2020, S. 8-9).

Cloud-Dienste können sowohl reine Rechenleistung als auch fertige Applikationssysteme wie CRM oder ERP einschließen und werden in vereinbarter Form vom Anbieter bereitgestellt. Beispielsweise gilt eine einsatzbereite Telefonanlage als ein Everything-as-a-Service (XaaS) und ist für diejenigen Unternehmen interessant, die sich nicht mit Aufbau und Betrieb eines solchen Systems befassen möchten. (Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 11-13) Applikationen mit neueren Technologien wie Künstliche Intelligenz und Blockchain können bei Bedarf zusammen mit dem Dienstleister ausgearbeitet werden (Mei, 2022, S. 17-18).

Neben den Hauptanbietern der Cloud Services wie Microsoft, Google und Amazon (siehe Abbildung 1) werden Dienste wie Hosting Services, Backuplösungen oder Filesharing von kleineren Firmen angeboten (Eichstädt & Spieker, 2024, S. 227-236).

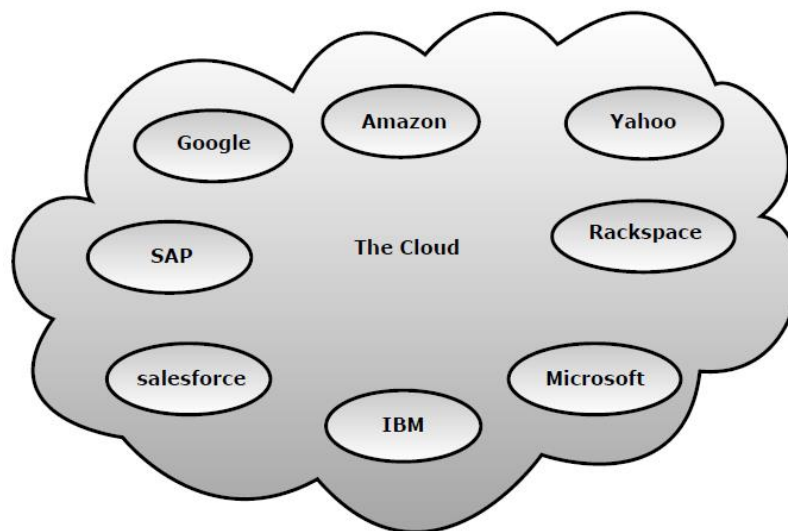


Abbildung 1: Anbieter von Cloud Computing-Services

(Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 11)

Endanwender beziehen ihre Ressourcen aus einem sogenannten Poolmodell eines Cloud-Anbieters. Der Datenspeicherungsart kann dabei in unterschiedlichen Lokalisationen liegen und wird mit dem Dienstleister vertraglich vereinbart. Die Computing-Services werden nach festgelegten Modellen wie Pay-Per-Use oder Pay-As-You-Go abgerechnet und können abhängig von der Verwendung angepasst werden. (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI, 2012, S. 14-15)

Cloud Computing hat das Ziel, Bedürfnisse der Anwender in verschiedensten Unternehmensbereichen bestmöglich zu erfüllen. Durch den Einsatz profitiert der Benutzer von folgendem Mehrwert:

- Geringe Kosten

Laufende Kosten für die Beschaffung, Erhaltung sowie Verwaltung der Hard- und Software können durch die Anwendung von Cloud zu einem großen Teil gesenkt werden (Sharma, Sharma, & Elhoseny, 2020, S. 170). Vor allem Kleinunternehmen erhalten dadurch einen enormen Vorteil (Huawei Technologies Co., 2023, S. 27-28). Außerdem kann durch die gemeinsame Nutzung der Rechenleistung die Softwareentwicklung wirtschaftlicher verlaufen (Mei, 2022, S. 17-18).

- Verbesserte Geschwindigkeit

Der Zugriff auf Rechenressourcen erfolgt mühelos und bietet Adaptabilität bei der Anwendung (Sharma, Sharma, & Elhoseny, 2020, S. 170).

- Globale Skalierung und Flexibilität

Die Skalierung der Cloud-Ressourcen erfolgt dynamisch und kann bei Bedarf jederzeit an die Bedürfnisse angepasst werden (Sharma, Sharma, & Elhoseny, 2020, S. 170). Dies ist sehr vorteilhaft, wenn die eigene Hardware im Rechenzentrum nur für eine bestimmte Zeit erweitert werden soll, da die aktuelle Konfiguration nicht ausreicht. Der Datenzugriff in der Cloud ist zu jeder Zeit über jedes Gerät möglich und bietet dadurch absolute Flexibilität. Eine Datenwiederherstellung ist in einem Notfall problemlos möglich. (Huawei Technologies Co., 2023, S. 27-28)

- Produktivität

Unternehmen können sich besser auf die Zielerreichung fokussieren, ohne sich dabei mit Konfiguration, Updates und Erhaltung der Systeme befassen zu müssen (Sharma, Sharma, & Elhoseny, 2020, S. 170). In Cloud sind die Anwendungen nicht direkt mit der darunterliegenden Hardware verbunden, weshalb es auch nicht notwendig ist, mehrere Versionen von derselben Applikation zu betreiben (Huawei Technologies Co., 2023, S. 27-28).

- Leistung

Cloud-Services bieten im Vergleich zu einem gewöhnlichen Rechenzentrum neben Sicherheit auch eine bessere Anwendungs- und Netzwerkperformance. Zusätzlich führen Anbieter regelmäßige Updates und Hardwareerneuerungen durch, um die Systeme auf dem neuesten Stand zu halten. (Sharma, Sharma, & Elhoseny, 2020, S. 170)

- Ausfallsicherheit

Die Datenspeicherung erfolgt jederzeit und ortsunabhängig im Netz wobei der Datenzugriff mit einem beliebigen Internetfähigen Gerät möglich ist (Sharma, Sharma, & Elhoseny, 2020, S. 170). Die Datenreplikation geschieht an mehreren Cloud-Standorten und gewährleistet somit die Datenverfügbarkeit bei einem Ausfall (Mei, 2022, S. 17-18).

- Sicherheit

Einhaltung der aktuellen Sicherheitsstandards und der Datenintegrität bringt bei Anwendung der Cloud-Services die notwendige Beständigkeit (Sharma, Sharma, & Elhoseny, 2020, S. 170).

Neben den weitverbreiteten Anbieter gibt es auch die Möglichkeit, eine open-source Cloud-Lösung im eigenen Rechenzentrum zu implementieren. Diese Plattformen sind zukunftsorientierte Alternativen, welche einfach in der Handhabung sind. (Wind, 2012, S. 38)

2.3 Historische Entwicklung

Mit der Anwendung von Cloud Computing entwickelte sich ein neues Gebiet. Bei diesem wurden viele neue Einsatzmöglichkeiten sowie Cloud-Dienste entwickelt und auf den Markt gebracht. Genauso revolutionär war die damalige Entwicklung von Stromgeneratoren und der anschließende Umstieg auf Steckdosen-Strom Anfang 1900. (Labes, 2012, S. 6-7)

Aufgrund der ständig wachsenden Anzahl der Anwender wurde der Fokus immer mehr auf die Digitalisierung gelegt. Dies führte zu steigenden Anforderungen an IT-Systeme und zur Transformation des Cloud Computing. Da die ursprünglichen Systemvoraussetzungen im stetigen Wandel standen, konnten bereits eingesetzte Anwendungsmethoden nach kurzer Zeit nicht mehr mithalten. In der Abbildung 2 ist die Entwicklung sowie die technologische Evolution des Cloud Computing über die Jahre dargestellt. (Leyh & Hentschel, 2018, S. 6-7)

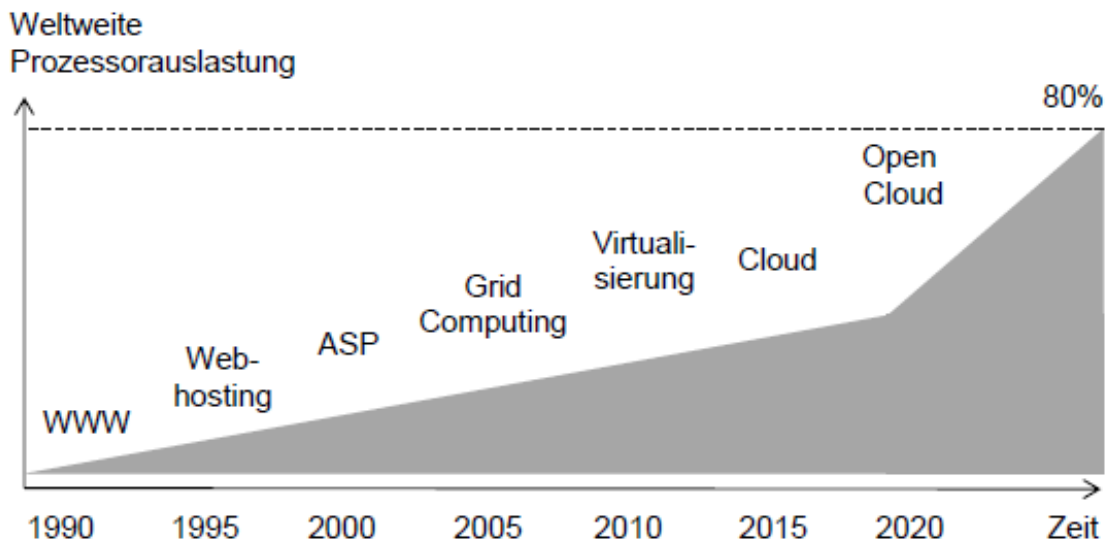


Abbildung 2: Technologische Evolution des Cloud Computing

(Labes, 2012, S. 6)

Die ursprüngliche Idee von Cloud Computing und der gemeinsamen Ressourcennutzung wurde bereits in den 1960er Jahren vom MIT-Professor Joseph Licklider präsentiert. Im Jahr 1980 befasste sich Tim Berners-Lee mit Hypertext und ist heute als Vater des Internets bekannt. All diese Fortschritte und Innovationen waren bis 1990 nur Vorstufen der Cloud-Entwicklung. (Chopra, 2017, S. 10-11)

Mit dem öffentlichen Zugang ins Internet (WWW) wurden in den neunziger Jahren Voraussetzungen für die Entwicklung neuer Technologie geschaffen. Einige Jahre später wurde Webhosting eingeführt. Dabei wurden Website-, Webspace- und E-Mail-Services durch verschiedene Betreiber im Internet auf Webservern zur Verfügung gestellt. (Labes, 2012, S. 6-7) Beispielsweise bot Yahoo Mitte der 1990er Jahre auch cloudbasierte E-Mail-Dienste an (Chopra, 2017, S. 11).

Folgender Fortschritt in den frühen 2000er Jahren war Application Service Providing (ASP), welcher als die Bereitstellung einer Applikation über das Web bezeichnet wird (Labes, 2012, S. 6-7). Im Jahr 2002 präsentierte Amazon seinen Nutzern die Möglichkeit, Websites in dessen Online-Dienste zu integrieren. Heutzutage wird dieses Modell als „pay-per-use“ bezeichnet und ist seitdem zu einem Standard in der Branche. (Chopra, 2017, S. 11)

Im Jahr 2005 wurde die Grid Computing Technologie geschaffen, um die Hardwareressourcen von einem entfernten Rechner für eine Problemlösung heranzuziehen. Einige Zeit später folgte die Virtualisierung, welche zur weiteren Entwicklung der Cloud führte. (Labes, 2012, S. 6-7)

Das Model „Open Cloud“ befindet sich noch in der Entwicklungsphase, da es eine ungehinderte Kooperation unterschiedlicher Cloud-Provider fordert (Labes, 2012, S. 6-7).

Die dargestellte Evolution des Cloud Computing zeigt, dass die Technologie trotz des rasanten Wachstums seinen Höhepunkt noch lange nicht erreicht hat.

2.4 Cloud Modelle

Ursprünglich stand Cloud Computing öffentlich zur Verfügung. Aufgrund der Sicherheitsaspekte entwickelte sich diese zu einen privaten Cloud. Dabei lag der Hauptschwerpunkt bestehende Funktionalitäten und Dienste beizubehalten und die Sicherheit in den Vordergrund zu stellen. Später entwickelte sich Cloud Computing zu einer hybriden Lösung - eine Kombination aus der öffentlichen und privaten Cloud. Dies führte dazu, dass die Vorteile beider Infrastrukturen vereint wurden. Ab diesem Zeitpunkt war der Zugriff über das Internet aus der ganzen Welt möglich. Somit konnten anspruchsvolle Berechnungen in Verbindung mit Breitbandservices in der Cloud durchgeführt werden. (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 13)

Zu den drei hauptsächlich genutzten Cloud-Formen gehören Public Cloud, Private Cloud und Hybrid Cloud (siehe Abbildung 3).

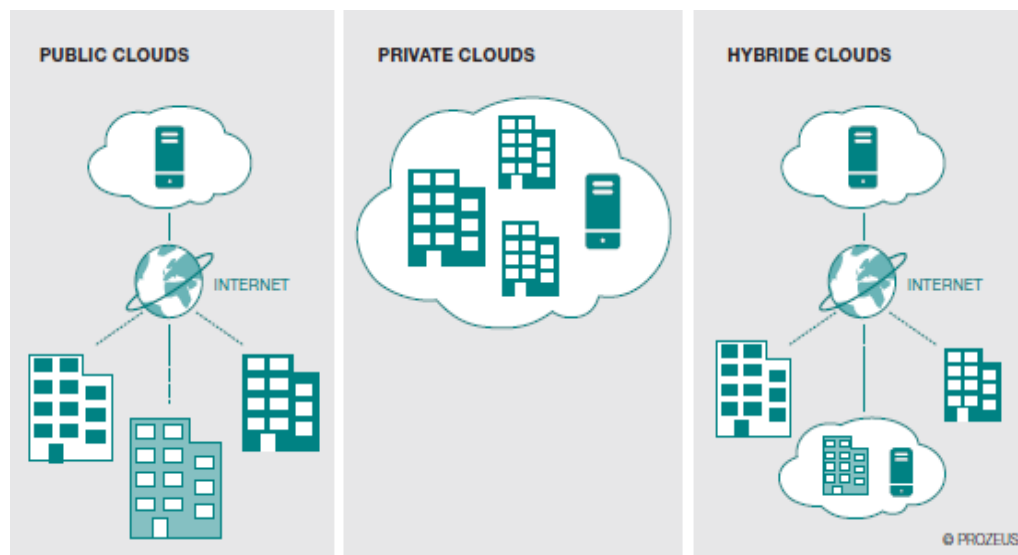


Abbildung 3: Cloud Einsatzvarianten

(Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 13)

2.4.1 Public Cloud

Bei einer Public Cloud werden die vom Cloud-Anbieter zur Verfügung gestellten Hardware-Ressourcen unter mehreren Kunden aufgeteilt. Dabei werden die Nutzungsbereiche geteilt, damit die Daten des jeweiligen Kunden vom Fremdzugriff geschützt sind. Die Verwendung der Cloud-Dienste erfolgt meist über das Internet, wobei alle vorhandenen Cloud-Services auf diese Art genutzt werden können. (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 13)

Da die Rechenleistung und die Datenressourcen generell im Netz zur Verfügung gestellt werden, kümmert sich der Cloud-Anbieter komplett um die Verwaltung, Erhaltung als auch Aktualisierung der Rechenzentren und Infrastruktur. Vorhandene Ressourcen werden dabei unter den vielen Nutzern unterschiedlich aufgeteilt. Bei einer öffentlichen Plattform sollte in Betracht gezogen werden, dass die Gewährleistung der Datensicherheit schwieriger und komplexer ist, was es wiederum gegen Angriffe anfälliger macht. (Mei, 2022, S. 18)

Darüber hinaus wird Public Cloud gerne bei Speicherung nicht vertraulicher Daten und für Webanwendungen eingesetzt. Vor allem für die Softwareentwicklung und gemeinsame Projekte wird dieses Modell gleichermaßen empfohlen. Die virtuelle Umgebung kann schnell bereitgestellt und konfiguriert werden und ist dadurch eine gute Basis für Testumgebungen. (Patel & Kansara, 2021, S. 47)

Ein Service Level Agreement (SLA) mit einem Cloud-Dienstleister garantiert dem Endkunden keine hundertprozentige Serviceverfügbarkeit. Aus diesem Grund sollten sich Unternehmenskritische Applikationen auf keiner Public Cloud befinden, um somit eine notwendige Systemstabilität gewährleisten zu können. (Leyh & Hentschel, 2018, S. 7)

Public Cloud untergliedert sich in zwei Arten:

- Exclusive

Die „Exclusive Cloud“ bietet sowohl für den Dienstleister als auch für dessen Kunden einen zusätzlichen Schutz. Im Vertrag werden die genauen Details von beiden Seiten transparent festgelegt. (Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 19)

- Open

Von einer „Open Cloud“ ist die Rede sobald hauptsächlich mit SLAs und einer komplett automatisierten Vertragserstellung gearbeitet wird. Beispielsweise fällt die Amazon Web Services (AWS) in die Kategorie Open Public Cloud. (Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 19)

2.4.2 Private Cloud

Eine Cloud wird dann als „Private“ bezeichnet, wenn diese ausschließlich unternehmensintern verwendet wird. Dabei kann sich das Unternehmen in mehreren verschiedenen Ländern befinden und eine gemeinsame interne Cloud für die wichtigsten Applikationen, Prozesse und personenbezogene Daten betreiben. (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 13)

Im Vergleich zu einer Public Cloud, bietet die Private Cloud dem Endanwender die Möglichkeit, Zugriffe und Hardware-Ressourcen selbständig zu verwalten. Das Cloud-System wird im internen Unternehmensnetzwerk konfiguriert und kann daher nur über das Intranet oder über eine VPN-Verbindung erreicht und genutzt werden. Des Weiteren wird die Abhängigkeit von einem Cloud-Anbieter durch den Betrieb eigener Hard- und Softwarekomponenten vermieden. (Leyh & Hentschel, 2018, S. 8)

Private Cloud hat in puncto Sicherheit den Vorteil, dass sich diese vor Ort befindet und der Datenzugriff dadurch reibungsloser erfolgen kann. Zu weiteren Vorzügen gehören ebenfalls die klassischen Cloud Computing Funktionalitäten wie Skalierbarkeit und die Möglichkeit, eigene Infrastrukturressourcen selbst zu verwalten. Im Vergleich zu einer öffentlichen Cloud, ist die private Cloud eine bessere Wahl wenn in einem Unternehmen oft mit sensiblen Daten gearbeitet wird. (Mei, 2022, S. 18) Andererseits ist das genannte Cloud Modell nicht ganz risikofrei und schützt nicht vor möglichen Datenlecks, Denial-of-Service-Angriffen oder Bedrohungen durch Insider (Rahaman, Chappu, Anwar, & Hadi, 2022, S. 1).

Innerhalb einer Private Cloud wird zwischen folgenden Verwendungsarten unterschieden:

- Exploratory

Bei dieser Art werden neue Cloud Funktionalitäten ausgiebig getestet, um festzustellen, für welchen Anwendungsfall diese in einem Unternehmen verwendet werden können (Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 18).

- Departmental

Hierbei geht es um eine Cloud-Art, die in einem Unternehmen nur von einem bestimmten Teilbereich oder einem Team eingesetzt wird (Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 18).

- Enterprise

Bei der Enterprise Cloud stellt das Cloud-Team eine Private Cloud für andere Unternehmensbereiche zur Verfügung, um den Datenschutz zu steigern (Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 18).

2.4.3 Hybrid Cloud

Die Kombination aus Public und Private Cloud wird als Hybrid Cloud bezeichnet. Dies ist dann von Bedeutung, wenn zusätzliche Ressourcen für ein Projekt notwendig sind und die bestehende IT-Umgebung dafür nicht ausreicht. Dieses Cloud-Modell kann auch dann eingesetzt werden, wenn ein Unternehmen bestimmte Services nicht in eigener Cloud-Umgebung nutzt und auslagern möchte. (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 13) Abhängig von den Ressourcen, Prozessen und der Last wird entweder die Cloud vor Ort oder die öffentliche Cloud verwendet, um einen effizienteren Arbeitsvorgang sicherzustellen und Kosten zu reduzieren. (Mei, 2022, S. 18)

Vor allem für größere Events und Ticketverkäufe ist die Verwendung einer Hybrid Cloud sinnvoll, da in dieser Zeit meistens viel mehr gleichzeitige Useranfragen und -verbindungen vom System abgedeckt werden müssen. Wie bereits im Unterkapitel Public Cloud erwähnt, sollten sich die für ein Unternehmen wichtige Informationen und Daten im eigenen Rechenzentrum befinden und nicht in der Hybriden Lösung. (Leyh & Hentschel, 2018, S. 8)

Eine Hybrid Cloud wird zudem oft für das Kombinieren von lokalen und Cloud-Anwendungen verwendet. Dies ist dann der Fall wenn aus datenschutzrechtlichen Gründen bestimmte Daten auf den unternehmensinternen Servern abgespeichert werden müssen – die restlichen Daten befinden sich dabei in der Cloud. In der Abbildung 4 ist ein typischer Anwendungsfall einer Hybrid Cloud dargestellt. (Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 19-20)

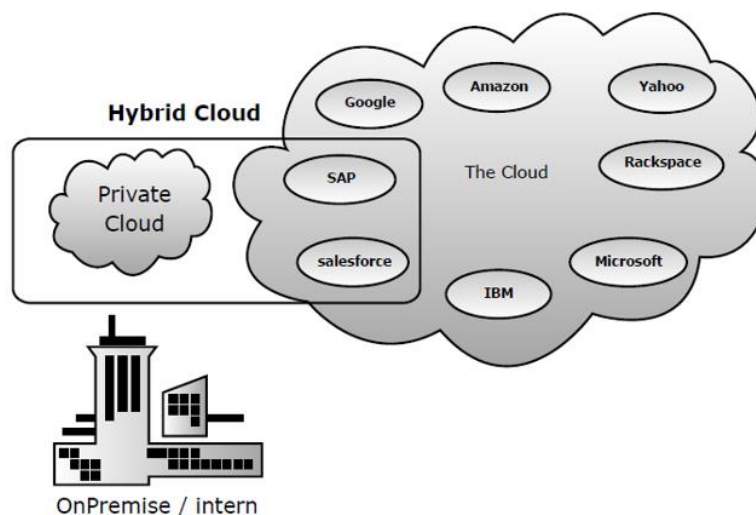


Abbildung 4: Beispiel für "Hybrid Cloud"-Computing

(Metzger, Reitz, & Villar, 2011, S. 20)

Die Sicherheit und Weiterentwicklung einer Hybrid Cloud wird künftig von den innovativen Technologien wie künstlicher Intelligenz (KI) und maschinellem Lernen (ML) sowie Quanten Computing beeinflusst. Durch diese Fortschritte werden neue Methoden zur Vorbeugung und Abwehr von Sicherheitsbedrohungen ermöglicht und die Einhaltung laufender Standards sichergestellt. (Oladosu, et al., 2021, S. 86)

2.4.4 Organisationsdimensionen von Clouds

Die Entscheidung für ein bestimmtes Cloud-Modell ist unter anderem von der vorhandenen Organisationsdimension und der dafür vorgesehenen Sourcingdimension abhängig (siehe Abbildung 5). Die Grafik veranschaulicht auf einen Blick in welcher Beziehung die einzelnen Clouds zu der Sourcingoption stehen. (Leyh & Hentschel, 2018, S. 7-8)

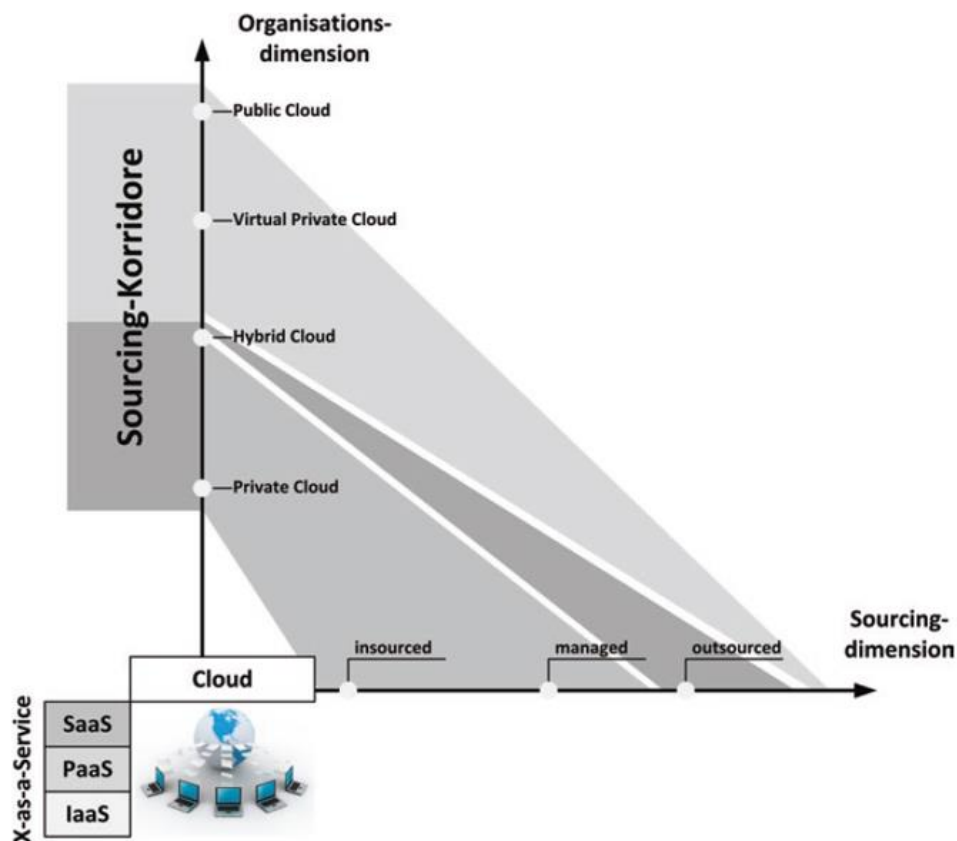


Abbildung 5: Typisierung von Clouds in zwei Dimensionen

(Leyh & Hentschel, 2018, S. 7)

In der Sourcingdimension kann zwischen drei Optionen unterschieden werden:

- outsourced (Public Cloud)

Der Betrieb einer Public Cloud wird vom Cloud-Dienstleister komplett übernommen, wobei das Angebot der SLA's sehr limitiert ist.

- insourced (Private Cloud)

Eine Private Cloud wird vom Unternehmen eigenständig verwaltet – die Anforderungen können dabei nach eigenen Interessen bestimmt werden.

- managed (Private Cloud)

Der Einsatz ist ähnlich wie bei insourced aber mit dem Unterschied, dass der Betrieb einer Private Cloud vom externen Anbieter durchgeführt wird. Dies wäre auch die Voraussetzung für den Private Cloud Bereich bei Verwendung einer Hybriden Cloud. (Leyh & Hentschel, 2018, S. 8)

2.5 Cloud Services

Cloud Services werden in drei Haupt-Ebenen gegliedert. Abbildung 6 veranschaulicht wie die Cloud Services aufgebaut sind, wie hoch der Entwicklungsaufwand ist und für welchen (User-)Bereich diese eingesetzt werden.

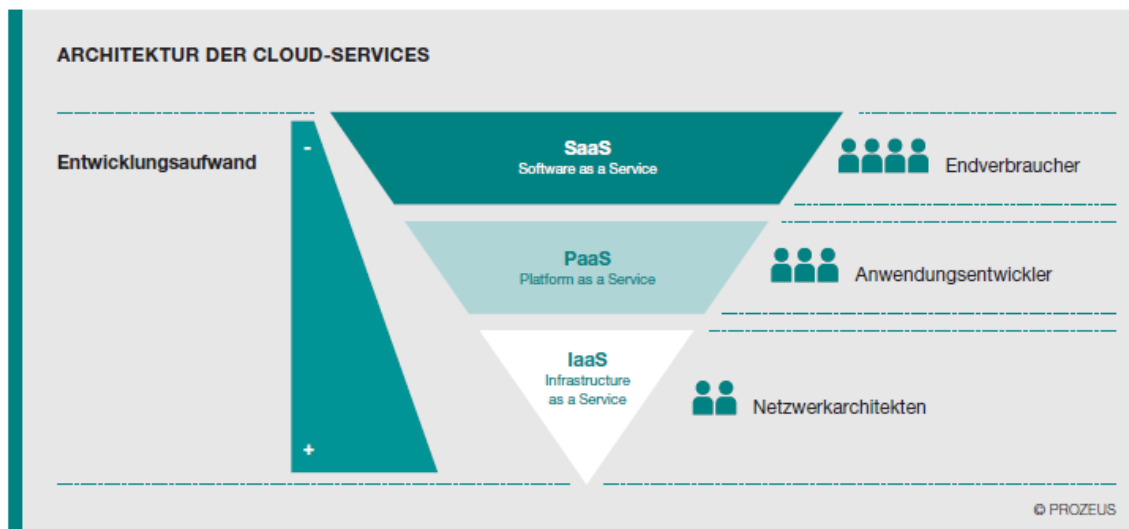


Abbildung 6: Architektur der Cloud-Services

(Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 10)

2.5.1 Software as a Service (SaaS)

Das Cloud Service „Software as a Service“, auch in der Anwendung als SaaS abgekürzt. Diese wird als eine Alternative zur klassischen On-Premise-Installation gesehen. SaaS wird seit Jahren auf dem Markt angeboten und führt zu Popularisierung des Cloud Computing. (Adelsberger & Drechsler, 2010, S. 8) Zu erwarten ist, dass es zukünftig immer mehr Angebote zu dem Software as a Service Model geben wird (BITKOM, 2009, S. 13-14).

Den Nutzern wird die Möglichkeit geboten, eine Applikation online zu betreiben, ohne auf Funktionalität zu verzichten. Die Grundvoraussetzung hierfür ist, dass der User ein internetfähiges Gerät verwendet. Eine Softwareinstallation auf dem lokalen Computer ist dabei nicht notwendig. SaaS besteht aus einer Anwendung samt den dafür benötigten Hardwareressourcen und kann daher als virtuelles Softwarepaket betrachtet werden. Der Servicebetreiber stellt die Applikation für alle seine Kunden bereit, wobei eventuelle Anpassungen und Updates immer nur einmalig durchzuführen sind. (BITKOM, 2009, S. 14); (Adelsberger & Drechsler, 2010, S. 8); (Lindner, 2020, S. 32-33)

Die hohen IT-Standards machen die Anwendung für User universell einsetzbar, schränken aber damit gleichzeitig die mögliche Individualisierung ein. Nennenswert sind eine einfache Anpassbarkeit, flexible Nutzung, Verrechnung nach Bedarf und transparente Abrechnung. Zu dem grundlegenden Vorteil von SaaS zählt die unkomplizierte Handhabung der Applikation selbst, wofür keine speziellen IT-Skills benötigt werden. Lizenzierung, Updates und Betrieb werden dabei vom Service-Anbieter übernommen und müssen somit nicht durch die Nutzer durchgeführt werden. Die Lizenzen zur Nutzung der Online-Services werden grundsätzlich über Abonnements angeboten, weshalb der User die Software nicht auf seinem lokalen Computer installieren muss. Des Weiteren entfallen manuelle Upgrades der Hardware im Falle wenn die Anwendung doch mehr Kapazitäten benötigen sollte. Aus diesem Grund ist SaaS die Lösung wenn es um einen kosten- und ressourceneffizienten Einsatz einer Software geht. (BITKOM, 2009, S. 27); (Lindner, 2020, S. 32-33)

Zu einem oft angewendeten Beispiel für eine SaaS-Applikation gehört das Customer Relationship Management (auch „CRM“). Die Lizenzen hierfür sind bereits kostengünstig zu erwerben und werden nach Anzahl der Nutzer verrechnet. Aufgrund der steigenden Useranzahl kann dies zu höheren Lizenzkosten führen. Weitere bekannte Anwendungsfälle sind unter anderem auch die Web-Dienste, welche von diversen Anbietern oft kostenlos angeboten werden. Darunter fallen E-Mail, Textverarbeitungs- und sonstige Officeprogramme. (Lindner, 2020, S. 32-33); (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 10)

2.5.2 Platform as a Service (PaaS)

In der Architektur der Cloud-Services liegt Platform as a Service (PaaS) in der mittleren Ebene zwischen SaaS und Infrastructure as a Service (IaaS). PaaS kann als eine einheitliche Software-Plattform betrachtet werden, die das Betriebssystem für die effiziente Entwicklung der Applikationen zur Verfügung stellt. Somit ist diese Art der Cloud-Services vor allem an die Softwaredeveloper und -architekten ausgerichtet. Der Fokus des Anwenders liegt hierbei in der Applikationsprogrammierung, währenddessen der Service-Provider für die Bereitstellung und Wartung der dahinterliegenden Ressourcen und Hardwarekomponenten die Verantwortung trägt. Dadurch wird der Entwicklungs- und Vertriebsprozess einer Anwendung deutlich schneller und einfacher. Zu den Nutzern dieser Cloud-Dienstleistung zählen oft SaaS-Anbieter, welche in weiterer Folge ihre Apps anbieten. (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 11); (Adelsberger & Drechsler, 2010, S. 9); (Lindner, 2020, S. 26-27); (BITKOM, 2009, S. 25-26)

Plattform Services bieten einen umfangreichen Arbeitsbereich an, welcher Datenbanken und Middleware beinhaltet und erweiterte Optionen wie Authentifizierung, Lastverteilung, Systemmonitoring und Securityfunktionen zur Verfügung stellt. Folgende Use-Cases finden in einem PaaS-System eine Anwendung: Überwachung und Steuerung von Zugriffen und Prozessen, Synchronisierung der Applikationen und angebundenen Client-Rechner sowie unterschiedliche Datenbankoperationen. (BITKOM, 2009, S. 25-26)

Mit Hilfe der Service Level Agreement (SLA) werden Funktionalität, Verfügbarkeit und Qualität der angebotenen Dienstleistungen als auch die Nutzung der Ressourcen geregelt. Dabei ist es wichtig sicherzustellen, dass der Service-Anbieter redundante IT-Systeme verwendet um Ausfälle und Störungen zu vermeiden. (BITKOM, 2009, S. 26-27)

Zusammengefasst macht der Einsatz von PaaS-Leistungen unternehmensinterne Implementierungen obsolet, spart die Investitionskosten und reduziert die Entwicklungszeit. Orts- und zeitunabhängige Zusammenarbeit hilft den Entwicklerteams und fördert eine schnellere Projektumsetzung. Zu den weiteren Vorteilen zählt die Möglichkeit die einzelnen standardisierten Applikationen zu individualisieren. (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 11)

Da die Services innerhalb einer PaaS-Plattform nicht auf Dauer angelegt sind und sich ständig weiterentwickeln, wirkt sich das oft auf das Pricing Model aus und führt häufig zu Preiserhöhungen. Auch ein potenzieller Vendor Lock-In wird als ein Nachteil der PaaS gesehen. Implementierte PaaS-Lösungen sind aufgrund ihrer Anforderungen sehr oft anbieterabhängig und können nicht auf eine andere Plattform reibungslos migriert werden. (Lindner, 2020, S. 26-27)

2.5.3 Infrastructure as a Service (IaaS)

Hinter „Infrastructure as a Service“ (IaaS) birgt sich die Zurverfügungstellung einer virtuellen und anpassbaren IT-Infrastruktur. Fachspezialisten können mit diesem Cloud-Service jederzeit eine IT-Umgebung bestehend aus mehreren Server über den Webbrowser individuell einrichten und verwalten. Da die durchgeführten Anpassungen augenblicklich greifen, kann bei Bedarf auch zusätzlicher Datenspeicher unmittelbar für eine bestimmte Zeit abonniert werden. (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 12) Einige IaaS-Anbieter schränken manchmal die bereitgestellte Plattform nur auf bestimmte Betriebssysteme ein (Birmili, Wahju, & Willig, 2012, S. 5).

Innovative Geschäftsmodelle können angewendet werden, da die Investitionen in die teure IT-Infrastruktur wegfallen. Bei diesem Cloud-Service wird den Kunden sehr viel Bewegungsfreiheit geboten, da die restlichen Plattformen darauf aufbauen. Zu den IaaS-Leistungen gehören die Storage- bzw. Computing-Services, wobei das Storage-Service die Basis für die Verwendung bildet. (BITKOM, 2009, S. 25) Die genauen Abrechnungsdetails befinden sich in der Tabelle 1.

Tabelle 1: Abrechnungsdetails der IaaS-Leistungen

Abrechnungsbereich	Menge	Beinhaltet
Storage-Service	Gigabyte / Zeiteinheit	ext. Datentransfervolumen
Computing-Service	CPU bzw. RAM / Zeiteinheit	ext. Datentransfervolumen

(BITKOM, 2009, S. 25)

Zu weiteren Besonderheiten eines IaaS-Services gehört die Mandantenfähigkeit (Multi-Tenancy), Flexibilität in der Anpassung der Virtualisierungsebene, Verrechnung nach Verbrauch und eine hohe Kosteneffizienz. Die dahinterliegenden Hardware-Ressourcen werden, genauso wie bei den SaaS- und PaaS-Services, vom Service-Anbieter betreut und aktuell gehalten. (BITKOM, 2009, S. 25)

Die Vorteile von IaaS liegen eindeutig in der, abhängig vom eigenen Bedarf, anpassbaren virtuellen Infrastruktur, welche vom Anbieter up-to-date und auf dem letzten Hardwarestand gehalten wird. Die IaaS-Services werden meist nach Gigabyte beziehungsweise nach dem im Einsatz befindlichen Speicherplatz abgerechnet, wobei größere Mengen im Normalfall immer günstiger als kleinere sind. Die Preismodelle sind sehr unterschiedlich und nach Wunsch oft anpassbar. Bei Bedarf können diese auch als ein Abonnement für eine bestimmte Zeit gekauft werden. (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH, 2011, S. 12)

Die benutzerdefinierte Einrichtung und Konfiguration der IT-Umgebungen im IaaS kann auch als Nachteil gesehen werden, da zum Beispiel eine Lastverteilung und Systemmonitoring nicht automatisch eingerichtet werden kann und mit viel Aufwand für den Betreiber verbunden ist. (Lindner, 2020, S. 23)

Zu den auf dem Markt geläufigsten Computing-Service Diensten von IaaS gehört unter anderem das mittlerweile bekannte „Amazon Elastic Compute Cloud“ (EC2). Für das Storage-Service werden auch die Bezeichnungen „Data Storage as a Service“ (DaaS) und „Storage as a Service“ angewendet. Die individuellen Anforderungen dafür werden häufig vorab in einem SLA spezifiziert. Ein weitverbreitetes Beispiel für eine DaaS-Plattform ist das „Simple Storage Service“ (S3) von Amazon. (Adelsberger & Drechsler, 2010, S. 9-10)

2.6 Perspektiven und zukünftige Entwicklungen

Heutzutage machen nicht nur die Benutzer Gebrauch von den Cloud-Dienstleistungen. In vielen verschiedenen Geschäftsbereichen profitieren auch die Cloud-Anbieter selbst. Unabhängig von der Unternehmensgröße findet jeder ein für seine Anforderungen passendes Service beziehungsweise Funktionalität. Individuell anpassbare Verrechnungsvarianten machen die Cloud-Dienste auch für kleinere Startups immer attraktiver, da die Services ohne große Investitionen bezogen werden können. (Labes, 2012, S. 27)

Das Konzept von Cloud Computing ist zwar nicht neu, wird aber laut einer Befragung der TU Berlin von 60% der Umfrageteilnehmer aus dem IT-Bereich als innovativ und zukunftsorientiert eingeschätzt (siehe Abbildung 7) (Labes, 2012, S. 27).

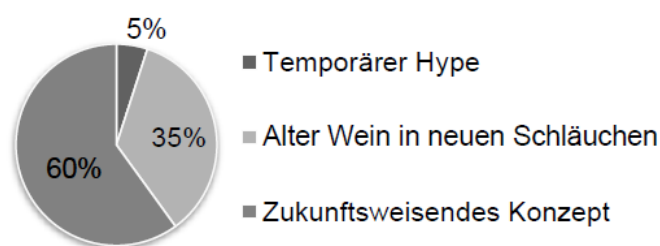


Abbildung 7: Bewertung von Cloud Computing

(Labes, 2012, S. 28)

Regelmäßige Veränderungen der Rahmenbedingungen erfordern oft eine rasche Anpassung der IT-Infrastruktur. Cloud Computing ermöglicht eine schnellstmögliche Erweiterung des vorhandenen IT-Systems und macht dadurch eine teure und zeitintensive Anschaffung weiterer Hardwarekomponenten obsolet.

Um eine optimale und kosteneffiziente Nutzung der Ressourcen zu gewährleisten, wird immer nur um so viel erweitert wie es tatsächlich notwendig ist. (Adelsberger & Drechsler, 2010, S. 15)

Auch bei einer Dekommissionierung von nicht mehr verwendeten und veralteten Systemen bietet das Cloud Computing eine gewisse Adaptivität, da sich die Anwender nicht mehr um den Ausbau und die fachgerechte Entsorgung der Hardware kümmern müssen. Um die Flexibilität der unterschiedlichen Cloud-Services samt den dazugehörigen Interfaces zu gewährleisten, müssen diese einer periodischen Standardisierung unterzogen werden. Nur so können die Anbieter Technologien auf dem neuesten Stand bereitstellen. (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI, 2012, S. 79)

Um in der Cloud-Welt wettbewerbsfähig zu bleiben ist es notwendig, Normen für die Interoperabilität von allen Endgeräten ständig zu verbessern und weiterzuentwickeln. Obwohl Cloud Computing eine immer mehr performante Backend-Datenverarbeitung und neue Anwendungsmodelle bietet, können plötzliche Cyberangriffe und neue Schwachstellen viel anrichten. Deshalb ist es für die Dienstleister umso wichtiger, Interoperabilitätsstandards und die Datenschutzbestimmungen einzuhalten. Regelmäßiges Patchen sowie ständige Sicherheitsverbesserungen in der Cloud-Umgebung sollten dabei nicht außer Acht gelassen werden. Das Thema Datensicherheit wird dadurch in der Zukunft noch relevanter. (Sehgal, Bhatt, & Acken, 2022, S. 289–317)

Ein weiterer wesentlicher Trend ist die Integration von maschinellem Lernen (Machine Learning) und künstlicher Intelligenz (Artificial Intelligence) in das Cloud Computing. Dies ermöglicht nicht nur eine Effizienz- und Leistungssteigerung, sondern unterstützt dabei Unternehmen in der digitalen Transformation. Einführung von Artificial Intelligence in der Cloud-Umgebung bringt unzählige Vorteile im Businessumfeld: Betriebsproduktivität erhöht sich und macht die Organisationen agiler, innovativer und durch die bessere Entscheidungsfindung kundenorientierter. Außerdem reduziert die künstliche Intelligenz die Komplexität der Arbeitsabläufe, vereinfacht den Umgang mit großen Datenmengen und steigert das Entwicklungspotenzial bestehender Prozesse. (Gill, et al., 2022, S. 1-30) Mit wachsender Beliebtheit der KI investieren auch die Cloud-Anbieter in die Artificial Intelligence, um eine breitere Palette der innovativen Services bieten zu können (Rafia, et al., 2023, S. 53-65).

In der Zukunft werden die Unternehmen immer öfter auf die Multi-Cloud-Strategien zurückgreifen, um die Stärke unterschiedlicher Cloud-Anbieter gezielter zu nutzen und mehr an Flexibilität zu gewinnen. Die Anzahl der Cloud-Anwender wird weiterhin wachsen und mehr Organisationen werden intelligente Cloud-Lösungen für den täglichen IT-Betrieb einsetzen. Public- und Private-Cloud Plattformen werden öfter kombiniert, um die Kosten gering zu halten und um die Leistungsverteilung zu optimieren.

Cloud-Dienstleister werden noch mehr innovative Servicemodelle wie Serverless Computing, Edge Computing oder KI-gestützte Leistungen auf den Markt bringen. (Rafia, et al., 2023, S. 53-65)

Die kontinuierliche Weiterentwicklung des Cloud Computing hat einen direkten Einfluss auf die laufenden technischen Fortschritte. Es wird damit gerechnet, dass zukünftige Entwicklungen wie die KI-Integration, Blockchain, Edge- und Fog-Computing den Umgang mit den Daten und dafür vorgesehene Anwendungen stark beeinflussen werden. Auch die Quantenkryptografie in Kombination mit dem hybriden Quanten-Cloud-Computing wird zu globalen Veränderungen in den Bereichen Rechenleistung und Datensicherheit führen. Die open-source Cloud-Plattformen wird weiterhin an Bedeutung gewinnen. Durch den Einsatz der 5G-Technologie performen die mobilen Verbindungen schneller, zuverlässiger und bieten dadurch innovative Möglichkeiten. Die erwähnten Trends treiben zusammen die Innovation und die Perspektive des Cloud-Computing voran und sichern die Anwendung der Technologie im digitalen Zeitalter. (Haq, Gouri, & Sharma, 2023, S. 93-102)

2.7 Stand der Wissenschaft

Cloud-Storage-Dienste haben in letzter Zeit sowohl im privaten als auch im öffentlichen Umfeld an Bedeutung gewonnen. Steigende Popularität hat dazu geführt, dass immer mehr wissenschaftliche Untersuchungen und auch Vergleiche der einzelnen Storage-Dienste durchgeführt werden. (Singh, Bui, & Mailewa, 2021, S. 536)

In der heutigen IT-Welt gibt es mittlerweile viele open-source Cloud-Services wie Dropbox, NextCloud, OwnCloud und Pydio (Samsumar, Hidayatulloh, Zaenudin, & Pitaloca, 2023, S. 1). Der Focus der Recherche für diese Bachelorarbeit liegt auf drei ausgewählten Softwarevarianten: NextCloud, OwnCloud und Seafile, welche im praktischen Teil genauer analysiert und verglichen werden. In diesem Kapitel wird ein Überblick über ähnliche Lösungsansätze gegeben.

Singh et al. präsentierten eine Effizienzanalyse von NextCloud und GoogleCloud nach den Kriterien wie Netzwerkauslastung, Dateiausgabegröße sowie Verarbeitungszeit. Die Ergebnisse des durchgeführten Experiments zeigten, dass die beiden Cloud-Services eine ähnliche Netzwerknutzung und Synchronisierungszeit haben. Die Unterschiede liegen in der CPU-Auslastung, wobei GoogleCloud hier mehr Ressourcen verbraucht, und im Datei Upload, der bei NextCloud mehr Verzögerung aufweist. In weiter Folge wurde festgestellt, dass trotz der Marktdominanz von Google, auch andere Cloud-Anbieter wie NextCloud als eine gute Alternative dienen können. (Singh, Bui, & Mailewa, 2021, S. 536-545)

In einer weiteren Recherche von Samsumar et al. wurden die zwei bekannten Cloud-Storage-Serviceanbieter, Pydio und NextCloud, gegenübergestellt. Beide Anbieter fokussieren sich hauptsächlich auf die Bereitstellung einer sicheren und vor allem anpassungsfähigen Dateispeicher- und Freigabelösung. Allerdings gibt es hier wesentliche Unterschiede: Pydio (ehem. AjaXplorer) bietet mehr Anpassungsmöglichkeiten und ist eher einfacher gestaltet. NextCloud wiederum ist schneller, sicherer, enthält mehr Funktionen und hat eine benutzerfreundlichere Weboberfläche. Die Auswahl für einen der Anbieter hängt vor allem von den Kundenbedürfnissen ab. Der Auswertung zufolge wäre aber NextCloud, aufgrund von den genannten Vorteilen, die bessere Wahl. (Samsumar, Hidayatulloh, Zaenudin, & Pitaloca, 2023, S. 1-7)

In der Studie vom Olaosebikan et al. geht es um den Vergleich eines public Cloud- (Dropbox) und private open-source Cloud-Anbieters (NextCloud). Der Schwerpunkt liegt hier in den Bereichen Datenschutz, Authentifizierung und Sicherheit. Bei der detaillierten Untersuchung wird sowohl auf die positiven als auch auf die negativen Aspekte der einzelnen Dienstleister hingewiesen. Darüber hinaus werden auch die allgemeinen Eigenschaften analysiert und gegenübergestellt. Zusammenfassend bietet NextCloud einen besseren Sicherheitsstandard für den Nutzer während Dropbox mit einer einfachen Bedienung und mit weniger Verwaltungsaufwand punktet. Dennoch verfolgen beide Cloud-Anbieter das gemeinsame Ziel, ihren Endkunden gesicherte und äußerst zuverlässige Produkte anzubieten. (Olaosebikan, Dissanayaka, & Mailewa, 2022, S. 1-6)

Die von Fernandez-Aleman et al. verfasste Forschungsstudie verfolgt einen etwas anderen Ansatz im Bereich der Cloud-Plattformen. Hier wurde die Anwendung und die Akzeptanz von NextCloud vom Standpunkt der Studierenden und Lehrenden analysiert und bewertet. Die Erhebung der Daten wurde durch eine Beobachtung und eine anschließende Umfrage durchgeführt. Diese basierten auf dem Matomo-Analytics-Tool und der Theorie der Akzeptanz und Nutzung von Technologie. Die Ergebnisse zeigten bei beiden Parteien, dass die Akzeptanz eher positiv als negativ ausgefallen ist. Daraus folgte, dass der Einsatz der Cloud-Plattformen wie NextCloud sich vorteilhaft auf den Lehr- und Lernprozess in einer zukunftsorientierten Bildungseinrichtung auswirken kann. (Fernández-Alemán, Estrada-Molina, Zambrano-Acosta, Chica Chica, & Colina Ortega, 2023, S. 1-11)

Heutzutage haben Branchen, die Netzwerktechnologien einsetzen, einen Bedarf an einer Datenspeichereinrichtung. Die Studie untersucht die Realisierbarkeit eines Network-Attached-Storage Systems (NAS) mit einem Raspberry Pi als Hardware-Basis in Verbindung mit NextCloud. Neben den grundlegenden Funktionen eines NAS-Systems wie Dateiablage wird innerhalb dieser Untersuchung auch auf die vorhandene Chat-Funktion großen Wert gelegt.

Ein solcher Ansatz ist wegen seiner Anpassungsfähigkeit, Einfachheit und Erschwinglichkeit auch für kleine IT-Startups mit wenig Budget hochinteressant. Auch eine auf Raspberry-Pi basierte Cloud-Plattform wie NextCloud kann eine effiziente und sichere Lösung für Datenspeicherung und Kommunikation bieten, ohne in teure Hardware investieren zu müssen. Zusätzlich enthält NextCloud viele ausgereifte Funktionen wie die Ende-zu-Ende-Verschlüsselung (E2EE), die bei Speicherung von sensiblen Daten mit zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen von Bedeutung ist. (Salke, Chavan, Sangrulkar, & Motade, 2023, S. 1-4)

In manchen Fällen ist die Anpassung einer Cloud-Software notwendig, damit diese in einer bestimmten Umgebung optimal genutzt werden kann. Im Artikel von Moscicki und Lamanna wird OwnCloud als open-source Basistechnologie zur Entwicklung einer Dropbox-Alternative „CERNBOX“ am CERN (cern.ch) verwendet. Damit hätten die CERN-Mitarbeiter einen sicheren und unabhängigen Cloud-Speicherdienst für sensible Unternehmensdaten, der sich auf der internen Serverlandschaft befindet. Obwohl die genannte Cloud-Plattform viele Vorzüge hat, müssen vor der Implementierung einige Kernprobleme analysiert und behoben werden. An der Kern-Synchronisationsschicht von Owncloud musste vom Entwicklungsteam ein hoher Aufwand betrieben werden, um die Effizienz und Stabilität in den neueren Versionen zu erhöhen. Die Organisation ist davon überzeugt, dass die „CERNBOX“ zu einem wichtigen Bestandteil des Serviceangebots für die CERN-Nutzer gehören wird. (Moscicki & Lamanna, 2014, S. 1-7)

Im Beitrag von Blerim Rexha et al. werden unter Verwendung von OwnCloud die derzeitigen Sicherheitsentwicklungen im Private Cloud Bereich präsentiert. Die Funktionen der open-source OwnCloud-Plattform werden hervorgehoben und mit alternativen Cloud-Lösungen wie Dropbox und GoogleDrive verglichen. Für die Behebung eventuell bestehender Sicherheitslücken werden entsprechende Sicherheitsmaßnahmen und Fixe angeboten. Um für die Sicherheit auf einem Cloud-System zu sorgen ist es sinnvoll sowohl die Übertragung als auch die Speicherung der Daten abzusichern. Bei der Auswahl einer Cloud-Plattform beziehungsweise eines Anbieters ist es von großer Bedeutung, dass die Anwenderdaten auch richtig und vollständig geschützt sind, da es jederzeit zu einem unerwarteten Ausfall kommen kann. (Rexha, Likaj, & Lajqi, 2014, S. 1-9)

Ein Network Attached Storage (NAS) ist eine Alternative für den Kauf teurer Server-Hardware, da das System nur wenig Ressourcen für die gemeinsame Dateinutzung und -speicherung braucht. In der Studie von Hariyo Sasongko und T. Yudi Hadiwandra wird auf einem NAS-Server ein NAS4FREE-Betriebssystem inklusive der OwnCloud-Plattform installiert, um das System anschließend als Cloud-Storage für den Zugriff von außen verwenden zu können. Vor der Auswahl einer geeigneten Software wurden von den beiden Forschern eine Analyse durchgeführt.

Nach Fertigstellung der Installation wurden mehrere Tests (System-, Funktions-, Performance- und Zugriffstests) mit den zuvor festgelegten Parametern durchgeführt, um zu sehen wie es sich auf das System und die verwendeten mobilen Geräte auswirkt. Nach erfolgter Auswertung wurde festgestellt, dass die Hardwareauslastung des NAS-Systems recht hoch war was teilweise für Systeminstabilität sorgte. Die restlichen Tests verliefen erfolgreich. Vor allem ließ sich feststellen, dass die durchschnittliche Upload- und Downloadgeschwindigkeit der Dateien bei einer herkömmlichen Cloud-Storage höher ist als bei einer eigenen Lösung. (Sasongko & Hadiwandura, 2022, S. 83–97)

In dem Beitrag von Sayal et al. werden die Eigenschaften der beiden Cloud-Plattformen „OwnCloud“ und „Amazon Cloud“ ausgewertet, um die Performance zu vergleichen und somit die Auswahl eines Systems zu erleichtern. Im Vergleich beider Cloud-Lösungen wurde ein und dieselbe Site auf beiden Plattformen gehostet und anschließend ein Performancetest samt einer Analyse der Ergebnisse durchgeführt. Beim Test der Webapplikation wurde ein spezielles „System Monitor“ Programm für Linux-Betriebssysteme eingesetzt. Abschließend konnte bei dem durchgeführten Vergleich von OwnCloud und Amazon Cloud festgehalten werden, dass sich sowohl die Hardware der Storage-Systeme aber auch die vorkonfigurierten Einstellungen unterscheiden, wobei der Großteil der Tests nahezu idente Ergebnisse zeigten. Obwohl die OwnCloud als eine sichere private Cloud Anwendung gilt, bietet die Amazon Cloud höhere Geschwindigkeiten bei Verwendung einer Applikation. (Sayal, Abdulsalam, & Shareef, 2015, S. 1667-1671)

Sobald Dateien in die Cloud hochgeladen werden, greifen bestimmte Verschlüsselungsmethoden ein. In dem Artikel von Dutcher et al. wird die Effizienz und Sicherheit der verwendeten Verschlüsselungen der beiden Cloud-Speicherlösungen Seafile und NextCloud ausgewertet. Die Analyse der Verschlüsselung kann anderen später als Hilfe dienen, sich für einen geeigneten Cloud-Anbieter abhängig von den eigenen Bedürfnissen zu entscheiden. Für die durchzuführende Auswertung werden bestimmte Metriken wie Prozessor-, Arbeitsspeicher- und Netzwerkauslastung sowohl im Leerlauf als auch während eines Dateiuploads gemessen und mit dem sogenannten dstat-Tool protokolliert. Obwohl damit gerechnet wurde, dass die Cloud-Plattformen eine bessere Performance bei einem unverschlüsselten Dateiupload zeigen, konnte nur eine schwache Beeinträchtigung durch die Verschlüsselung ermittelt werden, da sich die Leistung wenig besserte. Dies könnte damit zusammenhängen, dass der eingesetzte Verschlüsselungsalgorithmus nicht ressourcenintensiv ist. (Dutcher, Azianyo, Dissanayake, & Mailewa, 2024, S. 75-96)

Ein Ausfall eines einzelnen Cloud-Anbieters kann dazu führen, dass Prozesse in einem Unternehmen nicht mehr betriebsfähig sind. Das Experiment von Singh et al. setzt eine „Cloud of Cloud“ Methode ein, welche ermöglicht Abhängigkeiten und Limitierungen bei Verwendung eines einzigen Cloud-Dienstes zu reduzieren.

Die Cloud of Cloud baut auf verschiedenen Diensten auf, wodurch die Datenintegrität und die Verfügbarkeit erhöht werden. Vermeidung von Storage-Ausfällen, mehrfache Datenspeicherung und Cloud-Anbieter-Unabhängigkeit sind nur einige von vielen Vorteilen die dadurch verschafft werden. Das System selbst wird dabei mit den open-source Cloud-Plattformen wie Seafile, Tonido, Syncthing und SynC realisiert. Im Experiment wird die angewandte Kodierungstechnik für die Storageeffizienz und -zuverlässigkeit innerhalb der Umgebung untersucht. Abschließend lässt sich sagen, dass die angewendete Cloud of Cloud Maßnahme einen schnellen Datentransferservice im lokalen Netzwerk sicherstellt und somit mit ähnlichen Ansätzen wie DepSky und SCFS mithalten kann. (Singh, Raval, & Valiveti, 2017, S. 52-57)

3. Konzeptioneller Vorgehens- und Lösungsansatz

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise und die für die Anwendung geplante wissenschaftliche Methode beschrieben. Weiters werden fünf Kriterien festgelegt, anhand derer mehrere Cloud-Softwareanwendungen im Kapitel 5 verglichen und bewertet werden. Für die bevorstehende Analyse wurden folgende drei Software-Varianten ausgewählt: NextCloud, OwnCloud und Seafile. Diese werden in weiterer Folge im Kapitel 4 genauer vorgestellt.

3.1 Vorbereitung der Bewertungsmatrix

Für die objektive Bewertung ausgewählter Softwareanwendungen wird als wissenschaftliche Methode eine Bewertungsmatrix angewendet. Dabei geht es um eine Vergleichsmethode, bei der mehrere Alternativen anhand messbaren und vorab definierten Kriterien gegenübergestellt werden. Vergleichskriterien unterstützen den Anwender dabei, die leistungsstärkste und für den Einsatz am besten geeignetste Softwarelösung zu finden. Eine Bewertungsmatrix wird in einer übersichtlichen und strukturierten Form erstellt und dient als eine transparente Grundlage für die Entscheidungsfindung. (Bugdahl, 1990); (Rechten & Rübke, 2024); (Ouchra & Belangour, 2021, S. 271)

Die Vorbereitung einer Bewertungsmatrix für diese Bachelorarbeit erfolgt nach folgenden Schritten:

- als erstes werden die Kriteriengruppen für die Bewertungsmatrix zusammengestellt. Diese werden im Unterkapitel 3.2 „Festlegung der Kriterien“ ausführlich beschrieben;
- darauffolgend werden Nebenkriterien definiert, welche bei der Bewertung maßgeblich sind;
- im nächsten Schritt wird die Gewichtung der zuvor ausgewählten Bewertungskriterien bestimmt. Hierbei werden einzelne Kriterien nach Wichtigkeit gewichtet, wobei dem bedeutendsten Merkmal das höchste Gewicht (35% von 100%) zugeteilt wird;
- anschließend werden die ausgewählten Softwarealternativen in Bezug auf die Kriteriengruppen evaluiert. Zuerst wird jedes Unterkriterium mit einer Note von 1 bis 5 bewertet, wobei die besten Eigenschaften die höchste Note (5) erhalten. Nachfolgend wird eine Durchschnittsbewertung pro Kriteriengruppe ermittelt und mit der Gewichtung des Kriteriums multipliziert. Somit wird eine bessere Übersicht verschafft. Im letzten Schritt wird die Summe der gewichteten Bewertungen pro Cloud-Software berechnet.

3.2 Festlegung der Kriterien

Für die Bewertung der Softwarevarianten wurden fünf Kriteriengruppen ausgewählt, welche in diesem Unterkapitel detaillierter erläutert werden: Gesamtperformance, Sicherheit, Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit und Anpassungsmöglichkeit.

1. Gesamtperformance

Das Ziel eines Performancetests ist ein Leistungsvergleich ausgewählter Cloud-Software. Die Performance eines Systems kann basierend auf unterschiedlichen Analyse Kriterien wie Prozessor- und Speicherauslastung, Swap-Speicher gemessen werden. Weiters kann auch die Übertragung der Netzwerkschnittstellen getestet werden. (Samsumar, Hidayatulloh, Zaenudin, & Pitaloca, 2023, S. 2); (Mendrofa, Shirakawa, & Liza, 2022, S. 204-212); (Darmawan, Hendrawan, & Ritzkal, 2020, S. 93-102)

Da die Architektur jeder Cloud-Software unterschiedlich ist, können mehrere Docker Container im Hintergrund ausgeführt werden. Aus diesem Grund wird im Rahmen dieser Arbeit die Gesamtauslastung des Systems bewertet sobald eine der drei Applikationen gestartet wurde. Aufgrund der unterschiedlichen Containeranzahl, wird die Auslastung der einzelnen Container nicht in Betracht gezogen. Die Gesamtperformance des Systems wird anhand folgender Merkmale gemessen: CPU (user), CPU (system), Memory, Swap-Usage, Load und Netzwerkschnittstellen.

Die Performance zählt zu den entscheidendsten Faktoren für die Applikationswahl, weshalb dem Kriterium eine Gewichtung von 35% zugewiesen wird.

2. Sicherheit

Heutzutage werden auch private Daten immer öfter in einer Cloud aufbewahrt. Deshalb gehört Sicherheit zu einem der wichtigsten Merkmalen bei der Bewertung einer Software. Die Cloud kann somit zu einem riskanten Ort werden, da die Anwendungen innerhalb des Systems nicht fehlerfrei sind. Die Sicherheit muss also sowohl bei der Datenübertragung als auch bei der Speicherung gewährleistet sein. (Rexha, Likaj, & Lajqi, 2014, S. 4)

Die Cloud-Security kann beispielsweise durch digitale Signaturen und eine Zwei-Faktor-Authentifizierung garantiert werden. Mit diesen zusätzlichen Maßnahmen wird die Applikation vor unbefugtem Zugriff besser geschützt. (Salke, Chavan, Sangrulkar, & Motade, 2023, S. 2)

Die Sicherheit der Applikationen wird anhand folgender Merkmale gemessen: Zugriffssicherheit (2-F-Auth), Security features und wird mit 25% in der Bewertungsmatrix gewichtet.

3. Funktionalität

Zusätzliche Anwendungen erweitern die Funktionalität einer Software und tragen zum Datenschutz und zur Sicherheit eines Systems bei. Funktionen wie Datensynchronisation, Zusammenarbeit an Dokumenten, Kalender, und Kontaktverwaltung können in einer Cloud integriert sein. (Samsumar & Gunawan, Analisis dan Evaluasi Tingkat Keamanan Jaringan Komputer Nirkabel (Wireless LAN), 2017, S. 75)

Abhängig vom Hersteller unterscheiden sich die Tools, Funktionen und mögliche Integrationen. Hierbei ist es wichtig für den Endnutzer die richtige Auswahl auf Basis eines Vergleichs zu treffen, da es eine Vielzahl an Varianten gibt. (Nextcloud, Comparison with others, 2025)

Bei der Bewertung der ausgewählten Cloud-Lösungen wird die Funktionalität in Haupt- und Nebenfunktionen untergliedert um einen besseren Überblick zu verschaffen. Da die Funktionalität zu den drei bedeutendsten Kriterien zählt, wird diese mit 20% gewichtet.

4. Benutzerfreundlichkeit

Bei der Benutzerfreundlichkeit werden User Interface, Version für Desktop PC und mobile Geräte bewertet.

Komplizierte Benutzeroberflächen werden oft von personalisierten Funktionen verursacht. Diese beeinträchtigen die Produktivität und machen es dem Anwender schwer neue Technologien schnell einzusetzen. Zielvorstellung ist Einschränkungen zu vermeiden um keine Überforderung hervorzurufen. (Singh, Bui, & Mailewa, 2021, S. 536-545)

Es wird angenommen, dass dieses Kriterium einen schwachen Einfluss auf die Softwareauswahl haben wird. Aus diesem Grund liegt die Gewichtung dazu bei 10%.

5. Anpassungsmöglichkeit

Um die Interaktion mit einer bestehenden Infrastruktur zu vereinfachen und die Anforderungen einer Organisation zu erfüllen, gibt es eine breite Auswahl an Anpassungsmöglichkeiten. Mit einem größeren Funktionsumfang kann eine sichere und effizientere Basis für Datenspeicherung und Zusammenarbeit erreicht werden. (Vijai, Meria, & Babu, 2014, S. 119-121)

Abhängig vom Anwendungsfall kann eine Cloud-Lösung ausgewählt werden, welche anpassbar – aber komplexer in der Bedienung wäre oder eine welche eingeschränkter – aber einfacher in der Anwendung ist. (Samsumar, Hidayatulloh, Zaenudin, & Pitaloca, 2023, S. 1)

Die Anpassungsmöglichkeit wird anhand folgender Merkmale gemessen: Zusätzliche Tools/Apps und bestehende Integrationen. Die Gewichtung dazu liegt bei 10%.

Die vorgestellten Kriterien sind in folgender Tabelle 2 – Bewertungsmatrix abgebildet. Im Kapitel 5 wird diese mit Performancewerten, Eigenschaften und Merkmalen von NextCloud, OwnCloud und Seafile befüllt und mit Hilfe der Gewichtung ausgewertet.

Tabelle 2: Bewertungsmatrix

KRITERIUM	GEWICHTUNG	BEWERTUNG		
		NextCloud	OwnCloud	Seafile
1. Gesamtpformance: 1.1 CPU (user) 1.2 CPU (system) 1.3 MEM 1.4 SWAP 1.5 LOAD 1.6 NETWORK (Rxps/Txps)				
Ø Bewertung		0,00	0,00	0,00
Ø Bewertung mit Gewichtung	35%	0,00	0,00	0,00
2. Sicherheit 2.1 E2E-Authentifizierung 2.2 Verschlüsselungsmethoden				
Ø Bewertung		0,00	0,00	0,00
Ø Bewertung mit Gewichtung	25%	0,00	0,00	0,00
3. Funktionalität 3.1 Hauptfunktionen (must-have) 3.2 Nebenfunktionen				
Ø Bewertung		0,00	0,00	0,00
Ø Bewertung mit Gewichtung	20%	0,00	0,00	0,00
4. Benutzerfreundlichkeit 4.1 User Interface (UI) 4.2 Version für Desktop 4.3 Version für mobile Geräte				
Ø Bewertung		0,00	0,00	0,00
Ø Bewertung mit Gewichtung	10%	0,00	0,00	0,00
5. Anpassungsmöglichkeit 5.1 Zusätzliche Tools/Apps 5.2 Integrationen: Support				
Ø Bewertung		0,00	0,00	0,00
Ø Bewertung mit Gewichtung	10%	0,00	0,00	0,00
	100%	0,00	0,00	0,00

4. Vorbereitung des Systems und Installation der Cloud-Software

Die Installation des Betriebssystems, der einzelnen Cloud-Software sowie eines Monitoring Tools sind die notwendigen Schritte, um die anschließende Bewertung mittels Bewertungsmatrix durchführen zu können. In diesem Kapitel werden die Installationsanleitungen ausführlich für die Endbenutzer verfasst. Außerdem werden die ausgewählten Cloud-Software wie NextCloud, OwnCloud und Seafile vorgestellt.

4.1 Installation des Betriebssystems

Nachstehend werden die Installationsschritte des Betriebssystems dargestellt. Dies ist notwendig für die weitere Installation der Cloud-Software.

Die Installation wird auf einem NAS-Server mit folgender Hardware durchgeführt:

- HPE ProLiant MicroServer Gen8
- CPU: Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1240 V2 @ 3.40GHz
- RAM: 16GB (ECC)
- Storage: WD 500GB SSD
- Netzwerkadapter: 1x iLO, 1x HP Ethernet 1Gb 2-port 332i Adapter.

Im ersten Schritt wird die notwendige Software von der offiziellen UCS-Website (<https://updates.software-univention.de/download/ucs-cds/ucs4.4-9/>) heruntergeladen. In diesem Fall wird die ISO-Datei „UCS_4.4-9-amd64.iso“ verwendet, welche in weiterer Folge auf dem Server installiert wird.

Das Betriebssystem kann auf verschiedene Arten installiert werden. Da der HP Server über ein iLO web interface verfügt, kann die Installation auch darüber durchgeführt werden. Über den Link <https://192.168.1.4:444/> erfolgt die Anmeldung mit dem Administrator User (siehe Abbildung 8).

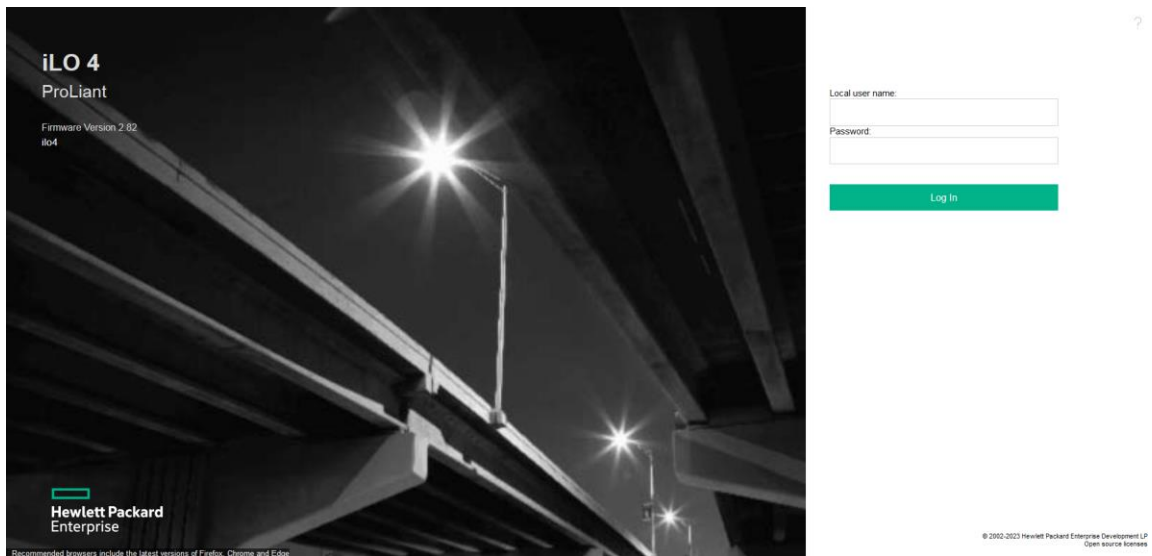


Abbildung 8: Screenshot iLO Web Interface

Im nächsten Schritt wird die integrierte HTML 5 Remote Console gestartet. Diese befindet sich unter dem Menüpunkt Remote Console / Remote Console (siehe Abbildung 9).

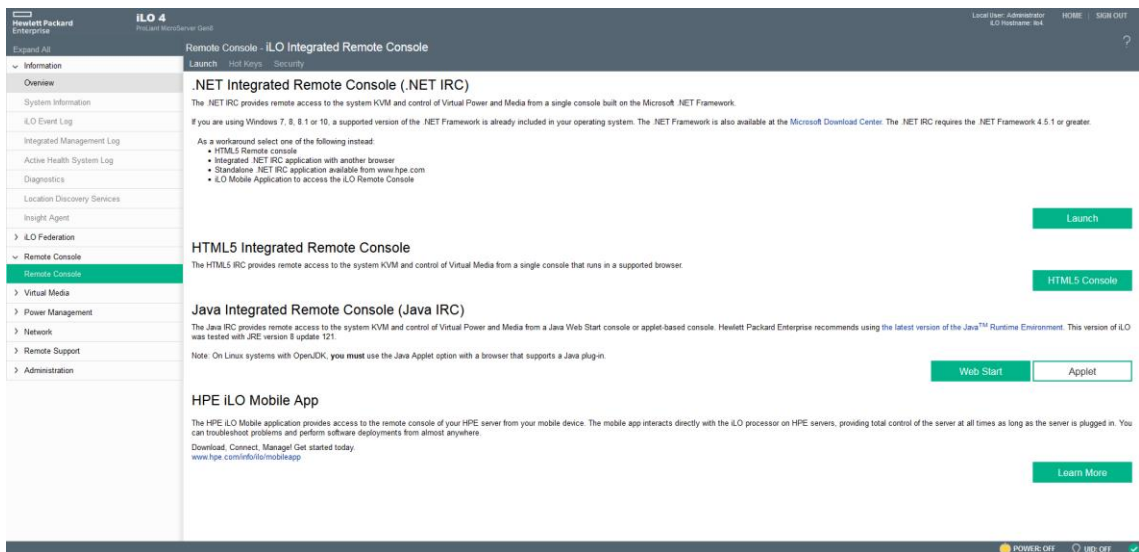


Abbildung 9: Screenshot Remote Console

Um den Server mit der heruntergeladenen ISO-Datei zu booten, wird diese im Menüpunkt Virtual Media: „CD/DVD / Local *.iso file“ vorher geladen (siehe Abbildung 10).

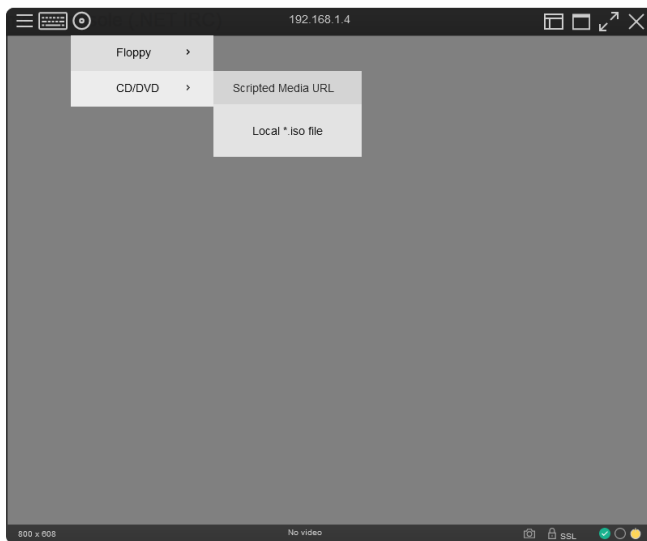


Abbildung 10: Screenshot Mount ISO-File

Nun kann der Server hochgefahren werden. Beim Bootvorgang wird mit der Taste F11 das Bootmenü aufgerufen. Nach einigen Sekunden erscheinen die Bootoptionen, wo der erste Punkt „One Time Boot to CD-ROM“ ausgewählt wird (siehe Abbildung 11).

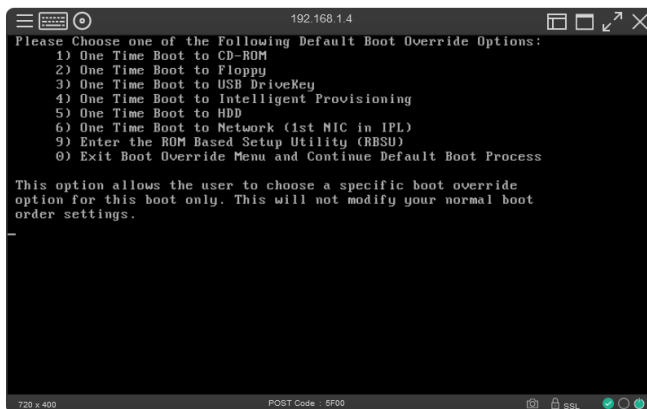


Abbildung 11: Screenshot Bootoptionen

Danach erscheint das Installationsmenü des Univention Corporate Server (UCS) – Betriebssystems. Hier wird der Menüpunkt „Start with default settings“ ausgewählt (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Screenshot Installationsmenü des UCS

Während der Installation werden folgende Parameter schrittweise ausgewählt und anschließend mit dem Button „Continue“ bestätigt:

- Select a language: Englisch
- Select your location (Country, territory or area): other
- Select your location (Continent or region): Europe
- Select your location (Country, territory or area): Austria
- Configure locales: United Kingdom – en_GB.UTF-8
- Configure the keyboard: German
- Configure the network: eno1
- Set up users and passwords: Root password setzen
- Partition disks (Partitioning method): Guided – use entire disk
- Partition disks (Select disk to partition): SCSI1 (0,0,0) (sda) - 500.1 GB
- Partition disks (Partitioning scheme): All files in one partition
- Partition disks (overview of your currently configured partitions): Finish partitioning and write changes to disk
- Partition disks (Write the changes to disks?): Yes

Weiters werden folgende Installationsschritte automatisch durchgeführt: Install the base system, Configure the package manager, Install additional software, Install the GRUB boot loader on a hard disk und Setup Univention Corporate Server.

Der zweite Teil der Installation ist der Domain setup, bei dem folgende Optionen selektiert sowie befüllt werden:

- Domain setup: Create a new UCS domain
- Account information: keine Eingabe notwendig und kann mit „NEXT“ übersprungen werden

- Host settings: die Werte werden vom System automatisch vorgeschlagen, können aber bei Bedarf angepasst werden
Fully qualified domain name: ucs-4903.mydomain.intranet
LDAP base: dc=mydomain,dc=intranet
- Software configuration: keine Auswahl notwendig, weiter mit „NEXT“
- Confirm configuration settings: Zusammenfassung der durchgeführten Konfiguration mit „CONFIGURE SYSTEM“ bestätigen.
- UCS setup successfull: mit „FINISH“ fortsetzen (System wird dabei neugestartet).

Die offizielle Dokumentation zum Installationsprozess ist unter dem Link (<https://docs.software-univention.de/handbuch-4.4.html>) verfügbar.

Nach dem Neustart erfolgt die Anmeldung auf der UCS Web-Oberfläche über folgenden Link (<https://192.168.1.207/>). Eingegeben wird der Administrator User samt dem zuvor definierten Passwort. Daraufhin erscheinen einige Informations- und Hinweismeldungen wie „Willkommen bei UMC“, „Feedback durch Nutzungsstatistiken“, die mit „Weiter“ bestätigt werden können. Bei der Aufforderung „Aktivierung von Univention Corporate Server“ wird eine gültige E-Mail-Adresse eingegeben, auf die anschließend ein Lizenzfile für die Freischaltung des App Centers zugeschickt wird. Im nächsten Schritt wird die Lizenzdatei hochgeladen und das UCS-System für die weitere Verwendung aktiviert. Abschließend erfolgt eine kurze Information über das Ende des Willkommensassistenten.

4.2 Installation der Cloud-Software am NAS-Server

In diesem Unterkapitel werden die einzelnen Cloud-Software kurz beschrieben und anschließend die Softwareinstallation am Beispiel von NextCloud auf dem Server schrittweise erklärt. OwnCloud und Seafile lassen sich analog zu NextCloud installieren.

4.2.1 NextCloud

Im Juni 2016 hat Frank Karlitschek in Kooperation mit anderen open-source Unternehmer NextCloud aufgebaut. Damit wurde den Nutzern die Möglichkeit eröffnet, die Kontrolle über ihre Daten zurückzugewinnen. Die Mission des Unternehmens besteht darin, eine Software für dezentrale Clouds als eine Alternative zur zentralisierten Cloud-Diensten zu entwickeln. (Nextcloud, About us, 2025)

NextCloud ist eine offene Cloud-Applikation, die sowohl von Privatanwendern als auch von großen Unternehmen für das sichere Synchronisieren und Freigeben von Daten eingesetzt wird. (Nextcloud, Nextcloud latest user manual introduction, 2025)

Die Cloud-Software ist sehr vielfältig und wird im Unternehmensbereich, Öffentlicher Verwaltung, bei Service Provider und in der Bildung eingesetzt (Nextcloud, 2025).

Die NextCloud-Serverarchitektur ist so aufgebaut, dass sowohl passive als auch aktive Sicherheitsmechanismen zum Einsatz kommen. Die Anwendung enthält eine umfangreiche Auswahl an passiven Schutzmaßnahmen wie Same-Site-Cookies und Brute-Force Schutz. (Nextcloud GmbH, 2018, S. 7) Die Anmeldesicherheit in der NextCloud erfolgt mittels KI, Zwei-Faktor-Verifizierung, Videoverifizierung, E2E und Serverseitige Verschlüsselung, die zu führenden Technologien gehören (Singh, Bui, & Mailewa, 2021, S. 537).

Auf einem NextCloud-Server befindet sich eine webbasierte PHP-Anwendung, welche auf einem NGINX oder Apache-Webserver ausgeführt wird. Die Applikation verwendet eine Datenbank, um Benutzerinformationen, Programmdateien und Einstellungen zu speichern und zu synchronisieren. Auch PostgreSQL, MariaDB und MySQL Datenbanken werden dabei supportet. (Nextcloud, Nextcloud Client Manual, 2023)

Das Angebot integrierter Funktionen umfasst derzeit über 200 Applikationen. Diese enthalten zahlreiche Tools für Zusammenarbeit und Infrastrukturschnittstellen. Die NextCloud-Software wird regelmäßig um neue Funktionen erweitert und zählt außerdem zu den zuverlässigsten und stabilsten open-source Lösungen auf dem Markt. Beispielsweise kann das Produkt „Nextcloud Flow“ dann genutzt werden, wenn wiederkehrende Geschäftsprozesse automatisiert werden. Ein weiteres Produkt ist „Collabora Online Office“, das für die Dokumentenverwaltung verwendet wird und eine Google Docs-Alternative ist. Auch Zusatzfunktionen wie kryptografische Algorithmen werden vom Softwarehersteller zur Verfügung gestellt. Zu weiteren Funktionalitäten gehören Videochat, Email-Versand, Fernzugriff, Benutzerauthentifizierung und Audit-Tracking. (Nextcloud, Nextcloud Hub, 2025); (Singh, Bui, & Mailewa, 2021, S. 539); (Asenov, Raydovska, Lyubomirov, & Shehova, 2019, S. 7088); (Siregar & Pristiwanto, 2021, S. 96)

4.2.2 OwnCloud

OwnCloud ist eine open-source Cloud-Software, welche Unternehmen und Teams eine Zusammenarbeit an Inhalten und Dateien unabhängig vom Gerät und Standort ermöglicht. Im Jahr 2010 wurde OwnCloud als ein offenes Projekt zum Speichern und Synchronisieren von Daten gestartet. Mit mehr als 1000 Mitwirkenden wurde diese Alternativlösung zu den bekannten Cloud-Diensten wie Dropbox zu einem weltweit bekannten Vorhaben. Diese Cloud-Software bietet sowohl Security als auch Datenschutz und wird aktuell von bereits mehr als 600 Unternehmenskunden und etwa 200 Millionen Nutzer im täglichen Leben eingesetzt. (ownCloud, About us, 2025)

Die Server-Instanzen zählen zu den Hauptkomponenten der OwnCloud und bieten zugleich eine geschützte Web-Benutzeroberfläche. Mit dieser kann das gesamte Cloud-System gesteuert werden. Zudem können berechtigte User über diese Schnittstelle Funktionen, Regeln, Dateien und Auditoptionen verwalten. (ownCloud GmbH, 2014, S. 2)

Das OAuth-Standardprotokoll wird von den OwnCloud-Nutzern oft verwendet, da es die Sicherheit bei der Client-Autorisierung deutlich erhöht. Auch die Integration von Anwendungen und Online-Diensten wird hiermit vereinfacht. (ownCloud, All Features, 2025); (Gopalakrishnan & Maheswari, 2019, S. 1456). Die Auditing-Funktion wird von Unternehmen gerne genutzt um einen Datenmissbrauch zu verhindern und um zu sehen, welche User wann und mit welchen Daten gearbeitet haben. Vor allem in den Gesundheits- und Finanzbereichen ist diese Funktionalität von Vorteil, da hier der Datenzugriff oft eingeschränkt ist. (ownCloud, All Features, 2025); (Syamsuddin, Prabuwo, Basori, & Yuniarta, 2021, S. 959)

OwnCloud verfügt über zahlreiche Funktionen, die dessen Einsatz als Private Cloud interessant machen. Dazu gehören Zugriff, Freigabe und Synchronisierung von Benutzerdaten, Versionierung, Ende-zu-Ende-Verschlüsselung, Hochladen der Files per Drag and Drop, Migration, Sicherung und Protokollierung, Aktivitäten-Stream, Antivirus, gemeinsames Cloudsharing sowie diverse Integrationen (Microsoft Teams, Office, Outlook, Splunk). Mit den genannten Funktionen erfüllt OwnCloud die Anforderungen von Unternehmen an die Speicherung vertraulicher Daten im eigenen Rechenzentrum. (Gopalakrishnan & Maheswari, 2019, S. 1455-1456); (ownCloud, About us, 2025)

OwnCloud enthält zugleich Sicherheitsfunktionen, die eine Datenspeicherung zuverlässiger gestalten. Mithilfe von Privacy-by-Design, Zero-Knowledge-Architektur und On-Premise Hostings ist die Software eine sichere Wahl für sensible Daten. Die Authentifizierung findet mit unterschiedlichsten Methoden statt und lässt sich mit herkömmlichen Identitätsdienstleistern kombinieren. (ownCloud, Ensure Security, 2025)

4.2.3 Seafile

Seafile zählt ebenfalls zu den führenden open-source Lösungen und wurde im Jahr 2012 von Daniel Pan und Jonathan Xu gegründet. Neben den performanten Synchronisierungs- und Freigabefunktionen bietet die Software auch eine E2E-Verschlüsselung. Diese sorgt für einen verbesserten Datenschutz. Der Funktionsumfang von Seafile wurde in den letzten Jahren regelmäßig erweitert. Es wurde eine Möglichkeit geschaffen die Zusammenarbeit an Dokumenten durch die Einführung von SeaDoc zu vereinfachen. (Seafile, About Us, 2025)

Im Laufe der Zeit hat sich die Cloud-Lösung zu einem vollwertigen Konkurrenten von Google Drive und Dropbox entwickelt.

Zu den Hauptmerkmalen der Software zählen Dateiverschlüsselung, plattformübergreifende Synchronisation, Versionierung und Audit Log. Die Funktion „Knowledge Management“ steigert die Produktivität der Nutzer bei der täglichen Arbeit. Mit der Option „Dateisperre“ (File locking) werden gleichzeitige Änderungen an derselben Datei verhindert. Die Dokumenten-Sperre kann sowohl über die WebUI als auch über einen Client erfolgen und aktiviert sich selbsttätig sobald eine Datei geöffnet wird. (Seafile, Seafile Features, 2025); (Terauchi & Xiong, 2021)

Die Seafile-Architektur basiert auf einem dreistufigen Systemkonzept. Der Load Balancer ist für die hohe Verfügbarkeit verantwortlich. Er verteilt und leitet den Datenfluss weiter. Danach werden Daten vom Seafile-Cluster aufgenommen und dort weiterverarbeitet. Bei einer beschädigten Instanz wird die Datenweiterleitung angehalten. Für die gemeinsame Backend-Storage wird Swift, Ceph oder S3 Storage eingesetzt. (Seafile, Cluster Deployment, 2025)

Webserver und Applikationsserver sind die zwei Hauptbestandteile einer Seafile-Serverumgebung. Die Client-Anfragen werden über den Webserver an den Anwendungsserver weitergeleitet. Eine weitere Komponente ist der Backendserver, der für die Malware, LDAP-Synchronisation und Indexierung zuständig ist. Um bestmögliche Performance zu erzielen sollte dieser als eine eigene Seafile-Instanz betrieben werden. (Seafile, Cluster Deployment, 2025); (Xu, 2021)

Um die Sicherheit im Seafile-System zu gewährleisten, werden Files zu sogenannten Libraries zusammengefasst und mit einem benutzerdefinierten Passwort verschlüsselt. Eine weitere Übermittlung der Dateien ist abgesichert, da die Inhalte auch von einem Systemadministrator nicht eingesehen werden können. (Seafile, Security features, 2025) Während der Datenübertragung werden die Inhalte durch eine AES-256 Verschlüsselung geschützt (Seafile, Security Features, 2025). Aus diesem Grund zählt die Seafile-Synchronisationstechnik als zuverlässig und konsistent (Dreyer, et al., 2015).

4.2.4 Installation von NextCloud

Nach dem Serverstart erfolgt der Login mit dem Administrator-User auf der Univention Corporate Server Web-Oberfläche (<https://192.168.1.207/>) – siehe Abbildung 13.

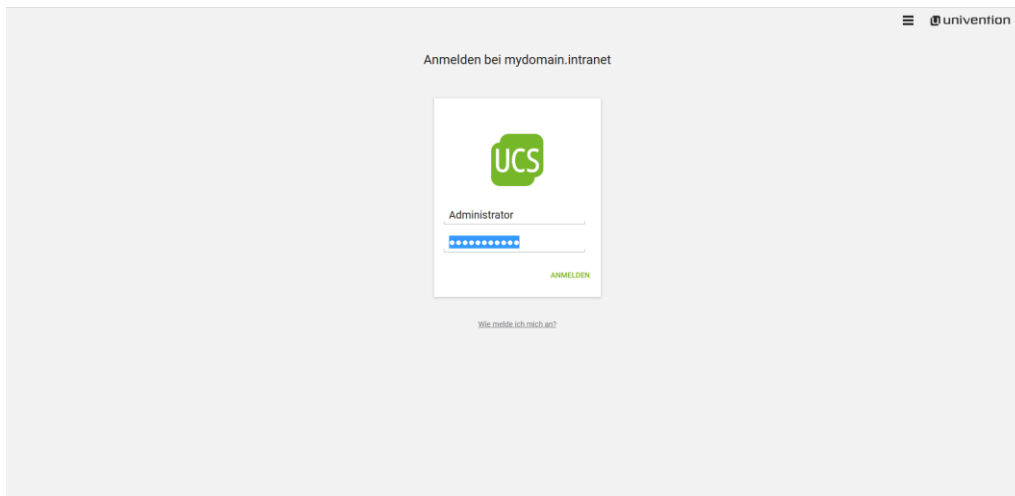


Abbildung 13: Screenshot Login UCS Web-Oberfläche

Nach dem Login auf der Web-Oberfläche wird das Menü „System- und Domäneneinstellungen“ aufgerufen. Dort befinden sich weitere Untermenüs wie „App Center“. Diese ist für die Installation der Cloud-Software notwendig (siehe Abbildung 14).

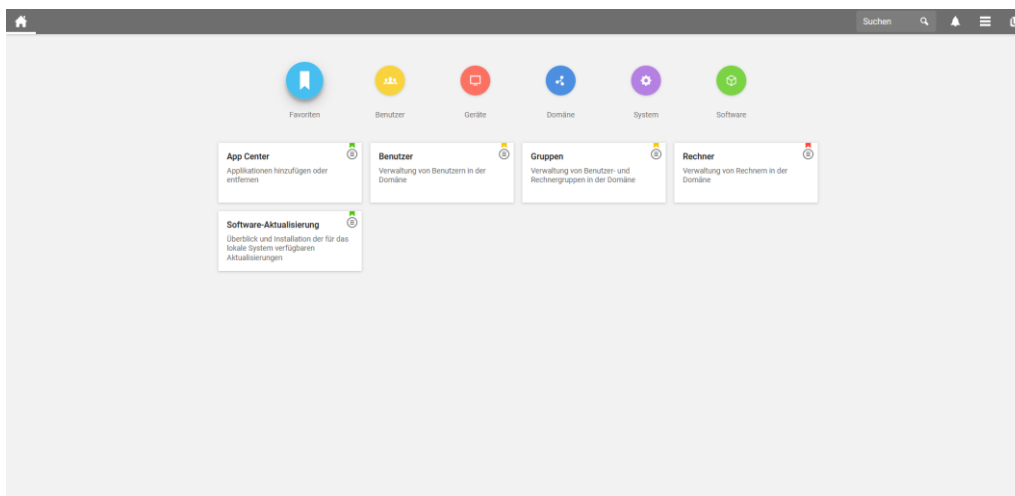


Abbildung 14: Screenshot Menüpunkt „System- und Domäneneinstellungen“

Durch Aufruf des Univention App Center erscheint eine Informationsmeldung, die nach dem Durchlesen mit „Fortfahren“ bestätigt werden kann. In der linken oberen Ecke befindet sich das Lupensymbol, wo die Suche nach Applikationen möglich ist. Hier startet die Suche nach „nextcloud“, wobei die Ergebnisse im Hauptbereich aufgelistet werden (siehe Abbildung 15).

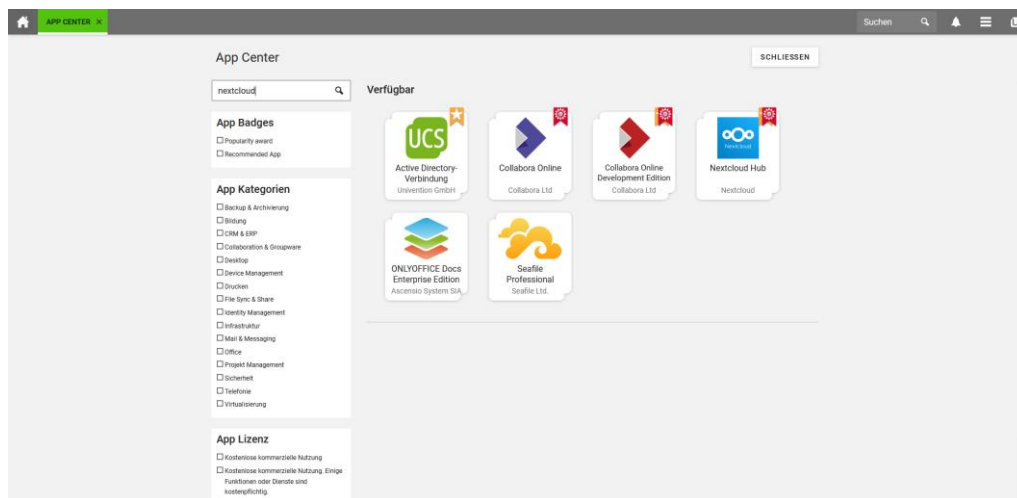


Abbildung 15: Screenshot Untermenü „App Center“

Neben der gefundenen „Nextcloud Hub“-Applikation werden auch weitere zusammenhängende Tools und Programme abgebildet. Nach dem Anklicken wird ein neues Anwendungsfenster geöffnet, wo eine kurze Beschreibung samt Funktionsumfang verfasst ist. Mit dem Menü Button „Installieren“ kann die ausgewählte „Nextcloud Hub“ App auf dem Univention Corporate Server-Betriebssystem implementiert werden (siehe Abbildung 16).

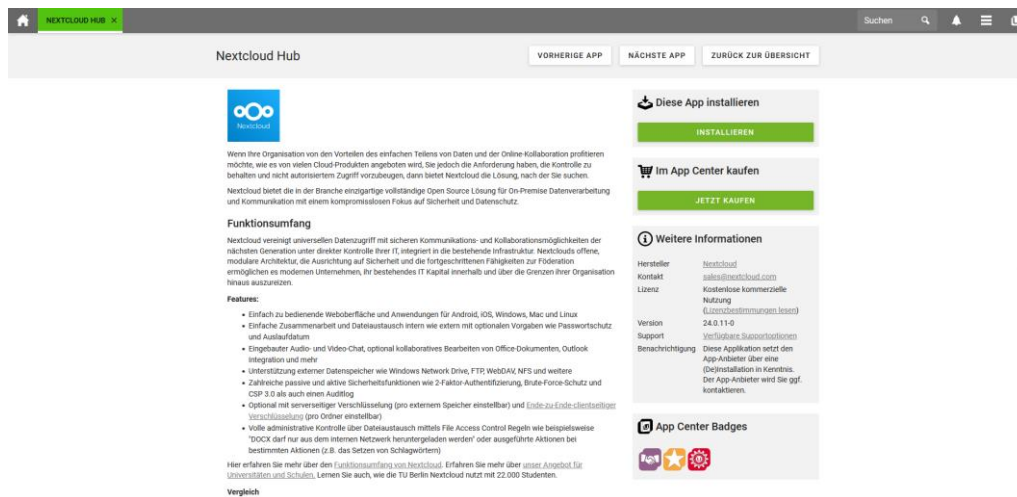


Abbildung 16: Screenshot Nextcloud Hub App

Mit der Betätigung des Buttons „Installieren“ erscheinen mehrere Informationsmeldungen zum Nextcloud Hub, die mit „Lizenz akzeptieren“ und anschließend „App installieren“ zugestimmt werden können. Der Vorgang dauert etwa 10 Minuten und erfolgt ohne weitere Aufforderungen. Nach Fertigstellung erscheint eine abschließende Information, welche mit „Fortfahren“ akzeptiert werden kann.

Nun hat sich das „Nextcloud Hub“ App-Untermenü aktualisiert, wonach zusätzliche Optionen wie „App-Einstellungen“, „Deinstallieren“ und „Jetzt kaufen“ zur Verfügung stehen.

Nach der erfolgten Installation kann die Cloud-Software entweder im Univention Portal unter „Applikationen“ oder direkt über den Link (<https://192.168.1.207/nextcloud>) gestartet werden. Daraufhin wird die NextCloud Web-Oberfläche mit mehreren Anmeldeoptionen präsentiert (siehe Abbildung 17).

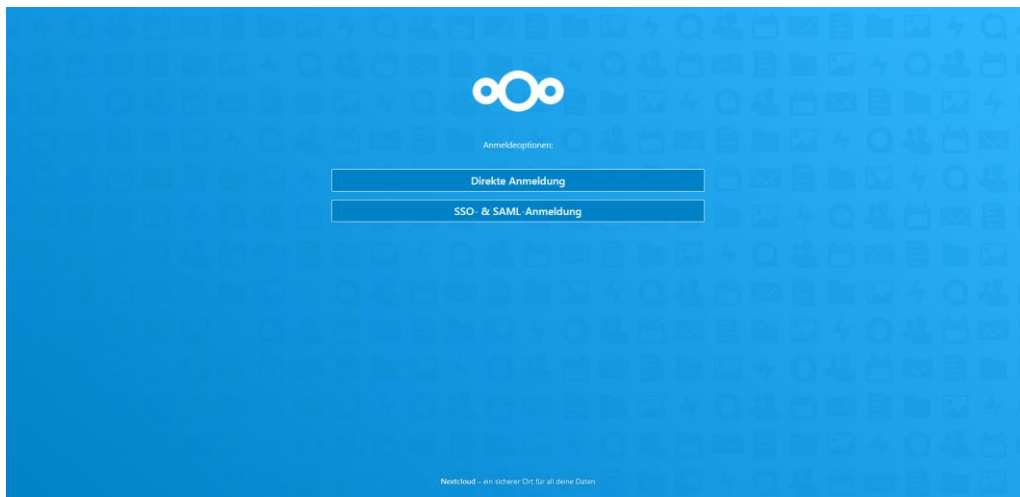


Abbildung 17: Screenshot NextCloud Anmeldeoptionen

Die „Direkte Anmeldung“ erfolgt mit dem selben Administrator Benutzer, der bei der Installation des Univention Corporate Server definiert wurde. Nach dem Login erscheint ein Willkommens-Intro, welches angesehen oder übersprungen werden kann. Nun wird die eigentliche NextCloud Web-Oberfläche ausgeführt (siehe Abbildung 18).

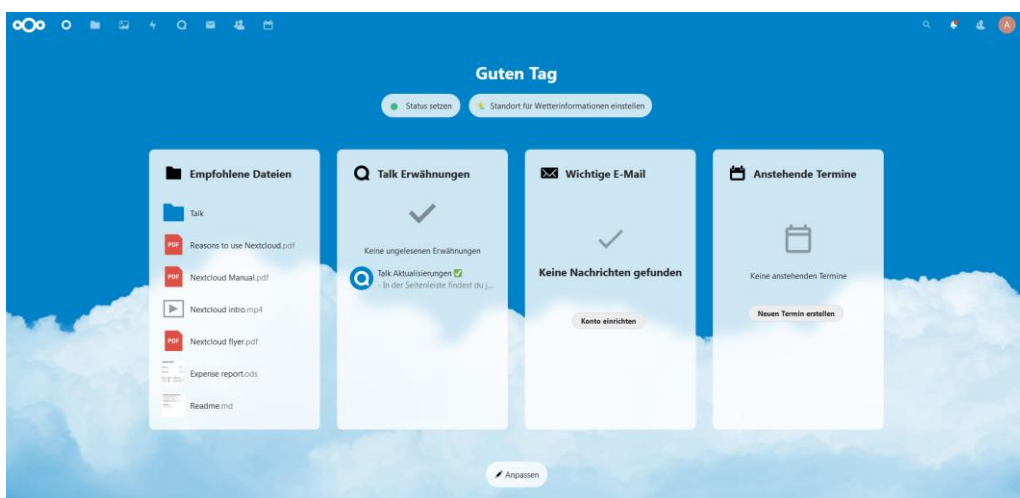


Abbildung 18: Screenshot NextCloud Web-Oberfläche

4.3 Installation des Monitoring Tools

Um die Bewertungsmatrix so praxisnah wie möglich befüllen zu können, ist ein Monitoring Tool notwendig, das ebenfalls auf dem UCS-System installiert wird. Zur Auswahl stehen einige nützliche Überwachungstools. Die Cloud-Software werden mit sogenannten Docker Container implementiert. Aus diesem Grund fällt die Entscheidung auf das Tool „Glances“, da damit auch Docker-Statistiken gemonitort werden können. (Wallen, 2018)

Die Installation des Tools erfolgt über Kommandozeile (Command Line Interface) mithilfe von „PuTTY“, da die Bedienung über die iLO integrated HTML5 Console eingeschränkt ist (siehe Abbildung 19).

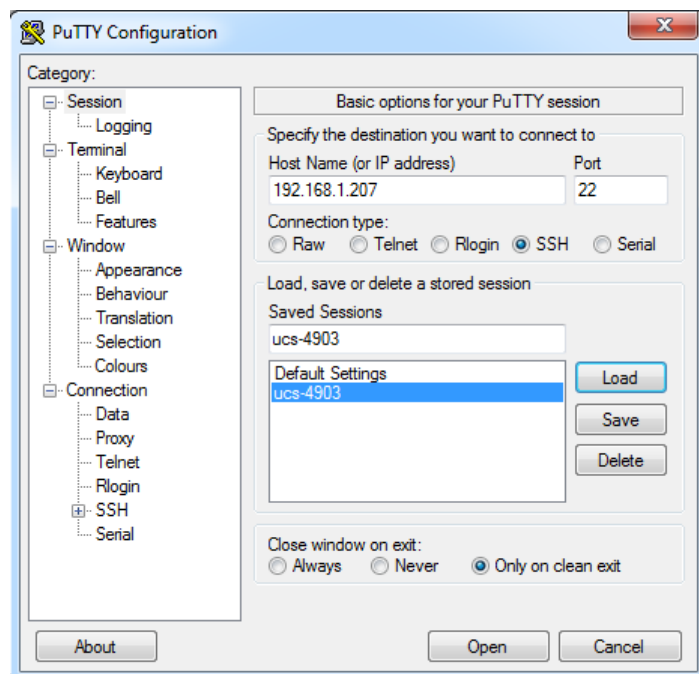


Abbildung 19: PuTTY Configuration

Die Anmeldung erfolgt in diesem Fall mit dem root-User (Login as: root; Password: entspricht dem Administrator-Passwort). Im weiteren Schritt werden einige vorgefertigte Befehle aus der offiziellen Installationsdokumentation ausgeführt, womit das Monitoring Tool „Glances“ auf dem UCS-Betriebssystem (Docker) installiert wird:

- Get the Glances container: `docker pull nicolargo/glances:latest-full`
- Run last version of Glances container in console mode:
`docker run --rm -e TZ="${TZ}" -v /var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock:ro -v /run/user/1000/podman/podman.sock:/run/user/1000/podman/podman.sock:ro -pid host --network host -it nicolargo/glances:latest-full`

- Run the container in Web server mode:
`docker run -d --restart="always" -p 61208-61209:61208-61209 -e TZ="${TZ}" -e GLANCES_OPT="-w" -v /var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock:ro -v /run/user/1000/podman/podman.sock:/run/user/1000/podman/podman.sock:ro -pid host nicolargo/glances:latest-full`
(Hennion, 2025).

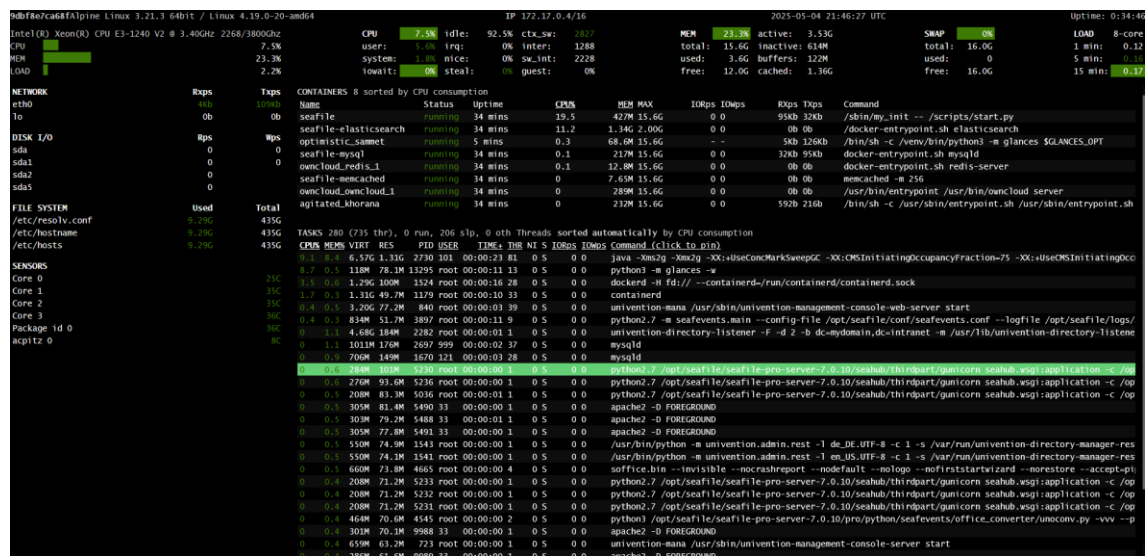


Abbildung 20: Glances im Web Server Modus

5. Evaluierung und Analyse der Ergebnisse

Als Vorbereitung für die Messung der Gesamtpformance wird der NAS-Server samt dem UCS-Betriebssystem hochgefahren. Das Monitoring Tool „Glances“ startet dabei automatisch im Hintergrund. Um die Werte abrufen zu können erfolgt der Zugriff auf die Applikation über die Web Server Oberfläche.

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Cloud-Software - NextCloud, OwnCloud und Seafile - in zwei Durchläufen (1x 1 Minute und 1x 5 Minuten) nacheinander gemessen. Der Vorgang hierbei ist starten, nach einer Minute messen und stoppen der Software über die UCS-Oberfläche.

Während der Messung mit Glances werden jeweils der niedrigste und höchste CPU-Wert als Richtwert genommen. Dabei wurden während dem 5-Minuten-Durchlauf präzisere Werte ermittelt. Folgend sind diese in den Abbildungen 21 bis 26 festgehalten.

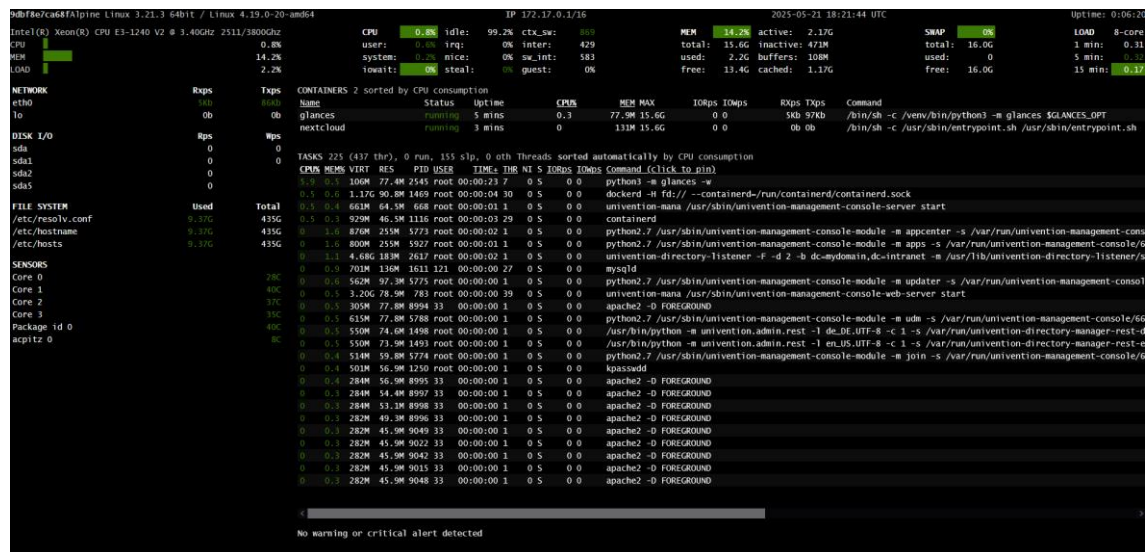


Abbildung 21: Screenshot Glances - NextCloud (min CPU)



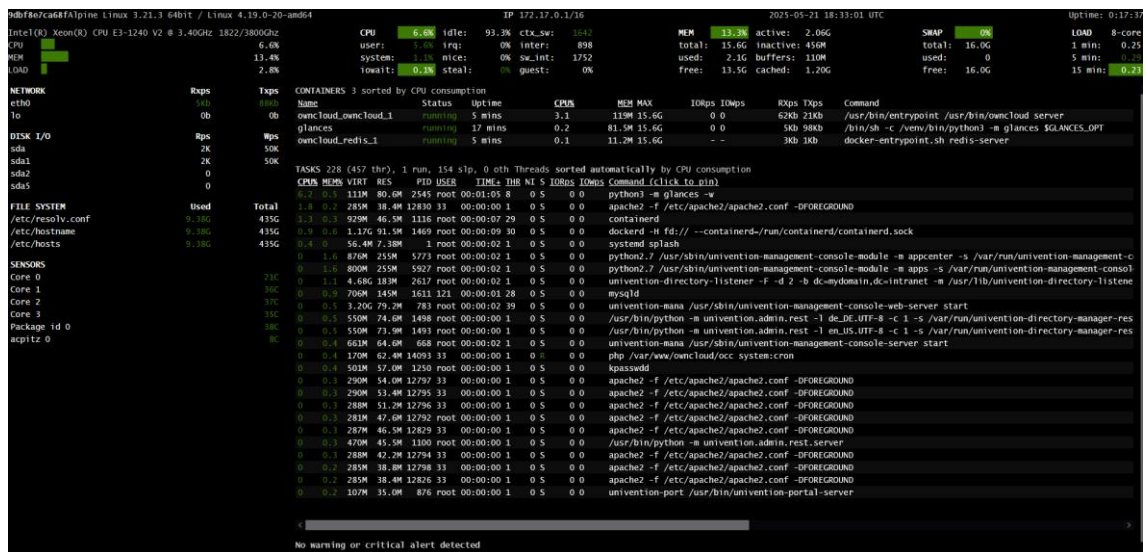


Abbildung 24: Screenshot Glances - OwnCloud (max CPU)

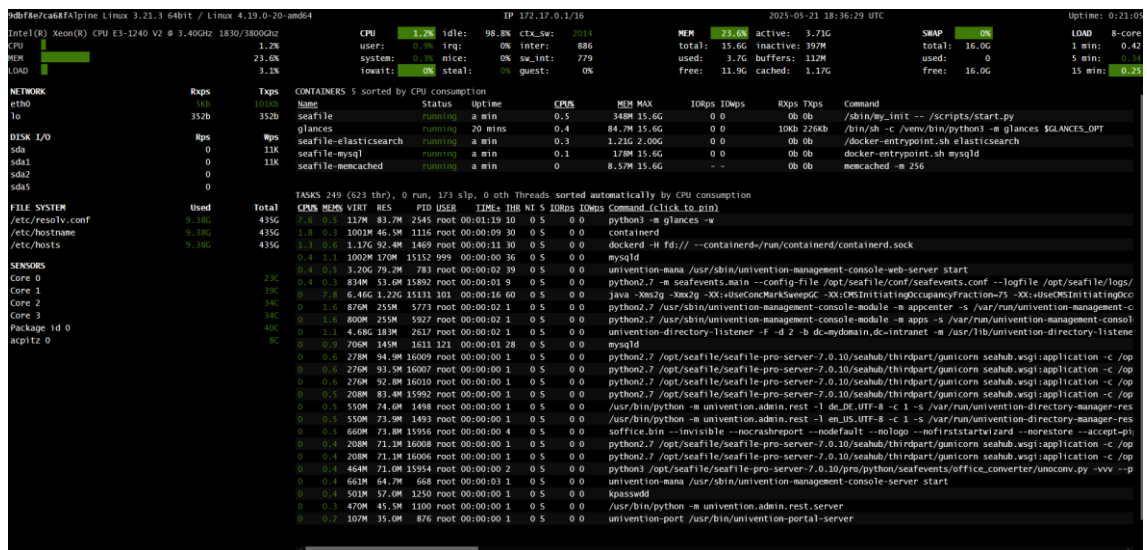


Abbildung 25: Screenshot Glances - Seafile (min CPU)

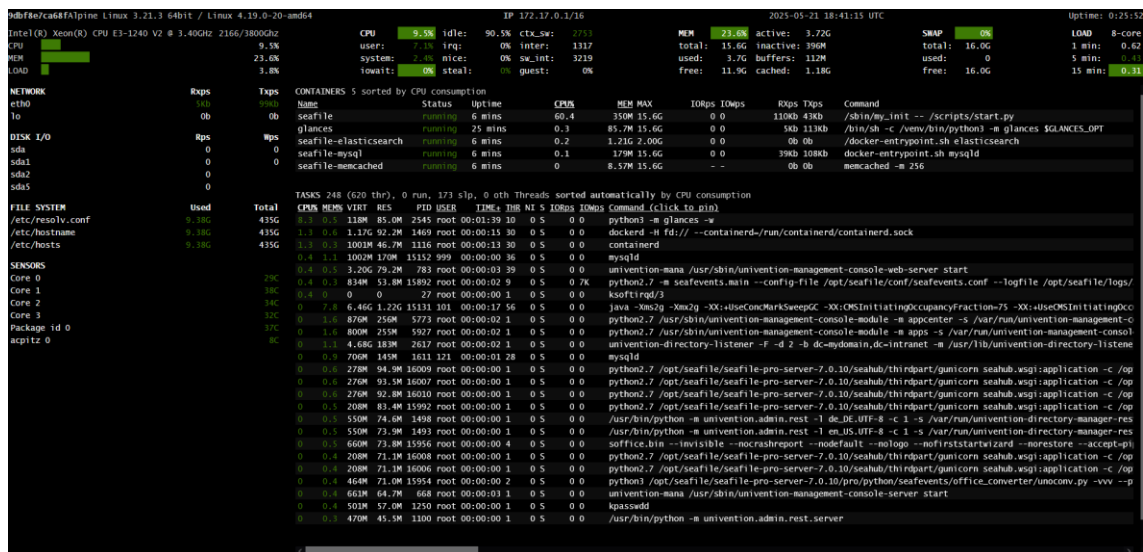


Abbildung 26: Screenshot Glances - Seafile (max CPU)

Die Bewertungsmatrix unterteilt sich in eine genaue Beschreibung der einzelnen Kriteriengruppen samt Unterkriterien. Nach Messung der einzelnen Werte der Gesamtperformance werden diese in die vorbereitete Matrix eingepflegt.

Die weiteren Inhalte der Kriterien Sicherheit, Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit und Anpassungsmöglichkeit werden aus den offiziellen Herstellerwebseiten abgeleitet. (Nextcloud, Nextcloud Hub, 2025); (Nextcloud, Comparison with others, 2025); (ownCloud, All Features, 2025); (ownCloud, ownCloud vs Nextcloud, 2025); (ownCloud, Seafile vs ownCloud, 2025); (Seafile, Seafile Features, 2025); (Seafile, Security features, 2025)

Aufgrund den offiziellen Angaben und Empfehlungen des Herstellers sowie erworbenen Berufserfahrung wurden die Kriterien sorgfältig ausgewählt und in der Tabelle festgehalten (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Hauptmerkmale von NextCloud, OwnCloud und Seafile

KRITERIUM	NextCloud	OwnCloud	Seafile
1. Gesamtperformance:			
1.1 CPU (user)	min: 0,6% max: 7,1%	min: 0,7% max: 5,6%	min: 0,9% max: 7,1%
1.2 CPU (system)	min: 0,2% max: 1,2%	min: 0,2% max: 1,1%	min: 0,3% max: 2,4%
1.3 MEM	14,2% 14,1%	13,2% 13,4%	23,6% 23,6%
1.4 SWAP	0% 0%	0% 0%	0% 0%
1.5 LOAD	2,2% 2,0%	2,8% 2,8%	3,1% 3,8%
1.6 NETWORK (Rxps/Txps)	5Kb/86Kb 5Kb/90Kb	5Kb/86Kb 5Kb/88Kb	5Kb/101Kb 5Kb/99Kb
2. Sicherheit			
2.1 E2E-Authentifizierung	vorhanden	vorhanden	vorhanden
2.2 Verschlüsselungsmethoden	Active Directory, LDAP, SAML, Datenzugriffskontrolle, Applikationszugriff, Kerberos, Speicherverschlüsselung	Active Directory, LDAP, Datenzugriffskontrolle, Kerberos, Speicherverschlüsselung	Active Directory, LDAP, Applikationszugriff, Kerberos, Speicherverschlüsselung, Shibboleth
3. Funktionalität			
3.1 Hauptfunktionen (must-have)	unbegrenzter Speicher, Dateifreigabe, Kollaboration von Dokumenten, Bildschirmfreigabe, Teamarbeit, Globale Skalierbarkeit	unbegrenzter Speicher, Dateifreigabe, Kollaboration von Dokumenten, Keine Globale Skalierbarkeit	10GB Speicher, Dateifreigabe, Globale Skalierbarkeit
3.2 Nebenfunktionen	sichere Links, Benutzer/Gruppenverteilung, Online Arbeitsbereich	sichere Links, Benutzer/Gruppenverteilung, Online Arbeitsbereich, Gastfunktion	sichere Links, Benutzer/Gruppenverteilung, Bibliotheksfunktion
4. Benutzerfreundlichkeit			
4.1 User Interface (UI)	einfache Bedienung	einfache Bedienung	technische Kenntnisse erforderlich
4.2 Version für Desktop	macOS, Linux, Windows	macOS, Linux, Windows	macOS, Linux, Windows
4.3 Version für mobile Geräte	iOS, Android, Windows	iOS, Android	iOS, Android
5. Anpassungsmöglichkeit			
5.1 Zusätzliche Tools/Apps	NextCloud App Store mit über 200 Applikationen	OwnCloud App Store mit über 120 Applikationen	nicht vorhanden
5.2 Integrationen: Support	Kontenverwaltung, Datenflusskontrolle, Collabora Office	Datei-Firewall, SSO, Integration für Sharepoint, Netzlaufwerk-Support	Kontenverwaltung, Dateisperre, Remote-Löschen

Die Hauptmerkmale von NextCloud, OwnCloud und Seafile sind nach Haupt- und Unterkriterien gegliedert. Bei der Gesamtperformance orientieren sich die Höchst- und Niedrigwerte an der CPU. Es wurde dabei ebenfalls der Status von MEM, SWAP, LOAD sowie NETWORK entnommen. Alle drei Cloud-Lösungen schneiden in allen Unterkategorien sehr gut ab. Die einzige Auffälligkeit ist bei MEM ersichtlich: NextCloud schneidet mit 14,1%-14,2%, OwnCloud mit 13,2%-13,4% und Seafile mit 23,6% ab.

In der Kategorie Sicherheit ist die End-zu-End-Authentifizierung bei allen drei Cloud-Lösungen vorhanden. Bei den Verschlüsselungsmethoden schneiden NextCloud und Seafile sehr gut ab. OwnCloud bietet ebenfalls eine Vielzahl an Sicherheitsfunktionen an. Hervorzuheben ist die SAML-Authentifizierung bei NextCloud sowie die Shibboleth-Authentifizierung bei Seafile.

Bei der Funktionalität ähneln sich NextCloud sowie OwnCloud sehr. Neben der vielen Tools verfügen beide über einen unbegrenzten Speicher. Bei Seafile besteht mit einem 10GB Speicher die größte Einschränkung. Weiteres ist negativ hervorzuheben, dass OwnCloud als einziger Anbieter keine globale Skalierbarkeit zur Verfügung stellt. Das Fehlen dieser schränkt die Flexibilität eines Unternehmens ein. Positiv fällt OwnCloud bei den Nebenfunktionen mit sicheren Freigabelinks, Benutzer- und Gruppenverteilung, Online Arbeitsbereich sowie der Gastfunktion auf.

Die Gestaltung der Weboberfläche (UI) ist bei NextCloud und OwnCloud benutzerfreundlich und intuitiv. Bei der Nutzung von Seafile sind technische Kenntnisse eine Voraussetzung. Für den Desktop Client sind alle drei Cloud-Lösungen kompatibel. Zudem bietet NextCloud neben iOS und Android auch Windows für mobile Geräte an.

Die Anpassungsmöglichkeit stellt die letzte Kategorie dar. NextCloud bietet über 200 Applikationen und OwnCloud mehr als 120 im eigenen App Store an. Seafile verfügt hingegen über keinen App Store und ist dadurch weniger attraktiv. Mit der Datenflusskontrolle bietet NextCloud den Administratoren eine Steuerung und Überprüfung des Datenflusses an. OwnCloud verfügt über die Einbindung eines Netzlaufwerks sowie einer SSO-Anmeldeoption. Bei Seafile kommen die Integrationen mit der Auswahl zu kurz.

In weiterer Folge wurden in der Bewertungsmatrix (siehe Tabelle 4) die Noten 1 (schlechteste) bis 5 (beste) für die Unterkriterien vergeben. Die Bewertung erfolgte nach dem im Kapitel 3.1 erwähnten Lösungsansatz und der oben beschriebenen Kriterien. Die Software mit der höchsten durchschnittlich gewichteten Bewertung wird für die weitere Anwendung empfohlen. Bei der Gesamtperformance wurden alle Unterkategorien bis auf den Anbieter Seafile (bei MEM mit 4) mit der Note 5 bewertet. Bei dem Kriterium Sicherheit sieht die Situation ähnlich aus. In der Unterkategorie Verschlüsselungsmethode erhielt OwnCloud die Note 4. Größere Differenzen gab es bei der Funktionalität in der Unterkategorie Hauptfunktionen. Seafile schneidet hier mit der Benotung 3 am schlechtesten ab. OwnCloud sticht bei den Nebenfunktionen mit der Note 5 hervor. Was die Benutzerfreundlichkeit betrifft – erhält Seafile aufgrund der erforderlichen technischen Kenntnisse eine 3. In der abschließenden Kategorie Anpassungsmöglichkeit wurde bei der Unterkategorie „Zusätzliche Tools und Apps“ 1 Punkt an Seafile vergeben. Dies macht in der Gesamtbenotung einen gravierenden Unterschied, da alle drei Cloud-Lösungen ähnlich gut abschneiden. Das Ergebnis nach der Bewertung mit Gewichtung lautet: NextCloud – 29,40, OwnCloud 27,86 und Seafile 23,58.

Anhand der durchgeführten Bewertungsmatrix erfüllt NextCloud mit 29,40 beim Betrieb auf einem NAS-Server die in Tabelle 4 aufgezählten Kriterien am besten. In allen Kategorien erhielt NextCloud die Benotung 5 (sehr gut), bis auf die Unterkategorie Nebenfunktionen in der Kategoriegruppe Funktionalität. Hier wurde auf Grund geringer Abweichungen zu den Anbietern OwnCloud und Seafile die Note 4 vergeben. Aufgrund dieser Ergebnisse wird NextCloud als zukunftsichere und universell einsetzbare Software-Lösung empfohlen.

Tabelle 4: Software-Evaluierung nach Bewertungsmatrix

KRITERIUM	GEWICHTUNG	BEWERTUNG		
		NextCloud	OwnCloud	Seafile
1. Gesamtperformance:				
1.1 CPU (user)		5	5	5
1.2 CPU (system)		5	5	5
1.3 MEM		5	5	4
1.4 SWAP		5	5	5
1.5 LOAD		5	5	5
1.6 NETWORK (Rxps/Txps)		5	5	5
Ø Bewertung		5,00	5,00	4,83
Ø Bewertung mit Gewichtung	35%	6,75	6,75	6,53
2. Sicherheit				
2.1 E2E-Authentifizierung		5	5	5
2.2 Verschlüsselungsmethoden		5	4	5
Ø Bewertung		5,00	4,50	5,00
Ø Bewertung mit Gewichtung	25%	6,25	5,63	6,25
3. Funktionalität				
3.1 Hauptfunktionen (must-have)		5	4	3
3.2 Nebenfunktionen		4	5	4
Ø Bewertung		4,50	4,50	3,50
Ø Bewertung mit Gewichtung	20%	5,40	5,40	4,20
4. Benutzerfreundlichkeit				
4.1 User Interface (UI)		5	5	3
4.2 Version für Desktop		5	5	5
4.3 Version für mobile Geräte		5	4	4
Ø Bewertung		5,00	4,67	4,00
Ø Bewertung mit Gewichtung	10%	5,50	5,13	4,40
5. Anpassungsmöglichkeit				
5.1 Zusätzliche Tools/Apps		5	4	1
5.2 Integrationen: Support		5	5	3
Ø Bewertung		5,00	4,50	2,00
Ø Bewertung mit Gewichtung	10%	5,50	4,95	2,20
	100%	29,40	27,86	23,58

6. Zusammenfassung und Ausblick

Cloud Computing und vor allem die Cloud-Speicherdienste werden zu einem immer bedeutenderen Bestandteil der Informationstechnologiebranche. (Martini & Choo, 2013, S. 287) In dieser Arbeit wurden die gebräuchlichsten Cloud-Anbieter für eine private Cloud – nämlich NextCloud, OwnCloud und Seafile – in den Mittelpunkt gestellt. Dieses Cloud Modell kommt dann zum Einsatz wenn Sicherheit, Flexibilität und eine absolute Kontrolle über die Systeme einen hohen Stellenwert haben. Die zentrale Forschungsfrage dieser Bachelorarbeit lautet: *„Welche Cloud-Software (Nextcloud, Seafile, Owncloud) erfüllt beim Betrieb auf einem NAS-Server die im folgenden genannten Kriterien am besten?“*. Aus der obigen Forschungsfrage resultiert folgende Hypothese: *„Die Cloud-Software „Nextcloud“ erfüllt bei einem Betrieb auf einem NAS-Server die genannten Kriterien am besten“*.

Die ausgesuchten Cloud-Lösungen wurden auf einem NAS-Server installiert, konfiguriert und zuletzt anhand vorher festgelegten Kriterien mit Hilfe einer Bewertungsmatrix evaluiert. Diese wissenschaftliche Methode eignet sich am besten wenn ein Vergleich mehrerer Softwarevarianten mit einer bestimmten Gewichtung durchgeführt werden soll. Zusätzlich wurde auf dem Betriebssystem ein Monitoring Tool „Glances“ implementiert um die Gesamtperformance des Systems beim Ausführen einzelner Cloud-Lösungen messen zu können. Außerdem wurden vier weitere Kriteriengruppen wie Sicherheit, Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit und Anpassungsmöglichkeit festgelegt. Nach der durchgeführten Bewertung samt Gewichtung konnten folgende Ergebnisse erzielt werden: NextCloud mit 29,40, OwnCloud mit 27,86 und Seafile mit 23,58 Punkten. NextCloud erhielt dabei die meisten Punkte und eignet sich deshalb am ehesten für den Betrieb auf einem NAS-Server. Als Folge dessen konnte die zuvor aufgestellte Hypothese verifiziert und bestätigt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden sowohl theoretische Grundlagen des Cloud Computing als auch die praktische Anwendung und Implementierung der drei ausgewählten private Cloud Lösungen genau untersucht. Während der Definition der Kriterien für die Bewertungsmatrix war es herausfordernd, relevante Unterkriterien zu bestimmen da es eine Vielzahl davon gibt. Daher ist es notwendig, die Kriterien abhängig vom Use Case neu zu definieren um einen gezielteren Vergleich durchführen zu können. Zum weiteren Nachteil der angewandten Methode zählt ebenfalls eine subjektive Bewertung und Gewichtung jedes einzelnen Kriteriums. Abhängig von dem Entscheidungsträger und den gewählten Merkmalen können andere Endergebnisse erzielt werden.

In weiterer Folge könnte ein zusätzlicher praktischer Anwendungsfall zur Messung der Gesamtperformance definiert werden. Darin soll beispielsweise ein 1 Gigabyte großes File in die einzelnen Cloud-Lösungen hochgeladen und dabei die Systemperformance mit dem selben Monitoring Tool „Glances“ gemessen werden.

Außerdem wäre es interessant, die ausgewählten Cloud-Software nativ beziehungsweise direkt und nicht über einen Docker Container zu implementieren. Dabei könnten auch alternative Monitoring Tools wie Nagios, Top oder GNOME System Monitor zur Messung der Systemperformance eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- Adelsberger, H., & Drechsler, A. (2010). *Ausgewählte Aspekte des Cloud-Computing aus einer IT-Management-Perspektive*. Essen: Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik (ICB). Universität Duisburg-Essen.
- Asenov, S., Raydovska, V., Lyubomirov, S., & Shehova, D. (November 2019). USING OF THE NEXTCLOUD TECHNOLOGY IN THE ENGINEER EDUCATION. *12th annual International Conference of Education, Research and Innovation*, S. 7087-7095.
- Birmili, T., Wahju, P., & Willig, D. (2012). Vergleich von IaaS-Anbietern. Stuttgart, Baden-Württemberg, Deutschland.
- BITKOM. (2009). *Cloud Computing - Evolution in der Technik, Revolution im Business*. Berlin-Mitte.
- Bugdahl, V. (1990). *Entscheidungsfindung*. Würzburg: Vogel Verlag und Druck KG.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI. (2012). *Sicherheitsempfehlungen für Cloud Computing Anbieter*. Bonn.
- Chopra, R. (2017). *Cloud Computing - An Introduction*. Mercury Learning & Information.
- Darmawan, D., Hendrawan, A., & Ritzkal. (December 2020). Perbandingan Aplikasi Data Storage Pydio 8.0 dengan Open Media Vault (OMV) Studi Kasus Fakultas Teknik. *Jurnal Inovatif Inovasi Teknologi Informasi dan Informatika Vol: 3 No. 2*, S. 93-102.
- Dhuria, S., Gupta, A., & Singla, R. (2017). *Review of Pricing Techniques in Cloud Computing*. Chandigarh: Panjab University.
- Dreyer, M., Asshauer, K., Gröper, E., Schmidt, M., Brinkmann, A., Allendörfer, C., & Scheffczyk, T. (2015). Building an Online File Storage and Sharing Service using Seafile and CEPH for HU Berlin and JGU Mainz. *Cloudspeicher im Hochschuleinsatz 2015* (S. 2-9). Berlin: Humboldt Universität zu Berlin, Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- Dutcher, G., Aziany, K., Dissanayake, T., & Mailewa, A. (2. April 2024). Secure Cloud Storage Solution with “Seafile” & “NextCloud”: A Resilient Efficiency Assessment. *Advances in Technology 2024 Volume 3 Issue 2*.
- Eichstädt, T., & Spieker, S. (2024). *52 Stunden Informatik. Was jeder über Informatik wissen sollte*. Wiesbaden: Springer Vieweg Wiesbaden.

- Fernández-Alemán, M., Estrada-Molina, O., Zambrano-Acosta, J., Chica Chica, L., & Colina Ortega, A. (27. Oktober 2023). Preprints.org. *Usage and Acceptance of the Nextcloud Platform in the University Context: An Exploratory Study*.
- Gill, S., Xu, M., Ottaviani, C., Patros, P., Bahsoon, R., Shaghaghi, A., . . . Uhlig, S. (2022). AI for next generation computing: Emerging trends and future directions. *Internet of Things*, 1-34.
- Golightly, L., Chang, V., Xu, Q., Gao, X., & Liu, B. (2022). Adoption of cloud computing as innovation in the organization. *International Journal of Engineering Business Management Volume 14*, 1–17.
- Gopalakrishnan, P., & Maheswari, B. (April 2019). Research On Enterprise Public and Private Cloud Service. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Volume-8, Issue- 6S4*, S. 1453-1459.
- Haq, M., Gouri, M., & Sharma, M. (2023). FORTY CLOUD COMPUTING'S FUTURE TRENDS (Chapter: 11). *Global Research Foundation*, 93-102.
- Hennion, N. (Januar 2025). *github, Glances - An eye on your system*. Von github-Website:
<https://github.com/nicolargo/glances/blob/master/README.rst#docker-the-cloudy-way> abgerufen
- Huawei Technologies Co., L. (2023). *Cloud Computing Technology*. Beijing: Springer Singapore.
- Hurwitz, J., & Kirsch, D. (2020). *Cloud Computing for Dummies*. New Jersey: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH. (2011). *Cloud Computing - Einsatz und Nutzen für kleine und mittlere Unternehmen*. Köln.
- Jamsa, K. (2023). *Cloud Computing*. Burlington: World Headquarters, Jones & Bartlett Learning.
- Labes, S. (2012). *Grundlagen des Cloud Computing - Konzept und Bewertung von Cloud Computing*. (T. U. Prof. Dr. Rüdiger Zarnekow, Hrsg.) Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin.
- Leyh, C., & Hentschel, R. (April 2018). Cloud Computing: Status quo, aktuelle Entwicklungen und. *Research Gate*.
- Lindner, D. (Januar 2020). Der Weg in die Cloud. *Research Gate*.
- Maaz, M., Ahmed, M., Maqsood, M., & Soma, D. (2023). Development Of Service Deployment Models In Private Cloud. *JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGY(JSRT) VOLUME-1 ISSUE-9*, 1-12.

- Martini, B., & Choo, K.-K. (December 2013). Cloud storage forensics: ownCloud as a case study. *Digital Investigation*, Volume 10, Issue 4, S. 287-299.
- Mei, L. (2022). *Fintech Fundamentals : Big Data / Cloud Computing / Digital Economy*. Herndon: Mercury Learning & Information.
- Mendrofa, V., Shirakawa, T., & Liza, R. (9. Oktober 2022). Analisis Performa Owncloud Dan Pydio Pada Aplikasi Layanan Cloud Storage. *SNASTIKOM KE*, S. 204-212.
- Metzger, C., Reitz, T., & Villar, J. (2011). *Cloud Computing : Chancen und Risiken aus technischer und unternehmerischer Sicht*. München: Carl Hanser Verlag.
- Michelbach, T., & Riahi, O. (2013). Vergleich der Energieeffizienz. Stuttgart, Baden-Württemberg, Deutschland.
- Moscicki, J., & Lamanna, M. (2014). Prototyping a file sharing and synchronization service with Owncloud. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 513, Issue 4.
- Nextcloud. (2025). Von Nextcloud-Website: <https://nextcloud.com/> abgerufen
- Nextcloud GmbH. (2018). *Nextcloud, Nextcloud Solution Architecture*. Von Nextcloud-Website: <https://nextcloud.com/media/wp135098u/Architecture-Whitepaper-WebVersion-072018.pdf> abgerufen
- Nextcloud, About us. (2025). Von Nextcloud-Website: <https://nextcloud.com/about/> abgerufen
- Nextcloud, Comparison with others. (2025). Von Nextcloud-Website: <https://nextcloud.com/compare/> abgerufen
- Nextcloud, Nextcloud Client Manual. (1. February 2023). Von Nextcloud-Website: <https://docs.nextcloud.com/desktop/3.4/architecture.html> abgerufen
- Nextcloud, Nextcloud Hub. (2025). Von Nextcloud-Website: <https://nextcloud.com/hub/> abgerufen
- Nextcloud, Nextcloud latest user manual introduction. (2025). Von Nextcloud-Website: https://docs.nextcloud.com/server/latest/user_manual/en/index.html abgerufen
- NIST. (12. August 2024). Von <https://csrc.nist.gov/projects/cloud-computing> abgerufen
- Oladosu, S., Ike, C., Adepoju, P., Afolabi, A., Ige, A., & Amoo, O. (2021). Advancing cloud networking security models: Conceptualizing a unified framework. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, 03(01), 79–90.
- Olaosebikan, A., Dissanayaka, T., & Mailewa, A. (1-2. April 2022). Security & Privacy Comparison of NextCloud vs Dropbox: A Survey. *Midwest Instruction and Computing Symposium, 54th Annual Conference*.

- Ouchra, H., & Belangour, A. (2021). Object Detection Approaches in Images: A Weighted Scoring Model based Comparative Study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 12, No. 8, S. 268-275.
- ownCloud GmbH. (2014). *ownCloud, ownCloud Architecture Overview*. Von ownCloud-Website: https://owncloud.com/wp-content/uploads/2014/03/oc_architecture_overview.pdf abgerufen
- ownCloud, About us*. (2025). Von ownCloud-Website: <https://owncloud.com/about-us/> abgerufen
- ownCloud, All Features*. (2025). Von ownCloud-Website: <https://owncloud.com/features/> abgerufen
- ownCloud, Ensure Security*. (2025). Von ownCloud-Website: <https://owncloud.com/product/security/> abgerufen
- ownCloud, ownCloud vs Nextcloud*. (2025). Von ownCloud-Website: <https://owncloud.com/compare-filesharing/owncloud-vs-nextcloud/> abgerufen
- ownCloud, Seafile vs ownCloud*. (2025). Von ownCloud-Website: <https://owncloud.com/compare-filesharing/seafile-vs-owncloud/> abgerufen
- Patel, H., & Kansara, N. (2021). Cloud Computing Deployment Models: A Comparative Study. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJIRCST) Volume-9, Issue-2*, 45-50.
- Rafia, I., Vardhan, P., Aparna, G., Ragha, M., Chinna, M., Sai, C., & Olatunde, A. (2023). The Future of Cloud Computing: Benefits and Challenges. *International Journal of Communications, Network and System Sciences*, 53-65.
- Rahaman, M., Chappu, B., Anwar, N., & Hadi, P. (2022). Analysis of Attacks on Private Cloud Computing Services that Implicate Denial of Services (DoS). *Cyber Security Insights Magazine, Vol 04*, 1-6.
- Rechten, S., & Rübke, M. (2024). *Basiswissen Vergaberecht*. Köln: Reguvis Fachmedien GmbH.
- Rexha, B., Likaj, B., & Lajqi, H. (Dezember 2014). Assuring security in private clouds using ownCloud. *Conference: Recent Trends and Applications in Computer Science and Information Technology*.
- Salke, P., Chavan, P., Sangrulkar, O., & Motade, S. (24-25. November 2023). Analyzing the Feasibility and Reliability of Nextcloud as a Network Attached Cloud Storage Solution on Raspberry Pi. *2023 International Conference on Integrated Intelligence and Communication Systems (ICIICS)*.

- Samsumar, L., & Gunawan, K. (15. December 2017). Analisis dan Evaluasi Tingkat Keamanan Jaringan Komputer Nirkabel (Wireless LAN). *JITTER*, vol. 4, no. 1, S. 73-82.
- Samsumar, L., Hidayatulloh, B., Zaenudin, & Pitaloca, P. (Juni 2023). QUALITY OF SERVICE ANALYSIS OF CLOUD STORAGE ON NEXTCLOUD AND PYDIO. *JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGY AND ITS UTILIZATION*, VOLUME 6, ISSUE 1.
- Sasongko, H., & Hadiwandura, T. (März 2022). Cloud-Based NAS (Network Attached Storage) Analysis As Infrastructure As A Service (IAAS) Using Open Source NAS4FREE And Owncloud. *IT Journal Research and Development (ITJRD)* Vol.6, No.2.
- Sayal, M., Abdulsalam, A., & Shareef, A. (März 2015). COMPARISON OF OWNCLOUD AND AMAZON CLOUD PERFORMANCE. *International Journal of Advance Research In Science And Engineering IJARSE*, Vol. No.4, Special Issue (01).
- Seafile, About Us. (2025). Von Seafile-Website: <https://www.seafile.com/en/about/> abgerufen
- Seafile, Cluster Deployment. (2025). Von Seafile-Website: https://manual.seafile.com/latest/setup_binary/cluster_deployment/ abgerufen
- Seafile, Seafile Features. (2025). Von Seafile-Website: <https://www.seafile.com/en/features/> abgerufen
- Seafile, Security features. (2025). Von Seafile-Website: https://manual.seafile.com/latest/administration/security_features/ abgerufen
- Seafile, Security Features. (2025). Von GitBook-Website: https://lins05.gitbooks.io/seafile-docs/content/security/security_features.html abgerufen
- Sehgal, N., Bhatt, P., & Acken, J. (2022). *Future Trends in Cloud Computing. In: Cloud Computing with Security and Scalability*. Springer, Cham.
- Sharma, P., Sharma, M., & Elhoseny, M. (2020). *Applications of Cloud Computing - Approaches and Practices*. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Singh, N., Bui, K., & Mailewa, A. (2021). Robust Efficiency Evaluation of NextCloud and GoogleCloud. *Advances in Technology*, S. 536-545.
- Singh, S., Raval, G., & Valiveti, S. (Juni-Juli 2017). Reliable and Efficient Storage Solution using Multiple Cloud Services. *International Journal of Computer Science & Communication Networks Vol 7(3)*.
- Siregar, S., & Pristiwanto, P. (March 2021). Build Data Backup with Nextcloud Based Infrastructure as A Service (IAAS) Concept on Budi Darma University.

International Journal of Informatics and Computer Science, Vol 5, No 1, S. 95-101.

Syamsuddin, I., Prabuwo, A., Basori, A., & Yuniarta, A. (May 2021). Review on OwnCloud Features for Private Cloud Data Center. *TEM Journal*, Volume 10, Issue 2, S. 954-960.

Terauchi, H., & Xiong, N. (April 2021). An Effective Seafile Dockerfile for Raspberry Pi to Make Docker YAML Files for Treehouses. *Smart Computing and Communication*, S. 127-135.

Vijai, P., Meria, M., & Babu, M. (February 2014). IJSR - INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH, Volume 3, Issue 2. *Dataplexed Network Attached Storage*, S. 119-121.

Wallen, J. (12. October 2018). *Linux, 4 Must-Have Tools for Monitoring Linux*. Von Linux-Website: <https://www.linux.com/topic/desktop/4-must-have-tools-monitoring-linux/> abgerufen

Wind, S. (2012). *Cloud Management mit Open-Source-Plattformen*. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Xu, J. (2021). *Indico, Events: Seafile 2020 & Future Development*. Von Indico-Website: <https://indico.cern.ch/event/970232/contributions/4157916/attachments/2176958/3676224/seafile-cs3-2021-talk.pdf> abgerufen

Yahyapour, R., & Wieder, P. (Mai/Juni 2013). Heiter bis wolkig - Cloud-Dienste für die Wissenschaft. *schwerpunkt Cloud Computing*.

Yanamala, A. (2024). Emerging Challenges in Cloud Computing Security: A Comprehensive Review. *International Journal of Advanced Engineering Technologies and Innovations* Volume 01 Issue 04, 448-479.