

Hochschule Fulda

University of Applied Sciences



Hochschule Fulda
Fachbereich Elektrotechnik
Fachbereich Sozialwesen

mail@kitanet

*Implementierung eines internen E-Mail-Dienstes als
Funktionserweiterung eines sozialen Netzwerkes*

Bachelor-Thesis
im Studiengang
Bachelor of Science: Sozialinformatik

Prüfer: Prof. Dr. Uwe Werner
Zweitprüfer: Dipl. Ing. Rouven Braden

vorgelegt von
Markus Schäfer
Matrikel-Nr.: 945228
markus.schaefer@et.hs-fulda.de

Abstract

Diese Thesis beschreibt die Auswahl und Installation eines Mail-Transfer-Agents sowie die Implementierung innerhalb einer Umgebung aus eines sozialen Netzwerks mit Unterstützung der Nutzerverwaltung über ein LDAP. Der Autor erläutert darüber hinaus die Funktionsweise von SMTP-Servern und Nutzerverwaltungen wie LDAP erläutert.

This bachelorthesis describes the election and installation of a mail-transfer-agent and the implementation of this MTA in an environment of a HumHub-based social network with user management support via LDAP. The author also explains the function of SMTP-Server and user-management-software like LDAP.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Kontext und Forschungsfrage	1
1.2	Aufbau und Gestaltung der Arbeit	2
1.3	Methodik	3
2	KitaNet	4
2.1	Hardware	4
2.2	HumHub	5
2.2.1	Spaces	6
2.2.2	Module	6
2.3	OpenLDAP	7
2.3.1	Funktionsweise und Datenmodell	7
2.3.2	LDAP und HumHub	8
3	Der Standard <i>SMTP</i>	12
3.1	SMTP	12
3.2	Enhanced SMTP	15
4	Anforderungen an den SMTP-Server	17
4.1	Theorie des Requirement Engineering	17
4.2	Anforderungsdokument nach dem IEEE	21
4.3	Textliche Anforderungen	24
4.4	Priorisierung	25
4.5	Testformulierung	27
5	Zur Auswahl stehende SMTP-Software	29
5.1	Postfix	30
5.2	Exim	31
6	Entscheidung	33

7 Installation und Tests	34
7.1 Einrichtung und Anbindung SMTP an LDAP	34
7.2 Tests	37
8 Fazit	38
Literaturverzeichnis	40
Abbildungsverzeichnis	45
A Anforderungsdokument	46
A.1 Einführung	46
A.1.1 Zweck des Dokuments	46
A.1.2 Umfang	46
A.1.3 Definitionen, Akronyme, Abkürzungen	46
A.1.4 Referenzen	47
A.1.5 Übersicht	47
A.2 Produktübersicht	47
A.2.1 Produktperspektive	47
A.2.2 Produktfunktionen	48
A.2.3 Nutzereigenschaften	48
A.2.4 Einschränkungen	48
A.2.5 Annahmen und Abhängigkeiten	48
A.2.6 verzögerte Anforderungen	48
A.3 Spezifische Funktionen	49
A.3.1 externe Schnittstellen	49
A.3.2 Funktionen	49
A.3.3 Leistungsanforderung	50
A.3.4 Design-Einschränkungen	50
A.3.5 Softwaresystem-Eigenschaften	50
A.3.6 andere Anforderungen	51
B Testfälle	52
B.1 Testreihe 1 Versenden einer Mail	52
B.1.1 Testfall 1.1	52
B.1.2 Testfall 1.2	53
B.2 Testreihe 2 LDAP-Anbindung	54
B.2.1 Testfall 2.1	54
B.2.2 Testfall 2.2	55
B.3 Systemausfall und Neustart	56
B.3.1 Testfall 3.1	56

B.3.2 Testfall 3.2	57
C Dateien und Datenbankeinträge aus Kitanet	59
Erklärung der Selbständigkeit	64

Abkürzungsverzeichnis

ARPANET *Advanced Research Projects Agency Network*

dc *Domain Component*

DIT *Directory Information Tree*

dn *Distinguished Name*

EPL *Eclipse Public License - v 2.0*

ESMTP *SMTP Service Extensions*

FQDN *fully qualified domain name*

GPL *GNU General Public Licence*

IANA *Internet Assigned Numbers Authority*

IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

IETF *Internet Engineering Task Force*

IMAP *Internet Message Access Protocol*

IPL *IBM Public License (IPL 1.0)*

Kita *Kindertagesstätte*

LAN *Local-Area-Network*

LDAP *Lightweight Directory Access Protocol*

wenn nicht explizit abweichend im Text erläutert, steht der Begriff als Synonym für die Implementation von LDAP-Protokoll und LDAP-Datenbank zum Zweck der Rechteverwaltung

LMTP *Local Mail Transfer Protocol*

MDA *Mail Delivery Agent*

MIME *Multipurpose Internet Mail Extensions*

MTA *Mail Transport Agent*

NAS *Network Attached Storage*

OU *Organisational Unit*

PHP *PHP: Hypertext Preprocessor*

RE *Requirements Engineering*

RFC *Request for Comments*

SASL *Simple Authentication and Security Layer*

SMTP *Simple Mail Transfer Protocol*

SRS *Software Requirements Specifications*
(deutsch: Anforderungsdokument)

TCP/IP *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*

VM *virtuelle Maschine*

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Kontext und Forschungsfrage

Im Rahmen des Studiums der Sozialinformatik wurde in der *Kindertagesstätte* (Kita) *Schloss Ardeck* in Gau-Algesheim vom Autoren dieser Bachelor-Thesis ein lokales soziales Netzwerk als Kommunikations- und Dokumentenmanagementsystem eingeführt. In dem *KitaNet* genannten System können durch die Leitung und Mitarbeitenden der Einrichtung beispielsweise Elternbriefe ausgetauscht und erarbeitet werden oder Terminabsprachen und Diskussionen geführt werden, auch wenn die Kolleginnen aufgrund von Schichtdiensten nicht immer direkten Kontakt haben.

Das Projekt wurde innerhalb von zwei Jahren realisiert und in der Kita implementiert.

Technisch besteht KitaNet aus einer *virtuelle Maschine* (VM) auf einem *Network Attached Storage* (NAS)-System der Firma QNAP. Auf der VM läuft die auf der Skriptsprache *PHP: Hypertext Preprocessor* (PHP) basierende Software *HumHub*. Diese arbeitet mit einer durch QNAP bereitgestellten Implementierung einer *Lightweight Directory Access Protocol* (LDAP)-Datenbank zur Benutzerverwaltung zusammen. Dies war notwendig, um der Leitung der Kita eine Möglichkeit zu bieten, Nutzerpasswörter grundzustellen und neue Nutzer anzulegen.

HumHub selbst bietet die Möglichkeit, beim Nutzer eine E-Mail-Adresse zu hinterlegen, um Benachrichtigungen und tägliche Zusammenfassungen über das Geschehen auf der Plattform an die Nutzer zu senden. Hierfür wäre allerdings im vorliegenden Fall ein E-Mail-Server innerhalb des Netzwerkes notwendig, da das Gesamtsystem KitaNet aus Datenschutzgründen keine direkte Verbindung zum Internet hat. Diese Funktionalität wurde im Rahmen des IT-Projektes nicht umgesetzt. Es stellt sich nun die Frage, wie die Implementierung eines Mailservers in die Umgebung aus VM, LDAP und HumHub

durchgeführt werden kann. Diese Frage wird im Rahmen dieser Bachelor-Thesis behandelt.

1.2 Aufbau und Gestaltung der Arbeit

In dieser Bachelor-Thesis wird zunächst KitaNet sowie die hier vorliegende Hardwareumgebung und das Einsatzszenario erläutert werden. In diesem Kapitel wird auch die Funktionalität des LDAP beschrieben.

Das nächste Kapitel behandelt zunächst die Funktionsweise eines *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP)-Servers. Im Anschluss werden die Anforderungen und Nutzungsszenarien des Mailservers für KitaNet festgelegt. Die Anforderungen umfassen dabei zum einen Punkte wie die Zusammenarbeit mit einem Nutzerverzeichnis, verbunden mit einer möglichen Automation des Anlegens von Mail-Nutzern, werden aber zum anderen auch nichtfunktionale Aspekte, wie den zu erwartenden Pflegeaufwand oder die finanzielle Belastung durch etwaige Lizenzkosten, beachten.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit den Anforderungen, die an das fertige Produkt gestellt werden. Hierzu werden zunächst die theoretischen Grundlagen des *Requirements Engineering* (RE) erläutert, die dann die Grundlage für die Formulierung der Anforderungen bilden. Abnahmetests werden die Funktionalität und Praxistauglichkeit der späteren Installation sicherstellen. Die Formulierung dieser Tests bildet den Abschluss dieses Kapitels.

Anschließend werden die zur Wahl stehenden Softwarepakete *postfix* und *Exim* vorgestellt. Die im vorherigen Kapitel formulierten Anforderungen werden mit dem Funktionsumfang der Softwarepakete abgeglichen. Aufgrund dieses Vergleichs beider Softwarepakete erfolgt im Kapitel 6 die Entscheidung zugunsten eines Kandidaten.

Dessen Installation bildet das siebte Kapitel. Es wird dargestellt, ob und welche Anpassungen vorzunehmen sind, um den SMTP-Server in die vorliegende Umgebung zu integrieren. Dies schließt die Nutzung einer LDAP-Datenbank mit ein. An den Installationsprozess schließt sich die Dokumentation der Tests an.

Ein fachliches und persönliches Fazit schließt diese Bachelor-Thesis ab.

Erstmalige Fachbegriffe oder Eigennamen werden *kursiv* dargestellt und in diesem Kontext erläutert.

»Zitate werden mit französischen Anführungszeichen gekennzeichnet«.

Code oder ähnliches wiederum werden immer in einer Monospace-Schriftart ausgegeben, um ihn vom umliegenden Text zu separieren.

Abkürzungen und Akronyme wie z.B. NAS werden bei der ersten Erwähnung kursiv

ausgeschrieben und mit der Abkürzung benannt. Diese findet sich dann auch im Abkürzungsverzeichnis. Im weiteren Text erscheinen Sie in der Regel nur noch abgekürzt. Hiervon kann abgewichen werden, wenn die Langschreibweise dem besseren Verständnis zuträglich ist.

1.3 Methodik

Zur Beantwortung der in Abschnitt 1.1 gestellten Forschungsfrage wird nach Literatur- und Internetrecherche ein Anforderungsdokument erstellt. Die Anforderungen werden im vornherein anhand der Bedürfnisse der späteren Nutzer nach den Grundlagen des RE formuliert und priorisiert. Die Auswahl der zu installierenden Software wird aufgrund des Abgleichs mit diesen Anforderungen getroffen.

Hierzu werden die Angaben des jeweiligen Herstellers, respektive bei nicht kommerzieller Software der Projektverantwortlichen, herangezogen um eine objektive Vergleichbarkeit der Softwareprodukte sicherzustellen. Dies wird eine zuverlässige Evaluation der beiden Softwareoptionen gewährleisten.

Zunächst wird jedoch im nächsten Kapitel die Funktionsweise von KitaNet und sein Nutzen für die Kita erläutert.

Kapitel 2

KitaNet

KitaNet ist der Arbeitstitel eines IT-Projektes, das im Rahmen des Studiums der Sozialinformatik vom Autor dieser Thesis mit einem Kommilitonen durchgeführt wurde. Hierfür wurde in Zusammenarbeit mit der Kita Schloss Ardeck in Gau-Algesheim ein soziales Netzwerk installiert, über welches die Bediensteten der Kita eine Plattform zum Austausch und zur Kommunikation erhalten.

Die Kita betreut ca. 170 Kinder im Alter von einem bis sechs Jahren. Hierfür beschäftigt sie 30 pädagogische Fachkräfte, welche die ihnen anvertrauten Kinder in acht Gruppen betreuen. Die Kita befindet sich in kommunaler Trägerschaft (vgl. Gau-Algesheim, 2021).

Für die Umsetzung der Idee eines sozialen Netzwerkes konnten die Studenten unter anderem von dem Umstand profitieren, dass jede Gruppe der Kita mit Notebooks ausgestattet ist, über welche die Kinder Lernspiele spielen, aber auch unter Betreuung der Erzieher erste Erfahrungen mit dem Internet sammeln.

Die technische Umgebung in der Kita, sowie die Umsetzung des sozialen Netzwerkes werden nun genauer beschrieben. Auch werden hier Unterschiede zur Testumgebung dieser Bachelor-Arbeit aufgezeigt, da die in der Kita vorliegende Umgebung auf einem separaten Server nachgestellt wird, um den Produktivbetrieb in der Kita nicht zu gefährden.

2.1 Hardware

In der Kita wurde im Rahmen einer Elterninitiative ein lokales Netzwerk bestehend aus fünf WLAN-Routern installiert. Dieses *Local-Area-Network* (LAN) vernetzt nicht nur die vier Gebäudeteile der Kita miteinander, es stellt zugleich die telefonische Erreichbarkeit der einzelnen Gruppen sicher. Dieses Netzwerk wurde in der Vergangenheit unter anderem

dazu genutzt, Dokumente am zentralen Netzwerkdrucker im Büro der Leitung auszudrucken.

Die Studierenden entschieden sich zur Umsetzung des Projektes KitaNet für die im Anschluss näher erläuterte Software *HumHub*. Einer der Vorteile war, dass diese kostenlos auf einem privaten Server installiert werden konnte.

Die Installation erfolgte auf einem NAS der Firma *QNAP*, genauer einem QNAP TS-253B (vgl. QNAP, 2021). Im von der Verwaltungssoftware des NAS bereitgestellten *VM-Manager* wurde ein virtueller Ubuntu-Server erstellt, auf dem die Software Humhub installiert wurde.

Im Vergleich zum Produktivaufbau ergibt sich hier der erste Unterschied zum Versuchsaufbau für diese Arbeit. Anstatt einen Ubuntu-Server als virtuelle Maschine in einem NAS aufzusetzen, wird hier der Server auf echter Hardware betrieben.

Die Nutzung einer VM im Rahmen des Projektes war damit begründet, dass die Softwareinstallation auf dem NAS selbst nur in einem engen Rahmen möglich war. Die Nutzung einer Ubuntu-VM ermöglichte es den Studenten, die Installation in einer standardisierten Umgebung vornehmen zu können, ohne etwaige Besonderheiten des QNAP-Betriebssystems berücksichtigen zu müssen.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird, wie eingangs beschrieben, die Produktivumgebung bestmöglich nachgebildet. Hierfür dient ein Fujitsu Esprimo C5730 E als Hardware, auf der Ubuntu 20.04 LTS als Betriebssystem installiert wurde. Nach Ansicht des Autors hat die verwendete Hardware keine nennenswerte Auswirkung auf die Funktionalität des beschriebenen Versuchsaufbaus.

Einzig zu beachtende Besonderheit ist, dass der später beschriebene LDAP-Server in der Produktivumgebung nicht auf der VM sondern auf dem NAS selbst ausgeführt wird. Hier ist dann die Konfiguration für eine Übernahme ins Produktivsystem entsprechend anzupassen.

Wie bereits erwähnt, kommt innerhalb der VM die Software HumHub zum Einsatz. Der Umfang und die Funktionen dieser Software wird nun kurz erläutert.

2.2 HumHub

Bei ihren Recherchen für die Umsetzung des IT-Projektes stießen die Studenten auf die Social-Network-Software HumHub. Die Software ist quelloffen und wird von der *HumHub GmbH & Co.KG* aus München vertrieben. »HumHub ist eine freie und sehr flexible Social Networking Software, die auf eigenen Servern gehostet werden kann« (HumHub, 2020).

Die Möglichkeit, die Software für nicht kommerzielle Zwecke kostenlos installieren und betreiben zu können, gab letztlich den Ausschlag für die Entscheidung.

Die Grundfunktionen von HumHub und die Möglichkeit der Erweiterung der Grundfunktionen soll im Weiteren betrachtet werden.

2.2.1 Spaces

Spaces geben HumHub seine Grundstruktur. »A space serves as an independent area within your network with an own set of members, permissions, settings and modules« (HumHub, 2021a). Eine Nutzerin kann Mitglied mehrerer Spaces sein und innerhalb der Spaces verschiedene Rollen einnehmen. Diese reichen von *Besitzer* des Spaces, der nahezu volle Kontrolle über sämtliche Nutzer und Beiträge innerhalb des jeweiligen Spaces hat, über den *Moderator*, der Beiträge verwalten kann, bis hin zum normalen Mitglied, das Beiträge erstellen kann, wenn dies vom Besitzer erlaubt wurde.

Zentraler Sammelpunkt für Beiträge ist der *Stream*, dessen Inhalt sich je nach Kontext verändert. Betrachtet ein Nutzer seine Startseite, werden ihm sämtliche Beiträge aus all seinen Spaces angezeigt. Befindet er sich in einem Space, sind nur dort erstellte Beiträge sichtbar.

Mit den Spaces bietet Humhub die Möglichkeit, Gruppenstrukturen abzubilden. Jedoch kann in den Gruppen nicht viel mehr getan werden, als Bilder oder Texte zu erstellen und diese zu kommentieren. Sein volles Potential kann Humhub mit den Möglichkeiten entfalten, *Module* zur Funktionserweiterung nachzuladen.

2.2.2 Module

»The feature set of your HumHub network can be extended by installing additional modules« (HumHub, 2021b). Zur Erweiterung der Funktionalität stehen diverse Module wie Kalender, Dateiablage, Abstimmungen oder ein Wiki zur Verfügung. Module können für einzelne Spaces aktiviert werden, um den Bedürfnissen des jeweiligen Kontextes gerecht zu werden (vgl. ebd., f.). Ein Space, der zur Organisation des Sommerfestes der Kita eingerichtet wurde, benötigt z. B. in der Regel keinen Kalender, sehr wohl aber eine Dateiablagestruktur. So wird der einzelne Space nicht mit unnötigen Features überladen, die vom Zweck der Umgebung ablenken würden.

Die Module werden zum Teil von HumHub selbst bereit gestellt, es besteht jedoch auch die Möglichkeit für Entwickler, eigene Erweiterungen zu schreiben.

Besondere Erwähnung sollte die Erweiterung *Ankündigungen* erhalten. Eine Ankündigung wird im Stream des Spaces grundsätzlich wie eine einfache Mitteilung (ein *Post*) angezeigt. Einzige Besonderheit ist, dass die Nutzer diesen Post mit einem Klick zur Kenntnis nehmen können. Diese Kenntnisnahme kann dann vom Ersteller des Beitrags oder einem Moderator z. B. als Excel-Datei exportiert werden (Quellcode unter Born, 2021). Da dieser Mitteilung auch Dateien angehängt werden können, konnten die Studenten die Forderung der Leitung nach Protokollierung der Einsichtnahme von Dokumenten Rechnung tragen. Stellt ein Nutzer eine Ankündigung ein, werden die anderen Mitglieder des Spaces automatisch, auch per Mail, informiert.

2.3 OpenLDAP

Zum Anlegen der Benutzer innerhalb des KitaNet wurde die Benutzerverwaltung des QNAP-NAS auf Basis des *Lightweight Directory Access Protocol* (LDAP) genutzt. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird die quelloffene LDAP-Implementation *OpenLDAP* verwendet. Der Funktionsweise von OpenLDAP widmet sich der nächste Abschnitt.

2.3.1 Funktionsweise und Datenmodell

LDAP beschreibt ein Protokoll, welches die zentrale Ressourcenverwaltung innerhalb eines Netzwerkes über eine Datenbank abwickelt. »Verzeichnisdienste wie ›OpenLDAP‹ ermöglichen es Ihnen, die Verwaltung der Ressourcen zentral zu steuern und an mehreren Stellen zu replizieren« (Deimeke u. a., 2019, S. 611). OpenLDAP stelle eine quelloffene Implementation dieses Standards nach *Request for Comments* (RFC)4519 dar.

Die Ressourcen innerhalb des LDAP-Kontextes können sowohl Nutzer als auch Geräte darstellen. OpenLDAP bildet ihre Attribute, wie Namen oder Gruppenzugehörigkeiten, aber auch ihre Beziehung zu- und untereinander ab. Dies wird im weiteren noch näher erläutert. LDAP beschreibt gleichzeitig eine Datenbank sowie ein passendes Netzwerkprotokoll, um mit der Datenbank interagieren zu können (vgl. Gietz, 2004, S. 3).

Deimeke u. a. führen weiter aus, dass der Vorteil des Einsatzes von LDAP darin besteht, dass jeder Nutzer nur noch ein Konto besitzt, dessen Passwort dann zentral verwaltet und geändert werden kann. »Um diese zentrale Verwaltung der Ressourcen realisieren zu können, wurde das *Lightweight Directory Access Protocol* (LDAP) entwickelt« (Deimeke u. a., 2019, S. 611).

Dienste auf dem Server können auf OpenLDAP zugreifen, und die Login-Informationen und Berechtigungen für die hinterlegten Nutzer auslesen.

Innerhalb des LDAP werden die Daten zu den einzelnen Ressourcen innerhalb einer Hierarchie, dem *Directory Information Tree* (DIT) abgelegt (vgl. Zeilenga, 2006, S. 7). Zentraler Inhalt des DIT bilden Objekte. Diese Objekte stellen die zu verwaltenden Ressourcen dar (vgl. Deimeke u. a., 2019, S. 614). »Ein Objekt kann sowohl ein Container sein, in dem weitere Objekte verwaltet werden, als auch ein Benutzer oder eine Gruppe sein. Eines ist bei allen Objekten aber immer gleich: Alle Objekte haben Eigenschaften, die *Attribute* [Hervorhebung im Original]« (ebd., S. 614).

Eines dieser Attribute ist z. B. *mail*, welches die e-Mail-Adresse des Nutzers repräsentiert (Sciberras, 2006, S. 18). »Um die Wiederverwendbarkeit von Attributen in verschiedenen Objektklassen zu ermöglichen, werden Attribute getrennt von Objekten verwaltet, und zwar in Form von Attributtypen« (Deimeke u. a., 2019, S. 615).

Innerhalb der Baumstruktur des DIT bilden die Nutzer die Blätter. Davon abgegrenzt werden die Äste. Diese Äste werden von Containerobjekten gebildet, welche man auch als *Organisational Unit* (OU) bezeichnet (vgl. ebd., S. 614).

Angesprochen werden diese Objekte über ihren *Distinguished Name* (dn), einen für jedes Objekt eindeutigen Namen, vergleichbar mit dem in Dateisystemen geläufigen Prinzip von Dateipfad und Dateinamen (z. B. C:/Ordner/Datei.txt) (vgl. ebd., S. 613).

Die Mitgliedschaft der Blatt-Objekte in Gruppen kann über Suchanfragen an LDAP ausgelesen werden. Beispielsweise gibt die Suchanfrage `ldapsearch -x "(mail=administrator@kitanet.local.local)"` in der Konsole eines Servers den Eintrag der LDAP-Datenbank zurück, der die Mail-Adresse *administrator@kitanet.local.local* besitzt (vgl. Listing C.1). Der dn des hier gezeigten Objektes lautet `uniqueIdentifier=administrator,ou=people,dc=kitanet` (vgl. Listing C.1 Z. 2).

Wie HumHub bzw. KitaNet nun mit dem LDAP zusammenarbeitet, wird im nächsten Abschnitt an ausgewählten Beispielen erläutert.

2.3.2 LDAP und HumHub

Innerhalb von HumHub kann die LDAP-Anbindung über das Webinterface konfiguriert werden (vgl. HumHub, 2021c). Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Eingaben in der Testumgebung.

Host-Name *

Port ***Verschlüsselung**

TLS/SSL wird in Produktionsumgebungen dringend empfohlen, um zu verhindern, dass Passwörter im Klartext übertragen werden.

Benutzername *

Der standardmäßige Benutzername für die Anmeldeinformationen. Manche Server verlangen, dass dieser in DN-Form vorliegt. Dieser muss in DN-Form angegeben werden, wenn der LDAP-Server einen DN zum Verknüpfen benötigt und das Verknüpfen mit einfachem Benutzernamen möglich sein soll.

Kennwort *

Das Standard-Anmeldekennwort (wird nur mit dem obigen Benutzernamen verwendet).

Abbildung 2.1: Teil 1 der LDAP-Konfiguration für Kitanet (Eigene Abbildung)

In der Zeile *Benutzername* ist ein Beispiel für eine dn zu sehen. Für den Login in OpenLDAP wird der Nutzer mit dem Attribut *uid* **kitanet**, Mitglied in der OU **services** in dem *Domain Component* (dc) **kitanet** verwendet.

Basis DN *

Der Standardbasis DN, der für die Suche nach Konten verwendet wird.

Anmelde-Filter *

Definiert den Filter, der beim Anmeldeversuch angewendet wird. %s ersetzt dabei den Benutzernamen in der Anmeldeaktion.
Beispiel: "(sAMAccountName=%s)" or "(uid=%s)"

Benutzer Filer *

Zugriff auf Benutzer beschränken, die diese Kriterien erfüllen. Beispiel: "(objectClass=posixAccount)" or "(&(objectClass=person)(memberOf=CN=Workers,CN=Users,DC=myDomain,DC=com))"

Benutzername Attribut *

LDAP-Attribut für Benutzername. Beispiel: "uid" oder "sAMAccountName"

E-Mail-Adressattribut

LDAP-Attribut für E-Mail-Adresse. Voreinstellung: "mail"

ID Attribut *

Nicht änderbares LDAP-Attribut, um den Benutzer im Verzeichnis eindeutig zu identifizieren. Wenn leer, wird der Benutzer automatisch über die E-Mail-Adresse oder den Benutzernamen ermittelt. Beispiele: objectguid (ActiveDirectory) oder uidNumber (OpenLDAP)

☒ Benutzer automatisch erstellen und aktualisieren

Abbildung 2.2: Teil 2 der LDAP-Konfiguration für Kitanet (Eigene Abbildung)

Im unteren Teil der Einstellungen wird zunächst der *Basis DN* festgelegt. Dieser legt fest in welchem Pfad innerhalb von OpenLDAP nach neuen Nutzern gesucht werden soll. Im hier vorliegenden Fall werden zunächst alle Objekte erfasst werden, sie sich in der dn *kitanet* befinden.

Der *Anmelde-Filter* legt fest, welches Attribut gegen den beim Login eingegebenen Nutzernamen geprüft wird. Dies steht auch in direkter Verbindung zu den Feldern *Benutzernamen Attribut* und *ID Attribut*, die auch beide aus dem Attribut *uniqueIdentifier* ihre Informationen beziehen.

Das Feld *Benutzer Filer* legt fest, dass nur solche Objekte in Kitanet erfasst werden die ein Attribut namens *objectClass* mit dem Wert *person* und gleichzeitig das Attribut *mailEnabled* mit dem Wert *TRUE* besitzen.

Wichtig für die hier vorliegende Problemstellung ist noch die Verknüpfung der E-Mail-Adresse des Humhub-Nutzers mit dem LDAP-Attribut *mail*.

Das Auslesen von OpenLDAP führt somit zu nachfolgender Nutzerliste.













	Name	E-Mail	Letzte Anmeldung	
	Markus schäfer LDAP markus	markus@kitanet.local	Nie	
	testnutzer-humhub3 Schäfer LDAP testnutzer-humhub3	testnutzer-humhub3@kitanet.local	05.03.2021	
	Testnutzer Humhub2 LDAP testnutzer-humhub2	testnutzer-humhub2@kitanet.local	14.03.2021	
	TestNutzer Humhub1 LDAP testnutzer-humhub1	testnutzer-humhub1@kitanet.local	Nie	
	Markus Schäfer LDAP markusnutzer	markus-schaefer@kitanet.local	18.03.2021	
	Admin Admin admin	mail@ockenheimer.net	18.03.2021	

Abbildung 2.3: Nutzerliste der Testumgebung (Eigene Abbildung)

OpenLDAP wird periodisch über einen sogenannten *Cronjob* ausgelesen. Bei einem Cronjob handelt es sich um eine zyklische Aufgabe, die z. B. stündlich vom *Cron-Daemon* automatisch ausgeführt wird (ubuntu Deutschland e. V., 2021). Neue Nutzer werden entsprechend den oben dargestellten Kriterien angelegt und können sich ab diesem Moment mit dem in OpenLDAP vergebenen Kennwort anmelden.

Dies schließt die Beschreibung des IST-Zustand von Kitanet und der Testumgebung ab. In Kapitel 3 werden nun die Grundlagen zum E-Mail-Versand dargestellt.

Kapitel 3

Der Standard *SMTP*

Bereits in den Anfängen des *Advanced Research Projects Agency Network* (ARPANET) wurde die erste Software zum Versenden und Empfangen einer E-Mail zwischen Rechnern innerhalb eines Netzwerks entwickelt. »In March [1972] Ray Tomlinson at BBN wrote the basic email message send and read software, motivated by the need of the ARPAnet developers for an easy coordination mechanism. In July, Roberts expanded its utility by writing the first email utility program to list, selectively read, file, forward, and respond to messages. From there email took off as the largest network application for over a decade« (Internet Society, 2021).

Hieraus entwickelte Jonathan Postel 1982 das *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP).

Mit SMTP verband Postel den Wunsch, ein System zu schaffen, dass E-Mail unabhängig von der Transporttechnologie verlässlich und effizient transferiert (vgl. Postel, 1982, S. 1). Wie das Protokoll aufgebaut ist, wird nun anhand eines *Gesprächs* zwischen zwei SMTP-Servern dargestellt und erläutert werden. Dieser Dialog wird in abgewandelter Form von Heinlein beschrieben (vgl. Heinlein, 2004, S. 24 ff.).

3.1 SMTP

»The main purpose of SMTP is to deliver messages to user's mailboxes« (Postel, 1982, S. 11). Wie von Postel formuliert, soll eine E-Mail via SMTP unabhängig vom Transportweg (z. B. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP)) von einem Nutzer versendet und vom Adressaten empfangen werden können. Sender ist in hier betrachtetem Dialog `admin@kitanet.local`, Empfänger der E-Mail soll `user@example.org` sein. Den Datenaustausch vollziehen die SMTP-Server `mail.kitanet` als *Client* und `mail.example.org`

als *Host*. Zur besseren Übersichtlichkeit werden Nachrichten des SMTP-Hosts mit H: eingeleitet, die des SMTP-Clients mit C:.

Das Design von SMTP sieht in seinem Kontext zwei Teilnehmer die Daten austauschen. Diese werden von ihm als *Sender-SMTP* (hier der Client) und *Empfänger-SMTP* (hier der Host) bezeichnet (vgl. Postel, 1982, S. 2). Dabei ist unabhängig, ob der Sender tatsächlich der Startpunkt für die Daten ist, oder ob der Empfänger der Endpunkt der Übertragung ist. Beide können auch nur Zwischenstationen innerhalb der Übertragung zwischen den Nutzern sein. »The receiver-SMTP may either be the ultimate destination or an intermediate« (ebd., S. 2).

Nach dem Herstellen der Verbindung meldet sich zunächst der Host:

H: Connected to mail.example.org

H: Escape Character ist '^']'

H: 220 mail.example.org SMTP Postfix on SuSE Linux 9.0 (i386)

Der Host meldet mit Code 220 »Service ready« (ebd., S. 38) dem Client, dass er zur Kommunikation bereit ist.

Nun ist es am Client, sich zu identifizieren.

C: HELO mail.kitanet.local

H: 250 mail.example.org

Mit Code 250 »Requested mail action okay, completed« (ebd., S. 38) gibt der Host den Kommunikationskanal wieder frei.

Der Client meldet anschließend

C: MAIL FROM: <admin@kitanet.local> welches vom Host mit einem

H: 250 OK bestätigt wird.

Der Client verwendet den Befehl MAIL um die E-Mail-Transaktion zu starten. Er teilt dem Host mit, welchen Pfad das Datenpaket bisher genommen hat, bzw. welchen Weg eine eventuelle Antwort des Hosts nehmen muss um beim ursprünglichen Absender der Nachricht anzukommen. Postel spricht hier vom »reverse-path«. »When the list of hosts is present, it is a „reverse“ source route and indicates that the mail was relayed through each host on the list (the first host in the list was the most recent relay)« (vgl. ebd., S. 20).

Mit dem SMTP-Befehl

C: RCPT TO: <user@example.org>

und der Antwort des Hosts

H: 250 OK

werden die einzelnen Empfänger der Mail gegenüber dem Host bekanntgegeben. Heinlein beschreibt die Antwort 250 OK des Hosts als Aussage, dass dieser sich für diese Nachricht »zuständig fühlt« (vgl. Heinlein, 2004, S. 25).

Als nächstes folgt der Befehl DATA. Die Antwort des Servers teilt dem Client zugleich mit, wie dieser anzeigen muss, wann die Übertragung des Datenblocks abgeschlossen wurde. Im Anschluss überträgt der Client die Nachricht und signalisiert das Ende der Daten mit dem Signal, in diesem Fall eine neue Zeile mit einem einzelnen Punkt.

```
C: DATA
H: 354 End data with <CR><LF> . <CR><LF>
C: Subject: Ein Betreff
C:
C: Hallo Welt!
C:
C:.
```

Die Daten wurden nun vom Client an den Host übertragen. Dieser muss nun die Daten der Mail zur weiteren Verarbeitung vorbereiten und abspeichern. Als Antwort meldet er dem Client zurück, »unter welcher Kennung die E-Mail bei ihm erfolgreich gespeichert wurde« (Heinlein, 2004, S. 25).

```
H: 250 Ok: queued as A6B701E890
```

Dies ist sogleich das Signal für den Client, die Mail aus seinem eigenen Speicher zu löschen, da Sie erfolgreich weitergeleitet wurde. Allerdings löscht er die Mail natürlich nur, wenn die Mail nicht über einen anderen SMTP-Host an weitere Adressaten versendet werden muss.

Zum Beenden der Verbindung sendet der Client das Kommando

```
C: QUIT, welches vom Host mit
H: 221 bye bestätigt wird.
```

Hier wurde nur ein sehr vereinfachter Dialog zwischen Host und Client dargestellt. Postel stattete die Spezifikation mit weiteren, heute teils obsoleten, Optionen aus, wie z.B. der Möglichkeit Mails an ein Terminal zu verschicken, statt in ein Postfach (vgl. Postel, 1982, S. 11) oder notwendigen Funktionalitäten wie dem Befehl EXPAND (EXPN) um die Teilnehmer einer Mailingliste anzeigen zu können (vgl. ebd., S. 8).

Auch muss der Host in der Lage sein, Verarbeitungsfehler mitzuteilen oder dem Client zu signalisieren, dass er den Empfänger nicht kennt. Der Umfang der gesamten Spezifikation würde hier den Rahmen sprengen, es sei insoweit auf Postel, 1982, S. 37 ff. verwiesen. Hier stellt Postel die möglichen Antworten für die SMTP-Kommandos dar.

Für die Kommunikation zwischen dem letzten SMTP-Server und dem *Mail Delivery Agent* (MDA) (vgl. Heinlein, 2004, S. 28) der die Mail letztendlich im lokalen Postfach ablegt, wurde das *Local Mail Transfer Protocol* (LMTP) entwickelt. »Es ist aber nicht dazu gedacht, SMTP/ESMTP zu ersetzen, es soll auch nicht gegenüber anderen Mailser-

vern eingesetzt werden. Es soll allein für die lokale Kommunikation zum MDA eingesetzt werden und einen erheblichen Performancegewinn in Hochleistungsumgebungen bringen« (Heinlein, 2004, S. 39). In in dieser Bachelorarbeit eingesetzten Umfeld wird als MDA die IMAP-Software Dovecot genutzt (vgl. Dovecot Authors, 2021). In Abgrenzung zum MDA wird der SMTP-Server, der den Transport der Daten zwischen Sender und Empfänger verwaltet, wird auch als *Mail Transport Agent* (MTA) bezeichnet (vgl. Heinlein, 2004, S. 28).

SMTP in seiner Urform ist ein ASCII-basiertes System, also nur für die Weitergabe von Text spezifiziert. »The mail data may contain any of the 128 ASCII character codes« (Postel, 1982, S. 21). Entwicklungen wie *Multipurpose Internet Mail Extensions* (MIME) (vgl. Borenstein und Freed, 1993) lösten zwar das Problem der Datei-Anhänge, aber es entstand der Eindruck, der Veränderungs- und Erweiterungsdruck auf SMTP könnte die hohe Qualität des Standards gefährden. Man erkannte den Bedarf für einen Standard für Erweiterung von SMTP. So entstand der RFC 1869.

3.2 Enhanced SMTP

1995 beschrieben Klensin u.a. im RFC 1869 die *SMTP Service Extensions* (ESMTP). Sie wollten hierbei jedoch nicht einzelne Erweiterungen für SMTP beschreiben, sondern einen Rahmen schaffen, an den sich kommende SMTP-Erweiterungen orientieren können, aber auch müssen. »Rather than describing these extensions as separate and haphazard entities, this document enhances SMTP in an straightforward fashion that provides a framework in which all future extensions can be built in a single consistent way« (Klensin u. a., 1995, S. 1).

Gleichzeitig war es nicht ihre Absicht, es neuen Erweiterungen besonders einfach zu machen, SMTP als Unterbau zu verwenden. »This means that each and every extension, regardless of its benefits, must be carefully scrutinized with respect to its implementation, deployment, and interoperability costs. In many cases, the cost of extending the SMTP service will likely outweigh the benefit.« (ebd., S. 2).

Klensin u.a. führen in RFC 1869 drei neue Faktoren in SMTP ein, um Erweiterungen des Standards zu vereinheitlichen.

- Den SMTP-Befehl EHLO

Der Client, der ESMTP unterstützt soll den Dialog nicht mit dem Befehl HELO, sondern mit EHLO (Extended HELO) einleiten, um damit zu prüfen, ob auch der SMTP-Host ESMTP unterstützt. Hierdurch ergab sich auch die Notwendigkeit, RFC 821 zu erweitern, da als initialer Befehl nunmehr HELO und EHLO zugelassen sein mussten.

Unterstützt der Host ESMTP nicht, sendet er auf den Befehl EHLO eine Fehlermeldung. Dies signalisiert dem Client, dass er mit dem Host nur ohne Erweiterungen sprechen kann (vgl. Klensin u. a., 1995, S. 3 ff.).

- Zentrale Registrierung

Erweiterungen für ESMTP müssen zentral registriert und verwaltet werden. Hierfür sehen Klensin u.a. ein Zentralregister bei der *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA) vor und schlagen zugleich die ersten Befehle vor (vgl. ebd., S. 7). Hierbei handelt es sich um die von Postel 1982 eingeführten Befehle SEND, SOML, SAML, EXPN, HELP, und TURN (für die Befehle vgl. Postel, 1982, S. 23 ff.).

- erweiterte Parameter für MAIL FROM und RCPT TO

Hier nehmen Klensin u.a. Bezug auf die bereits absehbaren Erweiterungen zu SMTP. »It is recognized that several of the extensions planned for SMTP will make use of additional parameters associated with the MAIL FROM and RCPT TO command« (Klensin u. a., 1995, S. 7). Im weiteren erläutern Sie die erforderliche Syntax für Befehle innerhalb von MAIL FROM und RCPT TO und betonen erneut die Notwendigkeit der Registrierung der Erweiterungen bei der IANA.

Durch die Erweiterungen und deren Registrierung entwickelte sich ESMTP zu einer sinnvollen Ergänzung. Dies mündete schließlich in RFC 2821 und somit der Übernahme des Systems in den Standard selbst (vgl. u.a. Klensin, 2001, S. 7 ff.).

Nachdem nun die theoretischen Grundlagen betrachtet wurden, werden im nächsten Kapitel die Anforderungen an den SMTP-Server im Rahmen des KitaNet formuliert.

Kapitel 4

Anforderungen an den SMTP-Server

Das Formulieren von Anforderungen zu Beginn eines Projektes ist, wie im Folgenden dargestellt, von entscheidender Bedeutung. »Requirement engineering is a technical process. Writing requirements is therefore not like other kinds of writing« (Hull, Jackson und Dick, 2010, S. 77). Zunächst wird nun die Theorie kurz erläutert, bevor diese anschließend auf das vorliegende Projekt angewandt und konkrete Anforderungen an die SMTP-Software formuliert werden.

4.1 Theorie des Requirement Engineering

Die Erwartungen eines Kunden zu einem fertigen Produkt werden zu lassen, ist die zentrale Aufgabe der Entwicklungsabteilung. Ein wichtiger Schritt steht hier bereits am Anfang des Projekts: Das Formulieren der Anforderungen. »Die Anforderungen an ein neues Softwareprodukt zu ermitteln, zu spezifizieren, zu analysieren, zu validieren und daraus eine fachliche Lösung abzuleiten bzw. ein Produktmodell zu entwickeln, gehört mit zu den anspruchsvollsten Aufgaben innerhalb der Softwaretechnik« (Balzert, 2009, S. 434). Balzert verwendet hierbei den, wie er ausführt, allgemein gebräuchlichen Begriff des RE (vgl. ebd., S. 434), der auch in dieser Arbeit Verwendung findet. Andere hier zitierte Publikationen verwendete synonyme Begriffe sind z. B. das *Anforderungsmanagement*. »Anforderungen sorgen dafür, dass sowohl der Kunde als auch Ihre Organisation das Produkt bekommt, das sie wirklich wünschen und benötigen« (Grande, 2014, S. 6).

»Erst die Anforderungen geben Ihrem Projekt das Fundament, um gezielt das Ist der Lösung mit dem Soll der Anforderungen zu vergleichen und auf diese Weise nachweisbar das Projektziel zu erfüllen« (Fahney und Hermann in Herrmann u. a., 2013, S. 10). Fahney und Hermann beschreiben aber auch die Risiken schlecht formulierter Anforderungen. »Hat man ein Projekt begonnen, die Anforderungen jedoch unvollständig, widersprüchlich

oder mehrdeutig erhoben, so läuft man Gefahr, das „falsche“ Projekt zu machen, selbst wenn man das Projekt „richtig“ macht« (Fahney und Hermann in Herrmann u. a., 2013, S. 10). Es bleibt somit festzuhalten, dass bereits die Anforderungen sorgsam formuliert werden müssen.

Laut Balzers können die Projekte selbst jedoch schon einige Eigenschaften besitzen, die die Anforderungsermittlung beeinflussen.

»Eine Vorgehensweise, um systematisch von der Anforderungsermittlung bis zum fertigen Produktmodell zu gelangen, hängt von vielen Randbedingungen ab:

- Liegt eine Ausschreibung vor, dann gibt es in der Regel bereits ein vom Auftraggeber erstelltes Lastenheft.
- Beauftragt eine Fachabteilung die interne IT-Abteilung mit der Softwareherstellung, dann gibt es außer Ideen der Fachabteilung vielleicht noch keine strukturierte schriftliche Unterlage.
- Gibt es bereits ein eingesetztes Softwaresystem, das abgelöst oder verbessert werden soll?
- Ist eine Individualsoftware zu entwickeln oder sind kundenspezifische Anpassungen an Standardsoftware vorzunehmen?
- Handelt es sich um eine innovative Softwareentwicklung, für die es keine Vorbilder gibt?

Diese Rahmenbedingungen beeinflussen die Methodik« (Balzert, 2009, S. 435).

Ein möglicher Risikobereich für das RE wird von Dahm beschrieben. Dem Autor geht es hier um Probleme bei der Kommunikation mit dem Kunden. »Dabei wird häufig unterstellt, daß diese Kommunikation problemlos erfolgt, d.h., das durch die Kommunikation selbst keine Probleme erzeugt werden« (Dahme, 2010, S. 174 f.). Der Autor führt dies anschließend weiter aus.

»So ist es meist falsch, anzunehmen, daß

1. der Anwender bei Projektbeginn genau weiß, was er will,
2. der Anwender das, wovon er weiß, daß er es will, vollständig mitteilen kann,
3. der Entwickler ausreichend verstanden hat, was der Anwender mitteilen konnte,
4. das kommunizierte Wissen ausreicht, um die vom Anwender gewollten Funktionen produzieren zu können,
5. der Anwender versteht, was der Entwickler außer den vorgelegten Beispielen noch leisten könnte,

6. der Anwender wüßte, welche Software möglich wäre, wenn der Entwickler besser über seine Bedürfnisse unterrichtet wäre« (Dahme, 2010, S. 175).

Eine gute und genaue Kommunikation zwischen Kunden und Entwickler ist somit auch beim Festlegen der Anforderungen unerlässlich. Auch Balzert bringt dies auf den Punkt: »Anforderungen (*requirements* [Hervorhebung im Original]) legen fest, was man von einem Softwaresystem als Eigenschaft erwartet« (Balzert, 2009, S. 455).

Für die Formulierung von Anforderungen nennt er neun Regeln. Zunächst führt er sieben Regeln nach Pohl, 2007, S. 100 ff. an:

- Die Anforderungen sollen kurz und prägnant formuliert sein
- Der Akteur soll klar benannt werden
- klar überprüfbare Ziele formulieren
- Sofern dies nicht möglich ist, sollen die Ziele soweit zerteilt werden, dass die entstehenden Teilziele überprüft werden können.
- Es soll ferner beschrieben werden, welchen Nutzen das Ziel verfolgt, im Beispiel ist die Verkürzung der Bearbeitungszeit genannt.
- Die Begründung des Ziels soll die Identifikation weiterer Ziele erleichtert werden
- jedoch soll bei der Formulierung darauf geachtet werden, kein Lösungsansatz anzugeben.

Des weiteren ergänzt Balzert nach Rupp, 2007, S. 100 f. dass es wichtig sei:

- einschränkende Rahmenbedingungen mit zu benennen
- die Ziele realistisch zu formulieren

(vgl. Balzert, 2009, S. 457 ff.)

Zudem beschreibt Balzert verschiedene Rahmenbedingungen, die die Auswahl und Entwicklung von Software beeinflussen. »Eine **Rahmenbedingung** (*constraint*) [Hervorhebungen im Original] - auch Restriktion genannt - legt organisatorische und/oder technische Restriktionen für das Softwaresystem und/oder den Entwicklungsprozess fest«(ebd., S. 459). Hierunter zählen zum einen *organisatorische Rahmenbedingungen* wie der *Anwendungsbereich* oder die *Zielgruppe* für die eingesetzte Software.

Auch *Betriebsbedingungen*, wie die tägliche Nutzungszeit des Produktes oder ob das Produkt z. B. für mobiles Arbeiten vorbereitet sein muss (vgl. ebd., S. 459 f.), gehören zu den organisatorischen Rahmenbedingungen.

Zum anderen nennt Balzert *technische Rahmenbedingungen*, die eine Software erfüllen muss, um eingesetzt werden zu können. Diese sind die *technische Produktumgebung*, also auf welcher Hardware und unter welchem Betriebssystem die Software funktionieren soll und die *Anforderungen an die Entwicklungsumgebung*, in denen u. a. festgelegt wird, welche Schnittstellen die Software bereitstellen muss oder welche Programmierungsumgebung verwendet werden muss (vgl. Balzert, 2009, S. 460 f.).

Weiteren Einfluss auf die Anforderungen nimmt der Nutzungskontext. Hierunter versteht Balzert die »materielle und immaterielle Umgebung« (ebd., S. 461) in der das Softwaresystem zum Einsatz kommt. Unterschieden wird hier zwischen der für das System relevanten Umgebung, dem *Kontext*, der bei der Systementwicklung zu betrachten ist, und der durch eine *Grauzone* abgegrenzten irrelevanten Umgebung, wie in der folgenden Abbildung dargestellt (vgl. ebd., S. 462).

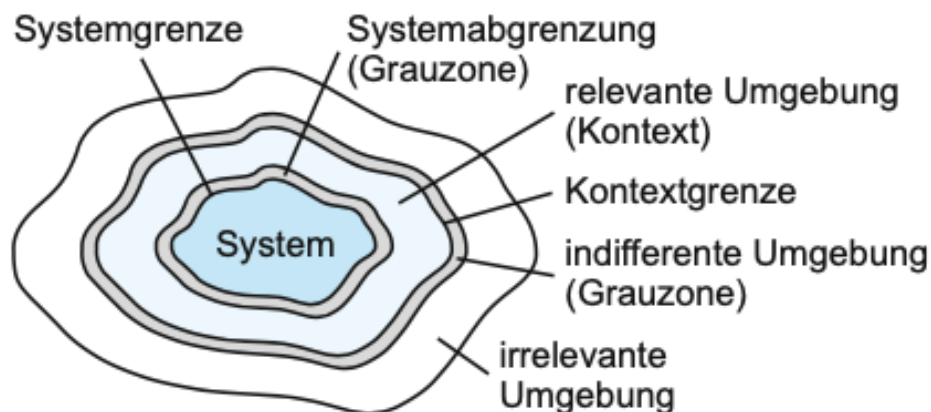


Abbildung 4.1: Das System und seine Umgebung (Balzert, 2009, S. 462)

Bisher wurden nur die *funktionalen Anforderungen* beschrieben. Aber was soll das Produkt am Ende leisten? Aus welchem Grund wird es entwickelt? Hierfür stehen die *nichtfunktionalen Anforderungen*. Während die funktionalen Anforderungen beschreiben *was* ein Produkt leisten muss, beschreiben nicht-funktionale Anforderungen *wie* diese Leistung erbracht werden soll (vgl. Partsch, 2010, S. 30).

»**Nicht-funktionale Anforderungen** [Hervorhebung im Original] lassen sich qualitativ unterscheiden in

- Qualitätsattribute der gewünschten Funktionen
- Anforderungen an das implementierte System als Ganzes,
- Vorgaben für die Durchführung des Systemerstellung
- Anforderungen an Prüfung, Einführung, Betreuung und Betrieb« (ebd., S. 27 f.). Hierunter fallen somit sämtliche Aspekte, die nicht direkt einer Anforderung zuzuordnen sind, sondern das Produkt als ganzes betreffen (vgl. Balzert, 2009, S. 463). Balzert nennt in die-

sem Zusammenhang »u. a. Genauigkeit, Verfügbarkeit, Nebenläufigkeit, Konsumierbarkeit (eine Obermenge der Benutzbarkeit),[...], Zuverlässigkeit, Sicherheit, Service-Anforderungen, Support [...]« (Balzert, 2009, S. 463). Partsch gibt im weiteren zu Bedenken, dass nicht-funktionale Anforderungen zumeist »wenn überhaupt, dann meist nicht präzise formuliert [werden]« (Partsch, 2010, S. 30). Er begründet dies mit der Aussage bezüglich der Anforderung »(„Das weiß man ja“)« (ebd., S. 30).

4.2 Anforderungsdokument nach dem IEEE

Das *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) ist eine der Institutionen, die sich mit der Standardisierung technischer Vorgänge beschäftigen. Ähnlich den bereits erwähnten RFC, die unter der Schirmherrschaft der *Internet Engineering Task Force* (IETF) verwaltet werden, gibt das IEEE Standardisierungsvorschriften heraus. Eine dieser Schriften, die IEEE Std 830-1998, beschreibt die empfohlene Vorgehensweise bei der Spezifikation von Software Anforderungen (*Software Requirements Specifications* (SRS)).

Zudem gibt das IEEE seinen Mitgliedern neben diesen Vorschriften auch ein Muster für SRS an die Hand. Da im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls ein solches Anforderungsdokument erstellt wird, wird der Inhalt im Folgenden kurz erläutert (vgl. IEEE, 1998, S. 11 ff.).

- **Einführung** (vgl. ebd., S. 11 - 12)
 - **Zweck des Dokuments**
Begründet, weshalb das Anforderungsdokument erstellt wird und an welche Zielgruppe sich das Dokument richtet.
 - **Umfang**
Stellt das Softwareprodukt und seinen Einsatzzweck dar. Wenn nötig beschreibt es auch, wofür das Produkt nicht gedacht ist. Hier werden erwartete Vorteile und Ziele des Projektes beschrieben.
 - **Definitionen, Akronyme, Abkürzungen**
Listet nicht geläufige Abkürzungen und Akronyme auf und liefert Definitionen soweit im allgemeinen Sprachgebrauch notwendig.
 - **Referenzen**
Verweist auf weiterführende Dokumentationen, die innerhalb des Anforderungsdokuments referenziert werden.
 - **Übersicht**
Legt dar, was das Dokument außer dem Vorgenannten beinhaltet, sowie die Organisation innerhalb des Dokuments.

- **Produktübersicht** (vgl. IEEE, 1998, S. 12 - 15)

- **Produktperspektive**

- Beschreibt das Produkt innerhalb der eingesetzten Umgebung und zeigt auf, wie es mit ihr interagiert, z. B. verschiedene *Interfaces* zur Nutzung von Hardware oder anderer Software.

- **Produktfunktionen**

- Bildet die Hauptfunktionen der Software ab

- **Nutzereigenschaften**

- Erläutert, welcher Nutzer mit der Software interagiert. Hierbei wird der Schwerpunkt auf die Qualifikation, Schulung und Fortbildung des Nutzers gelegt.

- **Einschränkungen**

- Soll jegliche Einschränkungen erläutern, die das Produkt in seiner Umgebung beachten muss.

- **Annahmen und Abhängigkeiten**

- Benennt die Faktoren, die sich auf die Erstellung des Anforderungsdokuments ausgewirkt haben.

- **verzögerte Anforderungen**

- Beschreibt Anforderungen, die erst in der Zukunft realisiert werden können oder sollen.

- **Spezifische Funktionen** (vgl. ebd., S. 15 - 20)

- geht detailliert auf Anforderungen ein, so dass ein Systemdesigner das System entsprechend auf die Anforderung vorbereiten und ein Tester dies auch bestätigen kann. Jede Anforderung sollte zumindest eine Beschreibung jeden *Inputs* und jeden damit in Zusammenhang stehenden *Outputs* des Systems enthalten. Dieser Unterpunkt hängt stark von der Art des jeweiligen Produktes ab. Daher werden im Anhang des Standards mehrere Vorlagen für unterschiedliche Einsatzzwecke bereitgestellt. Ohne hier genauer auf die einzelnen Unterarten einzugehen, entscheidet sich der Autor für die Vorlage im Anhang 5, die die Anforderung nach *Feature* unterteilt (vgl. ebd., S. 23). Die einzelnen Unterpunkte sind:

- **externe Schnittstellen**

- Detaillierte Beschreibung der Ein- und Ausgabe-Schnittstellen des Produkts (es soll die Produktübersicht ergänzen, ohne sie unnötig zu wiederholen). Unterteilt werden sie in:

- * Benutzerschnittstellen
 - * Hardwareschnittstellen
 - * Softwareschnittstellen

- * Kommunikationsschnittstellen

- **Funktionen**

Hier werden die einzelnen Funktionen des Systems beschrieben. Der Standard gibt vor, die einzelnen Beschreibungen mit »The system shall...«(Das System soll... [Übersetzung des Autors]) (IEEE, 1998, S. 16) einzuleiten.

- * Funktion 1

- Zweck der Funktion

- Auslösung/Reaktion der Funktion

- Wie wird die spezifische Funktion ausgelöst? Welches Ergebnis ist zu erwarten?

- Mit der Funktion verbundene Anforderungen

- Welche Anforderung wird mit der Funktion erfüllt?

- * Funktion 2

- * Funktion n

- **Leistungsanforderung**

Beschreibt z. B. wieviele Anfragen das System gleichzeitig verarbeiten können muss.

- **Design-Einschränkungen**

Nennt Einschränkungen die durch andere Standards oder Vorgaben des Unternehmens gegeben sind.

- **Softwaresystem-Eigenschaften**

Beschreibt überprüfbare Parameter, um die Eignung der Software für den späteren Einsatzzweck zu verifizieren. Diese sind nochmal unterteilt in:

- * Zuverlässigkeit

- * Verfügbarkeit

- * Sicherheit

- * Wartbarkeit

- * Portierbarkeit

- **andere Anforderungen**

Hier sind nicht funktionale Anforderungen beschrieben, die sich nicht unter die anderen Punkte einordnen ließen.

Im Folgenden werden nun die erarbeiteten Grundlagen auf das vorliegende Projekt angewandt und die Anforderungen formuliert.

4.3 Textliche Anforderungen

»Bevor ein Softwaresystem entwickelt werden kann, muss festgestellt werden, welche Anforderungen es erfüllen soll« (Balzert, 2009, S. 454). Zunächst werden die Anforderungen im Freitext formuliert, bevor Sie anschließend in ein Anforderungsdokument überführt werden.

Wie in Kapitel 2 beschrieben, arbeitet der Server mit dem Betriebssystem Ubuntu 20.04 LTS. Auf dem Server ist ferner OpenLDAP installiert, dass die Informationen über die Nutzer verwaltet. OpenLDAP ist insoweit auch für den SMTP-Server von Bedeutung, als dass dieser den Nutzern die Möglichkeit geben soll, sich beim SMTP-Server anzumelden um Mails zu versenden oder abzuholen. Der Abgleich und die Registrierung neuer Nutzer muss automatisch stattfinden. Bereits entschieden wurde die Frage nach dem zu verwendenden Mail-Client. Da nicht abzusehen war, wie sich die technische Ausstattung der Kita, gerade inm Hinblick auf eventuell neu anzuschaffende Tablets, weiterentwickelt, sollte ein Webmail-Client verwendet werden, der keine zusätzlichen Ressourcen auf dem Endgerät verbraucht. Die Wahl fiel hier auf den Webmail-Client *Roundcube* (vgl. roundcube.net, 2021).

Wie eingangs bereits erwähnt befindet sich die Kita in Trägerschaft der Stadt Gau-Algesheim. Bereits bei der Anschaffung der Hardware für *KitaNet* mussten die Studenten Wert auf eine kostengünstige Anschaffung und geringe laufende Kosten legen. Auch bei der Auswahl der SMTP-Server-Software soll daher eine kostengünstige Lösung gefunden werden.

Technische Unterstützung erhält die Kita grundsätzlich über die Verbandsgemeindeverwaltung Gau-Algesheim. Da die zwei dort beschäftigten Administratoren aber für alle Kindertagesstätten der Verbandsgemeinde zuständig sind, muss die Software wartungsarm angelegt sein. Im Störfall soll eine detaillierte Dokumentation die Fehlersuche vereinfachen.

Über das System sollen interne E-Mails ausgetauscht werden. Ein Mail-Verkehr mit dem Internet ist zunächst nicht geplant, sollte aber grundsätzlich möglich sein. Da E-Mail ein asynchrones Kommunikationsmittel darstellt (vgl. Dürscheid, 2003, S. 10), ist die Übertragungsgeschwindigkeit nach Meinung des Autors nicht von übermäßiger Bedeutung.

Aufgrund der oben genannten Anforderungen wurde ein Anforderungsdokument erstellt, wie vom IEEE vorgegeben (vgl. Anhang A).

4.4 Priorisierung

Anforderungen an ein Produkt sind nie gleichwertig zueinander. »Some requirements are non-negotiable. If they are not met, the product is of no use« (Hull, Jackson und Dick, 2010, S. 83). Wie die Priorisierung der Anforderungen gestaltet werden kann, wird nun kurz dargestellt.

Hull u.a. schlagen vor, Anforderungen mit verschiedenen **Werten** auszustatten. Sie beschreiben in einem Beispiel die Werte M (mandatory limit), D (desired value) und B (best value) (vgl. ebd., S. 83). »These three values can be held in separate attributes, or represented within the text in a labelled form, such as „The system shall support [M:50, D:100, B:200] simultaneous users“« (ebd., S. 83). Diese Methode gibt einzelnen Anforderungen eine gewisse Flexibilität, indem die Grenze für das Erreichen des Zieles klarer herausgestellt ist. Im genannten Beispiel sind 50 gleichzeitige Nutzer die Mindestgrenze, 100 Nutzer sind erstrebenswert, bestenfalls sind 200 gleichzeitige Nutzer möglich. Unterstützt die Lösung nun nur 99 Nutzer, »then it is most likely still of some value to the customer« (ebd., S. 83).

Eine Aussage über die Wertigkeit der Anforderungen zueinander wird hier jedoch nicht getroffen.

In besagtem Standard schlägt das IEEE vor, die Anforderungen nach ihrer **Notwendigkeit** einzuordnen. »Another way to rank requirements is to distinguish classes of requirements as essential, conditional, and optional« (IEEE, 1998, S. 7). Balzert steht dieser Einordnung kritisch gegenüber. »Erfahrungen haben gezeigt, dass die Verwendung dieser Ausprägungen dazu führt, dass die meisten Anforderungen mit **essenziell** [Hervorhebung im Original] gekennzeichnet werden, während optionale Anforderungen nur selten vorkommen« (Balzert, 2009, S. 543).

Als Alternative schlägt Balzert die Verwendung des **Kano-Modells** vor. Dieses Modell bezieht sich auf die *Theory of Attractive Quality* des japanischen Professors Noriaki Kano, dessen Studien einen Zusammenhang zwischen der Erfüllung von Qualitätsmerkmalen einerseits und der Kundenzufriedenheit andererseits aufzeigen (vgl. Hölzing, 2008, S. 77). »Durch eine Kundenbefragung im Rahmen einer Produktentwicklung werden nur geringfügige Mängel an den bisher angebotenen Modellen festgestellt. Daraus wird die Annahme abgeleitet, dass der Schlüssel zum Erfolg in eher latenten, nicht explizit artikulierten oder bewussten Kundenbedürfnissen liegt« (ebd., S. 78).

Hölzing beschreibt im Weiteren, wie Kano fünf Qualitätsattribute herausarbeitet (vgl. ebd., S. 82). Drei dieser fünf Eigenschaften bespricht dann auch Balzert. »Die Produkteigenschaften werden in Kategorien eingeteilt:

- **Basiseigenschaften:** Vom Kunden selbstverständlich vorausgesetzte Eigenschaften (im-

plizite Erwartung). Fehlt eine Basiseigenschaft, dann entsteht Unzufriedenheit. Werden sie erfüllt, dann entsteht aber *keine* Zufriedenheit.

- **Leistungseigenschaften:** Vom Kunden bewusst geforderte Eigenschaften (Sonderausstattung!). Sie schaffen beim Kunden Zufriedenheit bzw. beseitigen Unzufriedenheit - je nach Ausmaß.

- **Begeisterungseigenschaften:** Eigenschaften die der Kunde *nicht* erwartet hat. Die Kundenzufriedenheit wächst überproportional, wenn die Eigenschaft vorhanden ist [alle Hervorhebungen im Original]« (Balzert, 2009, S. 544).

Übersetzt auf die Vorgaben des IEEE, entspräche *essential* somit den *Basiseigenschaften*, *conditionell* wären mit *Leistungseigenschaften* gleichzusetzen und *optional* bildet das Äquivalent zu *Begeisterungseigenschaften*.

Die von Balzert nicht benannten Eigenschaften sind von Hölzing nach Kano beschrieben. Es handelt sich hierbei um *indifferent quality elements*, also Eigenschaften des Produktes, die weder Zufriedenheit noch Unzufriedenheit beim Kunden auslösen, sowie *reverse quality elements*, die eine höhere Zufriedenheit beim Kunden auslösen, je schlechter sie die Erwartungen des Kunden erfüllen (vgl. Hölzing, 2008, S. 83).

Die Entwicklung der Kundenzufriedenheit im Verhältnis zum Erfüllungsgrad der jeweiligen Produkteigenschaft ist in der folgenden Grafik visualisiert.

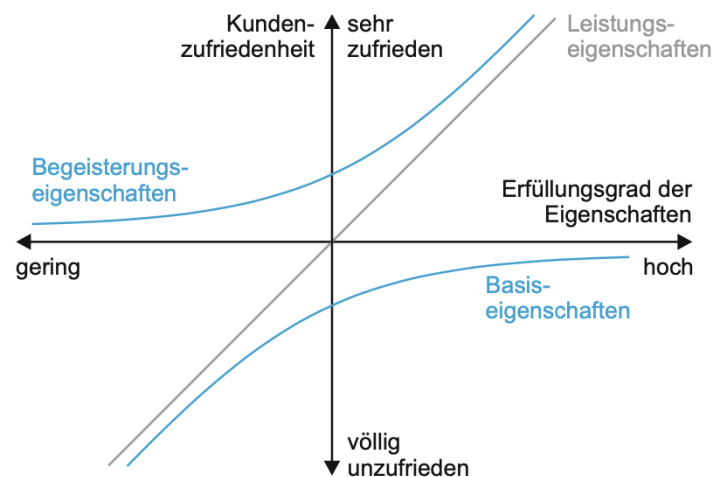


Abbildung 4.2: Die Entwicklung der Kundenzufriedenheit im Kano-Modell (Balzert, 2009, S. 545))

Es wurden nun verschiedene Ansätze der Priorisierung von Anforderungen besprochen. Der Autor dieser Bachelorarbeit ist im Rahmen seiner beruflichen Tätigkeit bereits mit der Unterteilung der IEEE vertraut. Aus eigener Erfahrung kann er die Kritik von Balzert durchaus nachvollziehen, ist sich jedoch sicher, die Anforderungen sinnvoll abstufen zu

können. Für die Priorisierung der Anforderungen im Rahmen dieses Projekts sollen daher die Vorgaben der IEEE genutzt werden.

Gemäß der sprachlichen Definitionen (vgl. Unterabschnitt A.1.3) innerhalb des Anforderungsdokuments sind folgende Anforderungen der ersten Priorität (*essential*) zuzuordnen:

- (E)SMTP-Kommunikation
- Zusammenarbeit mit Dovecot
- Keine Anschaffungskosten
- keine Lizenzkosten

Das Anforderungsdokument bildet die Grundlage für die Entscheidung, welche Software für den SMTP-Server ausgewählt wird. Ob die ausgewählte Software diese Anforderungen erfüllt, wird durch Tests überprüft. Der Formulierung dieser Tests widmet sich Abschnitt 4.5.

4.5 Testformulierung

»Das Hauptziel des Freigabetestens ist, den Anbieter des Systems davon zu überzeugen, dass das System gut genug für die Benutzung ist« (Sommerville, 2012, S. 266). Diese Tests können je nach Projekt und Auftrag unterschiedlich ausgestaltet werden.

Kleuker umschreibt einen Testfall als das simple **Ausprobieren von Software** (vgl. Kleuker, 2019, S. 26). »Möchte man dies präzisieren, kommt man darauf, dass man drei Teilschritte erfassen muss: die Vorbedingungen, die Ausführung und die Nachbedingungen« (ebd., S. 26).

Eine Form der Formulierung von Tests ist das **anforderungsbasierte Testen**. »Bei anforderungsbasiertem Testen handelt es sich [...] um eine systematische Herangehensweise an den Testentwurf, in der Sie jede Anforderung in Betracht ziehen und eine Testreihe für sie gestalten« (Sommerville, 2012, S. 266). Sommerville gibt im weiteren zu Bedenken, dass zum Testen einer Anforderung unter Umständen ein einzelner Test ungenügend ist und verweist auch auf die Notwendigkeit, Aufzeichnungen über die Tests zu führen (vgl. Kleuker, 2019, S. 27).

»Bei der Testbeschreibung empfiehlt es sich, den Standard-Geschäftsprozess ohne Störungen zuerst zu beschreiben. Dann kann man in der Testbeschreibung den Prozess vari-

ieren, aber immer nur ein Detail« (Witte, 2019, S. 161). Aufgrund der in Abschnitt 4.3 formulierten Anforderungen sind unter anderem folgende Geschäftsprozesse denkbar:

- Eine E-Mail wird geschrieben

Die Anforderung an die Software mit der höchsten Priorität ist das Versenden von E-Mails als Kernaufgabe des Systems. Der Test wird in der Form abgewandelt, dass eine Mail an einen nicht existenten Nutzer versendet wird.

- Ein Nutzer wird neu aufgenommen

Eine weitere Anforderung stellt die Zusammenarbeit mit dem bereits im System verankerten OpenLDAP dar. Hier muss getestet werden, ob ein neuer Nutzer zeitnah und ohne Zutun eines Administrators als Mail-Empfänger verfügbar ist. Eine Abwandlung dieses Test stellt das Löschen des Nutzers dar.

- Das System wird neu gestartet

Die Anforderung *Zuverlässigkeit* (vgl. Unterabschnitt A.3.5) formuliert die Forderung, dass das System nach einem Serverneustart automatisch wieder startet. Hierbei werden zwei Szenarien abgebildet, nämlich der kontrollierte Neustart und der Neustart nach Stromausfall.

Mit diesen Grundlagen wurden anhand der Anforderungen Tests für das System formuliert, die nach der Implementation durchgeführt werden. Wie von Witte gefordert, achtete der Autor darauf, die Tests möglichst kleinteilig zu beschreiben, denn es soll auch einem fremden Dritten möglich sein, die Tests im Nachhinein nachvollziehen zu können (vgl. ebd., S. 162 f.).

Die Tests wurden im Anhang dieser Arbeit zusammen mit der Dokumentation der Testdurchführung beigelegt (vgl. Anhang B). Der Aufbau der einzelnen Testfälle orientierte sich ebenfalls an Witte (vgl. ebd., S. 162).

Kapitel 5

Zur Auswahl stehende SMTP-Software

In diesem Kapitel werden nun die zur Auswahl stehenden Softwarelösungen mit dem Anforderungsdokument verglichen und ihre Unterschiede aufgezeigt.

Beide Softwarelösungen wurden vom Autor ausgewählt, da es sich um SMTP-Serversoftware handelt. Somit wird die primäre Anforderung, die Kommunikation über und Verarbeitung von (E)SMTP-Befehlen als gegeben vorausgesetzt.

Unterscheidungskriterien bilden die aus den Anforderungen gebildeten Unterpunkte:

- Lauffähigkeit auf Ubuntu
- LDAP-Anbindung
- Dovecot-Unterstützung
- Wartungsfreier Betrieb
- Ausführliche Dokumentation
- Portierbarkeit auf andere Plattform
- keine Anschaffungskosten
- keine Lizenzkosten

Zunächst wird nun die Software Postfix betrachtet. Hier werden auch die grundlegenden Begrifflichkeiten erläutert.

5.1 Postfix

Postfix ist ein SMTP-Server-Programm, dass 1997 von Wietse Venema bei IBM entwickelt wurde, um als Alternative für das weit verbreitete Programm *sendmail* zu dienen (vgl. Deimeke u. a., 2019, S. 307).

Postfix ist in Linux-Distributionen weit verbreitet. »Nahezu jede ernstzunehmende Linux-Distribution bringt natürlich auch ein vorkonfiguriertes Postfix-Paket mit, das sich wie jede andere Software per Tastendruck fertig kompiliert installieren lässt« (Heinlein, 2004, S. 53).

Auch für Ubuntu 20.04 gibt es ein entsprechendes Paket. Tatsächlich stellt Postfix den Standard-MTA auf der Plattform dar (vgl. Canonical, 2021). Installationsanleitungen und Hilfe zu den Einstellungen der Software sind über das Wiki der Community verfügbar (vgl. Ubuntu Community, 2015).

»There is also a Debian Wiki Postfix page that's a bit more up to date; they also have a set of Postfix Tutorials for different Debian versions« (Canonical, 2021). Da Ubuntu von dem Betriebssystem *Debian* abgeleitet ist, können auch Beiträge im Debian-Wiki genutzt werden (vgl. Debian Wiki Team, 2020).

Postfix ist LDAP-fähig. Eine Anleitung zur Anbindung von Postfix an ein bestehendes LDAP findet sich beispielsweise in der in dieser Arbeit verwendeten Fachliteratur bei Deimeke u. a., 2019, S. 689 ff. oder Heinlein, 2004, S. 106 f. Aber auch im Wiki von Ubuntu gibt es eine, wenn auch nicht mehr ganz aktuelle, Anleitung zu diesem Thema (vgl. Venema, 2009).

Auch Dovecot ist für die Zusammenarbeit mit Postfix vorbereitet. Gemäß Deimeke handelt es sich bei Dovecot um den »Shooting-Star unter den IMAP-Server: In den letzten Jahren hat er sich vom späten Newcomer zum technologisch führenden IMAP-Server entwickelt. Mächtig, robust, übersichtlich, logisch: Dovecot ist Admins Liebling« (Deimeke u. a., 2019, S. 338). So nimmt auch die Dokumentation von Dovecot regelmäßig Bezug auf Postfix (vgl. z.B. Dovecot Authors, 2002-2019).

Die Dokumentation von Postfix ist öffentlich einsehbar (vgl. Venema, 2021d). Leider ist nicht ersichtlich, wie gut die umfangreiche Dokumentation gepflegt wurde, das einzige auffindbare Datum befand sich im Abschnitt *Work in Progress* und gab das letzte Update mit »November 2013« an (vgl. Venema, 2013). Jedoch wird die Software permanent weiterentwickelt.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit trägt der *stable release* von Postfix die Versionsnummer 3.5.10, der *Postfix 3.6 experimental release* wurde zuletzt mit am 11.04.2021 aktualisiert (vgl. Venema, 2021f).

Dass die Dokumentation dennoch dauerhaft gepflegt wird schließt der Autor beispielsweise aus der Tatsache, dass die im *changelog* zu Version 3.5 angekündigte Unterstützung für mehrere *relayhosts* (vgl. Venema, 2021g) im entsprechenden Abschnitt der Dokumentation vermerkt sind (vgl. Venema, 2021b).

»Unter Portierung versteht man das Übertragen [eines Programms (Anm. d. Autors)] auf ein anderes System« (Habelitz, 2016, S. 26). Habelitz führt weiter aus, dass der *Quellcode* der Software für den Prozessor bzw. das entsprechende Betriebssystem kompiliert werden muss (vgl. ebd., S. 27). Ist dieser Quellcode nicht verfügbar, kann das Programm nur auf den Betriebssystemen eingesetzt werden, die der Entwickler vorgesehen hat. Der Quellcode für Postfix ist öffentlich verfügbar (vgl. Venema, 2021f). Soweit dies durch die Lizenz der Software abgedeckt ist, in diesem Fall die *Eclipse Public License - v 2.0* (EPL) und *IBM Public License (IPL 1.0)* (IPL) (vgl. ebd.), kann diese in der Programmiersprache *C* geschriebene Software auf jedem Betriebssystem eingesetzt werden, das C-Programme ausführen kann. »C-Code kann portabel d. h. maschinenunabhängig sein. Er stimmt dann streng mit dem Standard überein (engl. **strictly conforming program** [Hervorhebung im Original])« (Goll und Dausmann, 2014, S. 6). Im weiteren Verlauf geht Goll auch darauf ein, dass C auch maschinenspezifischen Code zulässt, der somit nicht portierbar sei. Der Autor sieht diesen Umstand jedoch im vorliegenden Fall für irrelevant, da Postfix bereits auf die meisten Server-Betriebssysteme portiert wurde (vgl. Venema, 2021e).

Postfix steht wie bereits erwähnt unter der EPL und IPL. Diese Open-Source-Lizenzen erlauben die kostenfreie private und kommerzielle Nutzung (vgl. Venema, 2021a). Somit fallen beim Einsatz von Postfix, wie gefordert, keine zusätzlichen Kosten an.

Nach der Betrachtung von Postfix werden nun die Eigenschaften von Exim untersucht.

5.2 Exim

»Exim is a message transfer agent (MTA) developed at the University of Cambridge for use on Unix systems connected to the Internet« (Exim Development Team, 2021d). Die ursprünglich von Philip Hazel entwickelte Serversoftware sieht sich, wie auch Postfix, als Ersatz für das Programm *sendmail* (vgl. ebd.). Sie bildet den Standard-MTA unter dem Betriebssystem *Debian GNU/Linux*. »Exim generally comes with default Debian installation« (Debian Wiki Team, 2021). Die Software liegt zur Erstellung dieser Bachelorarbeit in Version 4.94 vor (vgl. Harris, 2021).

Die Installationsanleitung und Einrichtungsdokumentation für Exim auf Ubuntu ist deutlich kleiner als für das bereits vorgestellte Postfix (vgl. Canonical, 2020). »Exim4 can be installed in place of sendmail or Postfix [...]« (ebd.).

Insgesamt gestaltet sich die Recherche zu Exim schwierig, da auch die Entwickler keinen zentralen Anlaufpunkt pflegen. Die Dokumentation ist auf der offiziellen Homepage zu finden (vgl. Exim Development Team, 2021c), das Wiki und die Entwicklergemeinschaft werden aber auf der Softwareplattform *github* verwaltet (vgl. Exim, 2021a).

In den Dokumentationen ist der Umgang mit LDAP vermerkt. Die Autoren gehen hier auf die Unterschiede verschiedener LDAP-Implementationen ein und welche Auswirkungen dies auf die Einrichtung mit Exim mit sich bringt. »Unfortunately, though these are all compatible at the lookup function level, their error handling is different« (Exim Development Team, 2021a, S. 14.). Auch die in dieser Arbeit verwendete Version *OpenLDAP* wird unterstützt (vgl. ebd., S. 14.).

Auch die Konfiguration zur Verbindung mit Dovecot findet sich in der Dokumentation (vgl. Exim Development Team, 2021b). Die Unterstützung des *Internet Message Access Protocol* (IMAP)-Servers ist somit gegeben.

Die Möglichkeiten zur Portierung der Software sind gegeben. Die Entwickler stellen Installationsanleitungen und -pakete für mehrere Linux-Betriebssysteme wie *Suse-Linux*, *Fedora* oder *FreeBSD* (vgl. Exim, 2021b). Auch ist der Quelltext offen verfügbar, was für das in *C* geschriebene Programm, wie bereits bei Postfix erwähnt, keinen nennenswerten Einschränkungen mit sich bringt (vgl. Harris, 2021).

Im Gegensatz zu Postfix steht Exim unter der *GNU General Public Licence* (GPL) (vgl. Exim Development Team, 2021d). Gemäß der GPL darf der Entwickler »für jede übertragene Kopie [des Quellcodes] ein Entgelt - oder auch kein Entgelt - verlangen [...]« (Gerwinski, 2021, 4. Unveränderte Kopien). Im vorliegenden Fall ist das Projekt frei verfügbar. »It is freely available under the terms of the GNU General Public Licence« (Exim Development Team, 2021d). Somit fallen auch für diese Software zunächst keine Anschaffungs- oder Lizenzkosten an. Zwar schließt die Lizenz dies für die Zukunft nicht eindeutig aus, der Autor erachtet diese Möglichkeit jedoch als nur theoretisch gegeben an.

Nachdem nun beide Pakete vorgestellt wurden, wird nun in Kapitel 6 die Entscheidung getroffen und begründet.

Kapitel 6

Entscheidung

Die Auswahl einer Software für den Einsatz im beruflichen Umfeld hat eine hohe Tragweite. Trifft man die falsche Wahl, kann man sich auf Jahre hinweg Ärger und Mehrarbeit einhandeln, da der Support mehr Mühe macht, als die fehlende Recherche zu Beginn Zeit gespart hat.

Sowohl Exim als auch Postfix stellen jede für sich brauchbare Lösungen zur Implementation eines SMTP-Servers im Umfeld von KitaNet dar.

Die Wahl des Autors fällt hier auf Postfix, da diese Software die bessere und detailliertere Dokumentation für das momentan eingesetzte Betriebssystem Ubuntu liefert. Ein Großteil der recherchierten Fachliteratur nimmt auch Bezug auf das Zusammenspiel von Postfix als SMTP- und Dovecot als IMAP-Server. Die Möglichkeiten der Recherche in der Dokumentation oder in den Foren von Ubuntu-Hersteller Canonical übersteigen den Support von Exim bei Weitem.

So ergab eine Stichproben-Suche nach dem Suchbegriff `exim` auf der deutschsprachigen Supporthomepage `Ubuntuusers.de` ca. 200 Treffer (vgl. Google, 2021a), während die Suche nach `postfix` ungefähr 1.240 Ergebnisse lieferte (vgl. Google, 2021b). Somit fiel die Wahl nicht zuletzt auf Postfix, da gerade für die mit der Wartung beauftragten lokalen Administratoren deutschsprachige Hilfeseiten essenziell wichtig sind.

Im weiteren Verlauf wird nun Postfix auf dem System installiert und in den Verbund aus Kitanet, OpenLDAP und Dovecot eingebettet.

Kapitel 7

Installation und Tests

Die Installation und Einrichtung von Postfix, Dovecot und Roundcube brachte kleinere und größere Probleme zu Tage. So lief zum Beispiel die Installation von Roundcube nicht fehlerfrei, wenn der SMTP-Server keine Authentifikationsmöglichkeiten (vgl. hierzu Siemborski und Melnikov, 2007) bereitstellte. Dies führte zu einer vorher nicht geplanten Installation von *Cyrus SASL*, einem Dienst der einen *Simple Authentication and Security Layer* (SASL) bereitstellt.

Der Autor sah ursprünglich keine Notwendigkeit, Postfix gegen das Versenden von Mails durch Unberechtigte abzusichern, da weder der Server noch das Netzwerk an sich vom Internet aus erreichbar sind. Somit wurde dieser Aspekt in der Planung nicht in Betracht gezogen. Die zusätzliche Installation und Implementation von Cyrus SASL verlief dann aber problemlos, was auch dem modularen Aufbau von Postfix zu verdanken ist (zu Postfix und Cyrus SASL vgl. Heinlein, 2004, S. 210 ff.).

Der folgende Abschnitt stellt einen idealisierten Installations- und Konfigurationsablauf dar, in dem die erwähnten Probleme bereits gelöst werden.

7.1 Einrichtung und Anbindung SMTP an LDAP

Die Installation der Umgebung begann mit der Umkonfiguration von OpenLDAP. »Wenn Sie eigene Attribute benötigen, sollten Sie immer eine eigene Objektklasse in einem eigenen Schema erzeugen« (Deimeke u. a., 2019, S. 615). Nach diversen Recherchen sah der Autor die Notwendigkeit zusätzliche Attribute eingeführt, um den Speicherort für das Postfach oder zusätzlicher Mailadressen für den Nutzer zu hinterlegen. Fündig wurde der Autor bei dem *postfix-book.schema* welches in einer früheren Ausgabe von Heinlein, 2004 näher besprochen wurde (vgl. variablenix, 2021). Die hier verwendete Veröffentlichung

stellt eine Kopie des Schemas dar, das Original ist zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Bachelorarbeit nicht mehr öffentlich zugänglich.

Dieses Schema führt die objectClass *PostfixBookMailAccount* ein, die unter anderem auch die Attribute *uniqueIdentifier* und *mailEnabled* (welche bereits im Kapitel 2 genutzt wurden) ein. Darüber hinaus bietet die objectClass weitere E-Mail bezogene Attribute wie z. B. *mailAlias*.

Nachdem laden des Schemas in OpenLDAP, wurden unter der neu angelegten OU *services* Konten für die benötigten Dienste *kitanet*, *postfix*, *dovecot*, *saslauth* und *roundcube* angelegt. Über diese Konten werden die Abfragen in OpenLDAP durch die jeweiligen Dienste durchgeführt.

Angelegt wurde auch der Nutzer *ldaptest1*. Die Attribute dieses Nutzers sind im Anhang in Listing C.1 dargestellt.

Grundsätzlich wäre dies auch über den zentralen Account *cn=admin,dc=kitanet* möglich gewesen. Jedoch sollte in der Protokollierung von OpenLDAP ersichtlich sein, welcher Dienst ggf. eine fehlerhafte Abfrage stellt. Auch würde ein durch eine Sicherheitslücke kompromittiertes Passwort nur das Pflegen eines Dienstes, aber nicht gleich der ganzen E-Mail-Infrastruktur nötig machen.

Das Softwarepaket Postfix wurde über den Befehl `sudo apt install postfix postfix-ldap postfix-pcre` installiert.

»Die Konfiguration von Postfix spielt sich in */etc/postfix* ab, namentlich in den beiden Dateien *main.cf* und *master.cf*« (Deimeke u. a., 2019, S. 308). Hier werden grundlegende Einstellungen wie die Festlegung des Hostnamens vorgenommen (vgl. Listing C.2 Z. 9).

Die Zeilen 31-41 regeln die Zustellung von E-Mails an die in LDAP hinterlegten Empfänger via Dovecot. Hierzu werden auch die Dateien *virtual_ldap_recipients* und *virtual_ldap_aliases* eingebunden (vgl. Listing C.2 Z. 39-41).

Zeile 47 aktiviert die Authentifikation nach RFC 4954 via Cyrus SASL (vgl. Siemborski und Melnikov, 2007, S. 3). In den Zeilen 49 ff. wird festgelegt, wie sich Postfix während einem SMTP-Dialog verhalten soll. So lehnt Postfix z. B. gemäß Z. 52 E-Mails ab, welche keinen *fully qualified domain name* (FQDN) als Empfänger haben (vgl. Venema, 2021c). Der FQDN des hier eingerichteten Mailserver *mail.kitanet.local* wäre z. B. *kitanet.local* (vgl. Indiana University, 2021). Somit würde in diesem Beispiel eine E-Mail mit dem hypothetischen Empfänger *test@kitanet.local* nicht angenommen werden.

Listing C.3 zeigt die Konfiguration für eine Abfrage im LDAP zur Ermittlung der Empfänger über die Datei *virtual_ldap_recipients*. Die LDAP-Abfrage aus Zeile 14

übergibt die Variable %s (die Mailadresse des Empfängers) an OpenLDAP und erwartet das Attribut `mail` des entsprechenden Datenbank-Eintrags zurück, was mit der ursprünglichen Eingabe übereinstimmen muss. Hierdurch stellt Postfix sicher, dass die Mail-Adresse einem Nutzer zugeordnet wurde. Die Abfrage nach einem nicht existenten Nutzer würde eine leere Antwort zurückgeben, ungleich zur Anfrage.

Wird der Empfänger nicht gefunden, prüft Postfix ob die Adresse als `mailAlias` bei einem Nutzer erfasst wurde. Hierzu dient die Datei `virtual_ldap_aliases` (vgl. Listing C.4). Diese Datei unterscheidet sich nur in dem abgefragten Attribut in Zeile 14. Hier wird das Attribut `mailAlias` abgefragt. Im Beispiel von Listing C.1 würde eine Anfrage nach der Adresse `postmaster@kitanet.local.local` die *primäre* Mail-Adresse des Empfängers, nämlich `administrator@kitanet.local.local` zurückgeben. Postfix kann dann die E-Mail in das korrekte Postfach ablegen.

Cyrus SASL wurde wie oben erläutert innerhalb des Systems installiert. Die Authentifizierung eines SMTP-Nutzers innerhalb von Postfix wird über die Datei `/etc/postfix/sasl/smtpd.conf` gesteuert (vgl. Listing C.5 Z. 2). Die Nutzer haben keinen Zugriff auf den Server, bzw. die Protokollierung innerhalb des Servers. Daher hat der Autor keinen zusätzlichen Verschlüsselungsdienst eingerichtet. Die Passwörter werden daher unverschlüsselt (`PLAIN LOGIN`) übermittelt (vgl. Listing C.5 Z. 3).

Dovecot und Roundcube wurden ebenfalls entsprechend der jeweiligen Dokumentation installiert. Auch sie greifen über eigene Zugänge auf OpenLDAP zu, um die Nutzer zu verwalten. Die Authentifikation wird hier ebenfalls über Cyrus SASL durchgeführt.

Nach Installation von Roundcube und Anmeldung eines bereits in Kitanet aktiven Nutzers wartete bereits die erste Mail auf den Autor.



Abbildung 7.1: Die erste E-Mail im Posteingang (Eigene Darstellung)

7.2 Tests

Nach der erfolgreichen Einrichtung und den ersten testweise und über die Kommandozeile versendeten E-Mails war es an der Zeit, die in Abschnitt 4.5 formulierten Tests durchzuführen. Das Ergebnis der Tests ist bereits in den Testdokumenten in Anhang B erfasst worden.

Die Tests liefen, wie im Anhang dokumentiert schnell und fehlerfrei ab. Für den Autor war zunächst überraschend, dass in Testfall 1.2 die Mail nicht versandt wurde, sondern direkt innerhalb von Roundcube mit dem SMTP-Fehler 550 abgelehnt wurde. Der Grund hierfür wird im RFC 821 erklärt. Es handelt sich um den Befehl *VERFY* (Verify) mit dem der Sender prüfen kann, ob der Empfänger die Adresse verarbeiten kann (vgl. Postel, 1982, S. 8). Dies war vom Autor so nicht erwartet worden, war aber nach Studium des RFC 821 erwartbar gewesen.

Es bleibt festzustellen, dass das E-Mail-System in seiner jetzigen Ausgestaltung funktioniert. Einer Implementation in der Kindertagesstätte steht nichts im Wege.

Kapitel 8

Fazit

»E-Mail ist ein wesentlich komplexeres Thema, als viele Einsteiger in diese Materie vermuten« (Kofler, 2020, S. 1109). Hätte der Autor gewusst, was auf ihn zukommt, hätte er vermutlich ein anderes Thema gewählt.

Schon der Titel spiegelt den Lernfortschritt wider. So konnte Humhub mit der Domain `@kitanet` nicht umgehen, da die Mail-Adresse nicht als gültig anerkannt wurde. Dies war dann der Grund für das zusätzliche `.local`. Im Nachhinein betrachtet waren es viele Wochen des Lesens und Zweifelns aber letztendlich doch des Lernens und des Erfolgs. Das Gefühl, wenn das Terminal auf einmal `250 OK` meldet, nachdem man zwanzig Mal eine Konfigurationsdatei umgeschrieben und den Postfix-Server neu gestartet hat, entschädigt für vieles.

Wie kann die Implementation eines E-Mail-Servers innerhalb des Kitanet gelingen? Dies war die in Abschnitt 1.1 formulierte Fragestellung dieser Bachelor-Thesis. Die Implementierung eines zusätzlichen LDAP-Schemas, die Installation von Postfix, Dovecot, Cyrus SASL und Roundcube und wochenlange Recherchen brachten die Antwort. »Ja!« Die Nutzer werden nun umgehend per Mail über neue Einträge in Kitanet informiert. Auch eine tägliche Zusammenfassung stellt die Plattform auf Wunsch zur Verfügung.

Ursprünglich wurde dieses Projekt vom Autor ins Auge gefasst, um den Nutzern eine Möglichkeit zu geben, selbst Ihre vergessenen Zugangspasswörter für KitaNet grundzustellen. Dies stellte sich aber leider als nicht umsetzbar heraus. Dies lag jedoch nicht an der Implementation des Mail-Systems, sondern ist der Tatsache geschuldet, dass Humhub keine Mechanik mitbringt, Daten in OpenLDAP zu ändern. Die LDAP-Anbindung wird lediglich zum Auslesen der Benutzerdaten genutzt. Auch dies wurde dem Autor erst während dem Erstellen der Arbeit bewusst.

Jedoch besteht nun die Option, die Kommunikationsmöglichkeiten in der Kita zu erweitern. Denkbar wäre, dass zukünftig die Erzieherinnen selbst für Eltern per dienstlicher Mail-Adresse erreichbar wären. Das hier vorgestellte Paket bietet grundsätzlich die Möglichkeit zur Kommunikation mit der Außenwelt. Natürlich kann dies dann nicht unter der Domain `@kitanet.local` erfolgen. Aber die Grundlagen wurden geschaffen.

Ob eine Umsetzung der hier vorgestellten Lösung in der Kita Schloss-Ardeck durchgeführt werden wird, bleibt abzuwarten. Für den Fall, dass das Team die Funktionalität wünscht, ist die hier vorgestellte Lösung auf jeden Fall bereit.

Literaturverzeichnis

- Balzert, Helmut (2009). *Lehrbuch der Softwaretechnik: Basiskonzepte und Requirements Engineering*. Berlin Heidelberg New York: Spektrum Akademischer Verlag. ISBN: 978-3-827-42247-7.
- Borenstein, Nathaniel S. und Ned Freed (Sep. 1993). *MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) Part One: Mechanisms for Specifying and Describing the Format of Internet Message Bodies*. RFC 1521. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc1521> (besucht am 18.03.2021).
- Born, David (2021). *announcements-module for humhub*. Version v0.5. URL: <https://github.com/staxDB/humhub-modules-announcements> (besucht am 2021).
- Canonical (2020). *Exim4*. URL: <https://ubuntu.com/server/docs/mail-exim4> (besucht am 17.04.2021).
- (2021). *Mail - Postfix*. URL: <https://ubuntu.com/server/docs/mail-postfix> (besucht am 14.04.2021).
- Dahme, Christian (2010). »Wissenschaftstheoretische Positionen in bezug auf die Gestaltung von Software«. In: *Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000*. Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, S. 167–178.
- Debian Wiki Team (2021). *Exim*. URL: <https://wiki.debian.org/Exim#Installation> (besucht am 18.04.2021).
- (2020). *Postfix*. URL: <https://wiki.debian.org/Postfix> (besucht am 14.04.2021).
- Deimeke, Dirk u. a. (2019). *Linux-Server - das umfassende Handbuch ; [Linux-Server distributionsunabhängig einrichten und administrieren ; Backup, Sicherheit, Samba, Kerberos und LDAP, Web-, Mail- und FTP-Server, Datenbanken, KVM und Docker, Ansible u.v.m. ; inklusive sofort einsetzbare Praxislösungen ; CentOS 7, Debian GNU/Linux 9, openSUSE Leap 15, Ubuntu Server 18.04 LTS ; inkl. Container-Verwaltung]*. Bonn: Rheinwerk-Verlag. ISBN: 978-3-836-26092-3.
- Dovecot Authors (2021). *LMTP Server*. URL: https://doc.dovecot.org/configuration_manual/protocols/lmtp_server (besucht am 11.04.2021).
- Dovecot Authors (2002-2019). *Postfix and Dovecot LMTP*. URL: https://doc.dovecot.org/configuration_manual/howto/postfix-dovecot_lmtp (besucht am 15.04.2021).

- Dürscheid, Christa (2003). »Medienkommunikation im Kontinuum von Mündlichkeit und Schriftlichkeit. Theoretische und empirische Probleme«. In: *Zeitschrift für Angewandte Linguistik* 38, S. 35–54. URL: https://www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/fileadmin/Redaktion/Institute/RomanischesSeminar/Romanistik_IV/frzmed_Duerscheid_MuendSchrKont.pdf.
- Exim (2021a). *Exim Wiki*. URL: <https://github.com/Exim/exim/wiki/ObtainingExim> (besucht am 17.04.2021).
- (2021b). *Obtaining Exim*. URL: <https://github.com/Exim/exim/wiki> (besucht am 17.04.2021).
- Exim Development Team (2021a). *Chapter 09 - File and database lookups*. URL: https://www.exim.org/exim-html-current/doc/html/spec_html/ch-file_and_database_lookups.html (besucht am 17.04.2021).
- (2021b). *Chapter 37 - The dovecot authenticator*. URL: https://www.exim.org/exim-html-current/doc/html/spec_html/ch-the_dovecot_authenticator.html (besucht am 18.04.2021).
- (2021c). *Documentation für Exim*. URL: <http://exim.org/docs.html> (besucht am 17.04.2021).
- (2021d). *Exim Internet Mailer*. URL: <http://exim.org> (besucht am 17.04.2021).
- Gau-Algesheim, VG (2021). *Kindertagesstätte Schloss-Ardeck Gau-Algesheim*. URL: https://www.vg-gau-algesheim.de/vg_gau_algesheim/Familie%20&%20Bildung/Kinderg%C3%A4rten/Gau-Algesheim/Kindertagesst%C3%A4tte%20Schloss-Ardeck%20Gau-Algesheim/ (besucht am 19.03.2021).
- Gerwinski, Peter (2021). *GNU General Public License*. URL: <http://www.gnu.de/documents/gpl.de.html> (besucht am 18.04.2021).
- Gietz, Peter (Feb. 2004). *Chancen und Risiken LDAP-basierter zentraler Authentifizierungssysteme*. URL: https://daasi.de/pub/DAASI_2004-02-03_Chancen_und_Risiken_durch_LDAP-Authentifizierung.pdf (besucht am 18.03.2021).
- Goll, Joachim und Manfred Dausmann (2014). *C als erste Programmiersprache - Mit den Konzepten von C11*. 8. Aufl. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-834-82271-0.
- Google (2021a). *Suchergebnisse für site:forum.ubuntuusers.de exim*. URL: <https://www.google.de/search?q=site%3Aforum.ubuntuusers.de+exim> (besucht am 18.04.2021).
- (2021b). *Suchergebnisse für site:forum.ubuntuusers.de postfix*. URL: <https://www.google.de/search?q=site%3Aforum.ubuntuusers.de+postfix> (besucht am 18.04.2021).
- Grande, Marcus (2014). *100 Minuten für Anforderungsmanagement - Kompaktes Wissen nicht nur für Projektleiter und Entwickler*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN: 978-3-658-06434-1.
- Habelitz, Hans-Peter (2016). *Programmieren lernen mit Java -*. Bonn: Rheinwerk Verlag GmbH. ISBN: 978-3-836-24130-4.

- Harris, Jeremy (16. Apr. 2021). *Master Exim source repository*. URL: <https://git.exim.org/exim.git> (besucht am 17.04.2021).
- Heinlein, Peer (2004). *Das Postfix-Buch - sichere Mailserver mit Linux*. 2. Auflage. München: Open Source Press. ISBN: 978-3-937-51404-8.
- Herrmann, Andrea u. a. (2013). *Requirements Engineering und Projektmanagement*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-642-29432-7.
- Hölzing, Jörg (2008). *Die Kano-Theorie der Kundenzufriedenheitsmessung - Eine theoretische und empirische Überprüfung*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-834-99864-4.
- Hull, Elizabeth, Ken Jackson und Jeremy Dick (2010). *Requirements Engineering*. London: Springer London. ISBN: 978-1-849-96404-3.
- HumHub (2020). URL: <https://www.humhub.com/de> (besucht am 14.11.2020).
- (2021a). URL: <https://docs.humhub.org/docs/about/humhub#spaces> (besucht am 19.03.2021).
- (2021b). URL: <https://docs.humhub.org/docs/about/humhub/#modules> (besucht am 19.03.2021).
- (2021c). URL: <https://docs.humhub.org/docs/admin/authentication/#ldap> (besucht am 19.03.2021).
- IEEE (1998). *IEEE Std 830-1998 - IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications*. New York: IEEE.
- Indiana University (2021). *About fully qualified domain names (FQDNs)*. URL: <https://kb.iu.edu/d/aiuv> (besucht am 24.04.2021).
- Internet Society (2021). *A brief history of the Internet*. URL: <https://www.internethalloffame.org/brief-history-internet> (besucht am 24.03.2021).
- Klensin, John C. (Apr. 2001). *Simple Mail Transfer Protocol*. RFC 2821. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc2821> (besucht am 18.03.2021).
- Klensin, John C. u. a. (Nov. 1995). *SMTP Service Extensions*. RFC 1869. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc1869> (besucht am 18.03.2021).
- Kleuker, Stephan (2019). *Qualitätssicherung durch Softwaretests - Vorgehensweisen und Werkzeuge zum Testen von Java-Programmen*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-658-24886-4.
- Kofler, Michael (2020). *Linux : das umfassende Handbuch*. 4. Aufl. Bonn: Rheinwerk Verlag. ISBN: 978-3-8362-7131-8.
- Partsch, Helmuth (2010). *Requirements-Engineering systematisch - Modellbildung für softwaregestützte Systeme*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-642-05358-0.
- Pohl, Klaus (2007). *Requirements Engineering - Grundlagen, Prinzipien, Techniken*. Köln: Dpunkt-Verlag. ISBN: 978-3-898-64342-9.

- Postel, Jonathan B. (Aug. 1982). *Simple Mail Transfer Protocol*. RFC 821. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc821> (besucht am 18.03.2021).
- QMAP (2021). *QMAP TS-253B Produktbeschreibung*. URL: <https://www.qmap.com/de-de/product/ts-253b> (besucht am 18.03.2021).
- roundcube.net (2021). *roundcube open source webmail software*. URL: <https://roundcube.net> (besucht am 28.04.2021).
- Rupp, Chris (2007). *Requirements-Engineering und -Management - professionelle, iterative Anforderungsanalyse für die Praxis*. München: Hanser. ISBN: 978-3-446-40509-7.
- Sciberras, Andrew (Juni 2006). *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP): Schema for User Applications*. RFC 4519. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc4519> (besucht am 18.03.2021).
- Siemborski, Robert und Alexey Melnikov (Juli 2007). *SMTP Service Extension for Authentication*. RFC 4954. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc4954> (besucht am 29.04.2021).
- Sommerville, Ian (2012). *Software Engineering*. 9. aktualisierte Auflage. München: Pearson. ISBN: 978-3-868-94099-2.
- Ubuntu Community (2015). *Postfix*. URL: <https://help.ubuntu.com/community/Postfix> (besucht am 14.04.2021).
- ubuntu Deutschland e. V. (2021). *Cron*. URL: <https://wiki.ubuntuusers.de/Cron/> (besucht am 25.04.2021).
- variablenix (2021). *ldap-mail-schema/postfix.schema*. URL: <https://github.com/variablenix/ldap-mail-schema/blob/master/postfix.schema> (besucht am 23.04.2021).
- Venema, Wietse (2021a). *LICENSE - SECURE MAILER*. URL: <https://de.postfix.org/ftpmirror/LICENSE> (besucht am 15.04.2021).
- (2021b). *Postfix Configuration Parameters*. URL: <http://www.postfix.org/postconf.5.html%5C#relayhost> (besucht am 15.04.2021).
- (2021c). *Postfix Configuration Parameters*. URL: http://www.postfix.org/postconf.5.html#reject_non_fqdn_recipient (besucht am 24.04.2021).
- (2021d). *Postfix Documentation*. URL: <http://www.postfix.org/documentation.html> (besucht am 15.04.2021).
- (2009). *Postfix LDAP Howto*. URL: http://www.postfix.org/LDAP_README.html (besucht am 14.04.2021).
- (2021e). *Postfix Packages and Ports*. URL: <http://www.postfix.org/packages.html> (besucht am 15.04.2021).
- (2021f). *Postfix Source Code*. URL: <https://de.postfix.org/ftpmirror/index.html#past> (besucht am 14.04.2021).
- Venema, Wietse (2013). *Postfix work-in-progress*. URL: <http://www.postfix.org/wip.html> (besucht am 15.04.2021).

- (2021g). *This is the Postfix 3.5 (stable) release*. URL: https://de.postfix.org/ftpmirror/official/postfix-3.5.10.RELEASE_NOTES (besucht am 15.04.2021).
- Witte, Frank (2019). *Testmanagement und Softwaretest - Theoretische Grundlagen und praktische Umsetzung*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-658-25087-4.
- Zeilenga, Kurt D. (Juni 2006). *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP): Directory Information Models*. RFC 4512. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc4512> (besucht am 18.03.2021).

Abbildungsverzeichnis

2.1 Teil 1 der LDAP-Konfiguration für Kitanet (Eigene Abbildung)	9
2.2 Teil 2 der LDAP-Konfiguration für Kitanet (Eigene Abbildung)	10
2.3 Nutzerliste der Testumgebung (Eigene Abbildung)	11
4.1 Das System und seine Umgebung (Balzert, 2009, S. 462)	20
4.2 Die Entwicklung der Kundenzufriedenheit im Kano-Modell (Balzert, 2009, S. 545))	26
7.1 Die erste E-Mail im Posteingang (Eigene Darstellung)	37

Anhang A

Anforderungsdokument

A.1 Einführung

A.1.1 Zweck des Dokuments

Dieses Dokument definiert die Anforderungen an das Projekt "Einführung eines SMTP-Servers". Dieses Dokument richtet sich an Entwickler die mit diesem Projekt betraut sind.

A.1.2 Umfang

Die zu installierende Software soll einen SMTP-Server bereitstellen, um E-Mail-Kommunikation innerhalb des Netzwerks der Einrichtung zu ermöglichen (vgl. RFC 821). Der Mailverkehr wird zunächst nur innerhalb des eigenen Netzwerks gewährleistet. Eine Öffnung nach außen ist zukünftig angestrebt, aber zunächst nicht Teil des Projekts.

A.1.3 Definitionen, Akronyme, Abkürzungen

Eine Liste von Abkürzungen, die in diesem Dokument verwendet werden.

- LDAP - Lightweight Directory Access Protocol
- LTS - Long Time Support
- RFC - Request for Comments
- SMTP - Simple Mail Transfer Protocol

Die Anforderungen werden in drei Stufen der Notwendigkeit unterschieden und entsprechend priorisiert. Die Zugehörigkeit der Anforderung zu den Stufen werden mit der Formulierung der Anforderung angezeigt.

Anforderungen beginnend mit:

- *Das System muss* oder *Das System darf keine* gehören zur höchsten Stufe.
- *Das System soll* oder *Das System darf* gehören zur mittleren Stufe.
- *Das System kann* gehören zur niedrigen Stufe.

A.1.4 Referenzen

Referenzierte Dokumente, die in diesem Dokument verwendet werden.

- RFC 821
<https://tools.ietf.org/html/rfc821>
- RFC 2821
<https://tools.ietf.org/html/rfc2821>

A.1.5 Übersicht

Dieses Anforderungsdokument enthält die Anforderungen und Spezifikationen, die an den SMTP-Server gestellt werden. Sie dienen als Entscheidungsgrundlage für die anzuschaffende Software.

A.2 Produktübersicht

A.2.1 Produktperspektive

Das finale System bildet eine virtuelle Maschine (im weiteren *der Server*) innerhalb eines QNAP-NAS mit 4GB Arbeitsspeicher. Auf dem Server wird als Betriebssystem Ubuntu 20.04 LTS eingesetzt. Auf diesem System wird ebenfalls folgende relevante Software eingesetzt:

- Open-LDAP ver. 2.4.49
- Apache2 ver. 2.4.41

- Dovecot ver. 2.3.7.2
- PHP ver. 7.4

Der Server ist für Laptops innerhalb des Netzwerks erreichbar. Ein direkter Zugriff zur Hardware ist grds. nicht vorhanden.

Die Software ist erreichbar über Port 25 des Servers.

A.2.2 Produktfunktionen

Die Software verwaltet die Entgegennahme und Auslieferung von Datenpaketen mit dem IMAP-Client Dovecot. Zur Ermittlung bekannter Mail-Adressen gleicht die Software ihren Bestand mit dem lokalen LDAP ab. Die Software besitzt den vollen Funktionsumfang von SMTP (vgl. RFC 2821).

A.2.3 Nutzereigenschaften

Der Nutzer hat keine direkte Interaktion mit der Software. Kontakt besteht ausschließlich mittelbar und automatisiert über den IMAP-Client Dovecot

A.2.4 Einschränkungen

Die Software teilt sich den vorhandenen Arbeitsspeicher mit einer per PHP realisierten Webseite und einem LDAP-Server. Somit darf die durchschnittliche RAM-Belegung nicht größer als 512 MB sein.

A.2.5 Annahmen und Abhängigkeiten

Das System bleibt zumindest bis April 2022 auf dem Betriebssystem Ubuntu 20.04 LTS. Sollte ein Plattformwechsel angestrebt werden, muss vorher die Funktionalität getestet werden.

A.2.6 verzögerte Anforderungen

keine

A.3 Spezifische Funktionen

A.3.1 externe Schnittstellen

Benutzerschnittstellen

Nicht vorgesehen.

Hardwareschnittstellen

Nicht vorgesehen.

Softwareschnittstellen

Nicht vorgesehen.

Kommunikationsschnittstellen

Erreichbarkeit über Port 25 zum Austausch von LMTP-Befehlen mit IMAP-Client auf dem selben System. Die Öffnung des Ports nach außen soll für zukünftigen Austausch von SMTP-Befehlen mit entfernten SMTP-Servern vorgesehen werden.

A.3.2 Funktionen

(E)SMTP-Kommunikation

Zweck der Funktion

Das System muss (E)SMTP- und LMTP-Befehle entgegennehmen und verarbeiten.

Auslösung/Reaktion der Funktion

Auslösung:

Kontaktaufnahme durch Zugriff anderer Programme auf Port 25

Reaktion:

Prozess Einleitung des (E)SMTP-Protokolls MAIL gem. S.4 RFC 821

Mit Funktion verbundene Anforderungen

Versenden und Empfangen von E-Mails werden ermöglicht.

Abgleich LDAP

Zweck der Funktion

Das System soll einen aktuellen Datenbestand über im LDAP angelegte Empfänger besitzen.

Auslösung/Reaktion der Funktion

Auslösung:

Automatisierte Anstoß zur Aktualisierung der Daten.

Reaktion:

Aufnahme neuer Empfänger, Löschung von nicht existenten Adressen.

Mit Funktion verbundene Anforderungen

Es werden nur Mails von Empfängern verarbeitet, die in der Datenbank des LDAP erfasst sind.

A.3.3 Leistungsanforderung

Das System soll Mails so schnell wie möglich, jedoch in maximal 15 Sekunden beim Empfänger abliefern. Eine Echtzeit-Verarbeitung ist nicht notwendig.

Das System soll 100% der Mails beim jeweiligen Empfänger abliefern.

Das System soll Mails mit Dateianhängen bis zu 25 MB verarbeiten können.

A.3.4 Design-Einschränkungen

Das System muss mit dem IMAP-Client Dovecot zusammenarbeiten.

A.3.5 Softwaresystem-Eigenschaften

Zuverlässigkeit

Das System muss nach einem Neustart des Servers ohne Nutzerzutun automatisch starten.

Verfügbarkeit

Das System soll jederzeit zur Verfügung stehen

Sicherheit

Das System soll einen unberechtigten Zugriff Dritter auf die verarbeiteten E-Mails verhindern.

Wartbarkeit

Das System soll, ohne Veränderung der Systemumgebung, Wartungsfrei sein.

Das System soll über eine detaillierte Dokumentation verfügen.

Portierbarkeit

Das System soll grundsätzlich auf andere Plattformen portierbar sein.

A.3.6 andere Anforderungen

Anschaffungskosten

Das System darf keine Anschaffungskosten auslösen.

Betriebskosten

Das System darf keine laufenden Betriebskosten durch Lizenzierung o.ä. auslösen.

Anhang B

Testfälle

B.1 Testreihe 1 Versenden einer Mail

B.1.1 Testfall 1.1

- Testgegenstand:
Versenden einer E-Mail an einen existierenden Empfänger
- Testkonfiguration:
System ohne Last
Mail-Sender `mail@kitanet.local` in System angelegt
Mail-Empfänger `testnutzer@kitanet.local` in System angelegt
- Testbeschreibung:
Versenden einer E-Mail über Roundcube mit Nutzer `mail@kitanet.local`
an `testnutzer@kitanet.local`
- Bezug:
Anforderung *(E)SMTP-Kommunikation*
- Priorität:
unbedingt erforderlich
- Details:
Stellt sicher, dass Mails über den Server versendet werden können (Grundfunktionalität System)
- Soll-Ergebnis:
E-Mail geht in Postfach des Empfängers ein.

- Ist-Ergebnis:
E-Mail ging in Postfach des Empfängers ein.
- Bestanden:
Ja
- Aus welcher Phase stammt der Fehler:
Kein Fehler
- Kommentar:
Keine Wartezeit spürbar.
- Tester:
M. Schäfer
- Datum/Uhrzeit:
24.04.2021 21:20 Uhr

B.1.2 Testfall 1.2

- Testgegenstand:
Versenden einer E-Mail an einen nicht existierenden Empfänger
- Testkonfiguration:
System ohne Last
Mail-Sender `mail@kitanet.local` in System angelegt
Mail-Empfänger `foobar@kitanet.local` nicht in System angelegt
- Testbeschreibung:
Versenden einer E-Mail über Roundcube mit Nutzer `mail@kitanet.local` an `foobar@kitanet.local`
- Bezug:
Anforderung *(E)SMTP-Kommunikation*
- Priorität:
nachgeordnet
- Details:
Test provoziert SMTP-Fehlermeldung 550
- Soll-Ergebnis:
Sender erhält SMTP-Fehlermeldung 550 oder äquivalente Rückmeldung des Servers (vgl. Postel, 1982, S. 16).

- Ist-Ergebnis:
Roundcube meldet Fehler *SMTP-Fehler 550 - 5.1.1. recipient address rejected. User unkown in virtual table*
- Bestanden:
Ja
- Aus welcher Phase stammt der Fehler:
Kein Fehler
- Kommentar:
Erwartet wurde Fehlermeldung per Mail von SMTP-Server
Roundcube prüft selbstständig Gültigkeit des Empfängers
- Tester:
M. Schäfer
- Datum/Uhrzeit:
24.04.2021 21:25 Uhr

B.2 Testreihe 2 LDAP-Anbindung

B.2.1 Testfall 2.1

- Testgegenstand:
Anlegen eines Benutzers via LDAP und Versenden einer Test-Mail
- Testkonfiguration:
ruhendes System
Mail-Sender `mail@kitanet.local` in System angelegt
Mail-Empfänger `ldap-test3@kitanet.local` nicht in System angelegt
- Testbeschreibung:
Nutzer mit LDAP-Attribute `mail = ldap-test3@kitanet.local` wird im System angelegt
Wartezeit bis Datenaustausch zwischen LDAP und SMTP-Server stattgefunden hat.
(ggf. manuelles Anstoßen des Cronjobs)
Versenden einer E-Mail über Dovecot-Client mit Nutzer `mail@kitanet` an `ldap-test3@kitanet.local`
- Bezug:
Anforderung *LDAP-Anbindung*

- **Priorität:**
hoch
- **Details:**
Neue Benutzer sollen E-Mail-Funktionalität ohne Eingreifen des Administrators nutzen können.
Manuelles Auslösen des Cronjobs erspart Wartezeit.
- **Soll-Ergebnis:**
E-Mail geht in Postfach des Empfängers ein.
- **Ist-Ergebnis:**
E-Mail ging in Postfach des Empfängers ein.
- **Bestanden:**
Ja
- **Aus welcher Phase stammt der Fehler:**
Kein Fehler
- **Kommentar:**
keine Wartezeit, Anstoß Cronjob unnötig. Nutzer sofort erreichbar.
- **Tester:**
M. Schäfer
- **Datum/Uhrzeit:**
24.04.2021 21:30 Uhr

B.2.2 Testfall 2.2

- **Testgegenstand:**
Löschen eines Benutzers via LDAP und Versenden einer Test-Mail
- **Testkonfiguration:**
Testfall 2.1 wurde erfolgreich durchgeführt
System ruht
Keine Änderung der Konfiguration
- **Testbeschreibung:**
Löschung des Nutzers mit LDAP-Attribut: `mail = ldap-test3@kitanet.local`
Wartezeit bis Datenaustausch zwischen LDAP und SMTP-Server stattgefunden hat.
(ggf. manuelles Anstoßen des Cronjobs)

Versenden einer E-Mail über Dovecot-Client mit Nutzer `mail@kitanet.local`
an `ldap-test3@kitanet.local`

- Bezug:
Anforderung *LDAP-Anbindung*
- Priorität:
hoch
- Details:
Löschen alter Nutzer verringert Speicherbedarf auf den Servern
- Soll-Ergebnis:
Sender erhält SMTP-Fehlermeldung 550 oder äquivalente Rückmeldung des Servers
(vgl. Postel, 1982, S. 16).
- Ist-Ergebnis:
SMTP-Fehler, korrespondierend zu Testfall 1.2
- Bestanden:
Ja
- Aus welcher Phase stammt der Fehler:
Kein Fehler
- Kommentar:
Löschung zeigt sofortige Wirkung
- Tester:
M. Schäfer
- Datum/Uhrzeit:
24.04.2021 21:32 Uhr

B.3 Systemausfall und Neustart

B.3.1 Testfall 3.1

- Testgegenstand:
Kontrollierter Neustart des Systems
- Testkonfiguration:
System ruht

- Testbeschreibung:
Verbindung zu Server via SSH Befehl zum Neustart wird erteilt (`sudo reboot`) Nachdem Weboberfläche von *KitaNet* wieder erreichbar ist, wird Testfall 1.1 wiederholt.
- Bezug:
Anforderung *Zuverlässigkeit*
- Priorität:
unbedingt erforderlich
- Details:
Aufwand für Wiederinbetriebnahme des Systems soll so gering wie möglich gehalten werden. SMTP-Software soll selbstständig starten.
- Soll-Ergebnis:
Wiederholung von Testfall 1.1 wird erfolgreich durchgeführt
- Ist-Ergebnis:
Mail geht in Postfach des Empfängers ein.
- Bestanden:
Ja
- Aus welcher Phase stammt der Fehler:
Kein Fehler
- Kommentar:
Server nach 36 Sekunden wieder erreichbar. Webseite erst nach ca. 1:30 Minuten erreichbar.
- Tester:
M. Schäfer
- Datum/Uhrzeit:
24.04.2021 21:40 Uhr

B.3.2 Testfall 3.2

- Testgegenstand:
Neustart des Systems nach unkontrollierter Abschaltung
- Testkonfiguration:
System ruht

- Testbeschreibung:
Trennung des Systems von Stromzufuhr (Stromstecker raus)
Wiederverbindung mit Stromzufuhr
Manueller Neustart des Systems
Nachdem Weboberfläche von *KitaNet* wieder erreichbar ist, wird Testfall 1.1 wiederholt.
- Bezug:
Anforderung *Zuverlässigkeit*
- Priorität:
unbedingt erforderlich
- Details:
System muss nach Stromausfall ohne Eingriff eines Administrators wieder eigenständig funktionieren.
- Soll-Ergebnis:
Wiederholung von Testfall 1.1 wird erfolgreich durchgeführt
- Ist-Ergebnis:
Mail geht in Postfach des Empfängers ein.
- Bestanden:
Ja
- Aus welcher Phase stammt der Fehler:
Kein Fehler
- Kommentar:
Server nach 35 Sekunden wieder erreichbar. Webserver nach 92 Sekunden wieder erreichbar.
- Tester:
M. Schäfer
- Datum/Uhrzeit:
24.04.2021 21:45 Uhr

Anhang C

Dateien und Datenbankeinträge aus Kitanet

Listing C.1: Ergebnis der LDAP-Abfrage für den Nutzer 'administrator'

```
1 Enter LDAP Password:
2 dn: uniqueIdentifier=administrator,ou=people,dc=kitanet
3 mailAlias: admin@kitanet.local
4 mailAlias: kitanet@kitanet.local
5 mailAlias: postmaster@kitanet.local
6 cn: admin
7 objectClass: organizationalPerson
8 objectClass: person
9 objectClass: top
10 objectClass: PostfixBookMailAccount
11 objectClass: extensibleObject
12 mailUidNumber: 5000
13 givenName: admin
14 mailEnabled: TRUE
15 mailGidNumber: 5000
16 sn: kitanet
17 mailQuota: 10240
18 uniqueIdentifier: administrator
19 userPassword:: e0NSWVBuFSQ2JGZQbGNTaHVajEpXRnpRcklyT0FNZ2pWN3ZkT1hhekhiZ3JhQ3B
20 MVUlsUFo00HFCQVpZQ3FDL2MyY0liVkJISmpFT0p1VVJuRU1jeHpnS2Q0WFplR0hNNE84ZFdwREIv
21 mail: administrator@kitanet.local
22 mailHomeDirectory: /srv/vmail/administrator@kitanet.local
23 mailStorageDirectory: maildir:/srv/vmail/administrator@kitanet.local/Maildir
```

Listing C.2: /etc/postfix/main.cf

```
1  ### Base Settings
2  # Listen on all interfaces
3  inet_interfaces = all
4  # Use TCP IPv4 and IPv6
5  inet_protocols = all
6  # Greet connecting clients with this banner
7  smtpd_banner = $myhostname ESMTTP $mail_name (Ubuntu)
8  # Fully-qualified hostname
9  myhostname = mail.kitanet.local
10 # Trusted networks/hosts (these are allowed to relay without authentication)
11 mynetworks =
12     # Local
13     localhost
14     127.0.0.0/8
15     # External
16     192.168.4.0/24
17
18
19 ### Local Transport
20 # Disable local transport (so that system accounts can not receive mail)
21 local_transport = error:NO LOCAL
22 # Do not use local maps for alias
23 alias_maps =
24 # Local domain (could be omitted, since it is automatically derived from
    $myhostname)
25 mydomain = example.com
26 # Mails for these domains will be transported locally
27 mydestination =
28     $myhostname
29     localhost.$mydomain
30     localhost
31 # Virtual Reciepients
32 # Deliver mail for virtual recipients via Dovecot
33 virtual_transport = dovecot
34 # Process one mail at one time
35 dovecot_destination_recipient_limit = 1
36 # accepted virtual domains
37 virtual_mailbox_domains = hash:/etc/postfix/virtual_domains
38 # accepted virtual recipients
39 virtual_mailbox_maps = proxy:ldap:/etc/postfix/ldap_virtual_recipients.cf
```

```
40  # accepted aliases
41  virtual_alias_maps = proxy:ldap:/etc/postfix/ldap_virtual_aliases.cf
42
43
44  ### ESMTP
45  # SASL
46  # Enable SASL (required for SMTP authentication)
47  smtpd_sasl_auth_enable = yes
48
49  ### Session Policies
50  # Who could receive mails
51  smtpd_recipient_restrictions =
52      reject_non_fqdn_recipient
53      reject_unknown_recipient_domain
54  # Allow relaying for SASL authenticated clients and trusted hosts/networks
55  # This can be put to smtpd_relay_restrictions in Postfix 2.10 and later
56      permit_sasl_authenticated
57      permit_mynetworks
58  # If not authenticated or on mynetworks, reject mailing to external addresses
59      reject_unauth_destination
60  # Reject the following hosts
61  # maybe never used
62      check_sender_ns_access cidr:/etc/postfix/drop.cidr
63      check_sender_mx_access cidr:/etc/postfix/drop.cidr
64  # Finally permit (relaying still requires SASL auth)
65  # WARNING: Due to this permit, everyone will be able to send emails to internal
        addresses without authentication. If this is set to reject though, the
        server does not receive emails from external addresses. Unfortunately I do
        not have a solution for this.
66      permit
67  # Reject the request if the sender is the null address and there are multiple
        recipients
68  smtpd_data_restrictions = reject_multi_recipient_bounce
69  # who could send mails
70  smtpd_sender_restrictions =
71      reject_non_fqdn_sender
72      reject_unknown_sender_domain
73  # HELO/EHLO Restrictions
74  smtpd_helo_restrictions =
75      # mynetworks can communicate with SMTP
76      permit_mynetworks
```

```
77     # look for identitycheck to prevent Hostname abuse
78     # maybe never used, but you never know
79     check_helo_access pcre:/etc/postfix/identitycheck.pcre
80     #reject_non_fqdn_helo_hostname
81     reject_invalid_hostname
82 # Deny VRFY recipient checks
83 disable_vrfy_command = yes
84 # Require HELO
85 smtpd_helo_required = yes
86 # Reject instantly if a restriction applies (do not wait until RCPT TO)
87 smtpd_delay_reject = no
88 # Reject the following Clients (Blacklist)
89 smtpd_client_restrictions = check_client_access cidr:/etc/postfix/drop.cidr
```

Listing C.3: /etc/postfix/ldap_virtual_recipients.cf

```
1  bind = yes
2  # LDAP-User
3  bind_dn = uid=postfix,ou=services,dc=kitanet
4  # LDAP-User-PW
5  bind_pw = postfix
6  # LDAP-Server
7  server_host = ldap://127.0.0.1:389
8  # part of tree, where to search for users
9  search_base = ou=people,dc=kitanet
10 # fqdn for users
11 domain = kitanet.local
12 # LDAP-Query to find the users
13 # %s is the variable representing the "RCPT TO:" adress
14 query_filter = (&(mail=%s)(mailEnabled=TRUE))
15 # which attribute should be returned
16 result_attribute = mail
```

Listing C.4: /etc/postfix/ldap_virtual_aliases.cf

```
1  bind = yes
2  # LDAP-User
3  bind_dn = uid=postfix,ou=services,dc=kitanet
4  # LDAP-User-PW
5  bind_pw = postfix
6  # LDAP-Server
7  server_host = ldap://127.0.0.1:389
8  # part of tree, where to search for users
9  search_base = ou=people,dc=kitanet
```

```
10 # fqdn for users
11 domain = kitanet.local
12 # LDAP-Query to find the users
13 # %s is the variable representing the "RCPT TO:" adress
14 query_filter = (&(mailAlias=%s)(mailEnabled=TRUE))
15 # which attribute should be returned
16 result_attribute = mail
```

Listing C.5: /etc/postfix/sasl/smtpd.conf

```
1 log_level: 3
2 pwcheck_method: saslauthd
3 mech_list: PLAIN LOGIN
```

Erklärung der Selbstständigkeit

Ich versichere, dass ich die vorliegende schriftliche Prüfungsleistung selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe und die Stellen, die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, im Text jeweils mit Quellenbelegen kenntlich gemacht habe. Die Arbeit ist noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt worden.

Ockenheim, 04.05.2021

Ort, Datum

Unterschrift