

Vergleich von Software-basierten VoIP-Systemen für kleine Unternehmen

Bachelorarbeit

zur Erlangung des Grades Bachelor of Science
des Fachbereichs Informatik und Medien der
Technischen Hochschule Brandenburg

vorgelegt von:

Kendrick Kurt Günter Bollens

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Preuß
Zweitgutachter: Dipl. -Ing. Holger Matho

Brandenburg an der Havel, 11. Oktober 2021

Kurzfassung

Die fortschreitende technologische Weiterentwicklung verändert auch den Telekommunikationsmarkt. Während in der Vergangenheit proprietäre Telefonanlagen in den Unternehmen zum Einsatz kamen, setzt man heute verstärkt auf die Einführung der Voice over IP-Technologie, um die aktuellen Anforderungen an eine moderne Telekommunikationsumgebung abbilden zu können. Die heutigen Telekommunikationslösungen stellen eine weitere Anwendungssoftware im Unternehmen dar, die auf Standard-Hardware-Umgebungen betrieben werden können und offene Schnittstellen für die Anbindung von unterschiedlichen Unternehmenslösungen wie dem Kundenmanagement- oder dem Warenwirtschaftssystem bietet.

In dieser Bachelorarbeit liegt der Fokus auf dem Vergleich von Software-basierten Telefonsystemen für kleine Unternehmen. Ziel ist es, für ein kleines Unternehmen die Entscheidungsgrundlage für die Wahl einer Kommunikationslösung zu geben. Dazu werden zuerst alle grundlegenden System-Bestandteile für ein modernes Telefonesystems dargestellt und erläutert. In einem weiteren Schritt werden die konkreten Anforderungen an das Telefonesystem beschrieben und eine Auswahl der in Frage kommenden Lösungsanbieter (Kandidaten) getroffen. Dabei spielten bei den Anforderungen die Faktoren Preis, Bedienbarkeit und zusätzliche Funktionen die entscheidende Rolle. Auf Grundlage dieser Festlegungen werden die unterschiedlichen Softwarelösungen in tabellarischer Form gegenübergestellt und schlussendlich anhand der aufgestellten Anforderungen bewertet.

Schlüsselwörter

Vergleich, Software-basierte Telefonanlage, kleine Unternehmen

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	ii
1 Einleitung	5
1.1 Motivation.....	5
1.2 Aufgabenstellung	5
2 Grundlagen	6
2.1 Voice over IP	6
2.2 Software-Basierte Voice over IP-Systeme.....	6
2.3 Session Initiation Protocol	7
2.3.1 SIP Server	7
2.3.2 SIP-Messages	10
2.3.3 Protokolle in Verbindung mit SIP	14
2.3.4 SIP-Telefone	15
2.3.5 SIP-Trunk	15
2.4 H.323.....	15
3 Anforderungen und Kriterien	17
3.1 Grundlegende Anforderungen	17
3.2 Vergleichskriterien.....	17
4 Kandidaten	19
4.1 Acefone.....	19
4.1.1 Plattformabhängigkeit	19
4.1.2 Preis.....	19
4.1.3 Features	19
4.1.4 Endgeräte	20
4.2 Freshdesk Contact Center (formerly Freshcaller)	20
4.2.1 Plattformabhängigkeit	20
4.2.2 Preis.....	20
4.2.3 Features	21
4.2.4 Endgeräte	21
4.3 Ooma Office	21
4.3.1 Plattformabhängigkeit	21

4.3.2	Preis.....	21
4.3.3	Features	22
4.3.4	Endgeräte	22
4.4	3CX.....	22
4.4.1	Plattformabhängigkeit	22
4.4.2	Preis.....	23
4.4.3	Features	24
4.4.4	Endgeräte	25
4.5	RingCentral MVP	25
4.5.1	Plattformabhängigkeit	25
4.5.2	Preis.....	25
4.5.3	Features	26
4.5.4	Endgeräte	26
5	Vergleich	27
5.1	Bedingungen	27
5.1.1	Beispielunternehmen A.....	27
5.1.2	Beispielunternehmen B.....	27
5.2	Funktionalitäten.....	27
5.3	Kosten.....	28
5.4	Fazit.....	32
6	Umsetzung.....	33
6.1	AGILIScom AG	33
6.2	Software-Auswahl des Unternehmens.....	33
6.3	Technische Umsetzung.....	34
	Literaturverzeichnis.....	36
	Abbildungsverzeichnis.....	39
	Tabellenverzeichnis	40
	Abkürzungsverzeichnis.....	41

1 Einleitung

1.1 Motivation

In einer Umfrage aus dem Jahre 2019 zur Beliebtheit verschiedener Kommunikationsmethoden in kleinen Unternehmen stellte sich heraus, dass mehr als 60 % der Befragten die Kommunikation über das Telefon zu ihren Präferenzen zählen. Im Gegensatz dazu gaben rund 46 % aller Befragten an, eine E-Mail-Kommunikation zu präferieren. (Pegasystems, Inc, 2019)

Da ein Unternehmen nicht alle Anrufe an einem Telefon annehmen kann, benötigt es eine Telefonanlage. Mit dieser Telefonanlage kann das Unternehmen den Telefoneservice mehreren Nutzern gleichzeitig zur Verfügung stellen.

Mit der Technologie Voice over IP wird es immer leichter für Unternehmen eine Telefonanlage im Unternehmen zur Lösung der Kommunikationsaufgaben zu integrieren. Dieses Telefonesystem muss sich dabei nicht zwangsläufig am Unternehmensstandort befinden.

Auf Grundlage dieser modernen Technologie kann selbst ein kleines Unternehmen mit rund 20 Mitarbeitern über eine Telefonanlage mit umfangreichen Features verfügen.

1.2 Aufgabenstellung

In dieser Arbeit soll ein Vergleich von verschiedenen Software-basierten VoIP-Systemen erstellt werden. Um dies zu erreichen, wurden die führenden Software-Lösungen, die zu diesem Zeitpunkt auf dem Markt sind, bewertet. Daraufhin wird anhand von vordefinierten Kriterien bestimmt, welche Software sich für ein Kleinunternehmen am besten eignet. Die Kriterien für die Bewertung sind der Preis der Software, meist in Form von Lizenzkosten, die Features, die zur Verfügung gestellt werden, die Plattform, auf der die Software betrieben wird und die Endgeräte, die mit der Telefonanlage interagieren können.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel wird sich mit den Grundlagen zum Thema Software-basierte VoIP-Systeme und deren Bestandteilen befasst.

2.1 Voice over IP

Voice over IP (VoIP) beschreibt den Prozess der Sprachkommunikation über ein IP-Netzwerk. Um nun in einem IP-Netzwerk einen VoIP-Anruf zu initiieren, werden bestimmte Protokolle benötigt. Zu diesen gehört zum einen das Protokoll zur Übertragung von Audio und Video, welches Transportprotokoll genannt wird und zum anderen das Protokoll, das den Anruf startet, das als Signalisierungsprotokoll bezeichnet wird. Die Signalisierungsprotokolle stehen im Mittelpunkt jedes VoIP-Anrufes, da sie verschiedene Aufgaben bewältigen müssen. Dazu gehören, einen Teilnehmer im IP-Netzwerk zu lokalisieren, eine Session zu akzeptieren, weiterzuleiten oder abzulehnen sowie Informationen zur Datenübertragung auszuhandeln, weitere Teilnehmer hinzuzufügen oder die Session zu verlassen.

Um die VoIP-Kommunikation zu realisieren, wurden Normen entwickelt, wie der neuere Standard Session Initiation Protocol (SIP), der Internet Engineering Task Force (IETF) und der ältere Standard H.323, der von der International Telecommunication Union (ITU) entwickelt wurde. Mithilfe dieser Standards soll die Kommunikation über IP-Netzwerke normalisiert werden. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007)

2.2 Software-Basierte Voice over IP-Systeme

Ein Software-basiertes Voice over IP-System, oder im Englischen auch IP-Private Branch Exchange (IP-PBX), nutzt die Standards SIP oder ITU, um ein zentrales Telefonie-System einzurichten. Dieses System kann dann Telefonnummern oder anders formulierte Adressen in IP-Adressen umwandeln, damit Nutzer sich nicht IP-Adressen merken müssen und eine einfache Adressierung ermöglichen. Des Weiteren können auch zusätzliche Features implementiert werden, wie Gateways,

die eine Kommunikation zu anderen Telekommunikationsstandards wie z. B. ISDN oder PSTN zu bieten. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007)

2.3 Session Initiation Protocol

Das Session Initiation Protocol (SIP) ist, wie der Name beschreibt, ein Protokoll, das eine Kommunikationssession initiiert. Dabei kann es sich um einen einfachen Telefonanruf zwischen zwei Personen oder auch um eine Videokonferenz mit beispielsweise acht Teilnehmern handeln. SIP wurde von der IETF im RFC 3261 beschrieben und ähnelt vom Aufbau dem Hypertext Transfer Protocol (HTTP).

Hiermit sollte ein Standard erstellt werden, welcher die Kontrolle über eine Kommunikationssession übernimmt. Mit dieser Kontrolle wird das Aufbauen, das Abbauen und das Verändern einer Session zusammengefasst.

Da SIP nur zur Kontrolle einer Session beschrieben wurde, werden in Verbindung mit SIP andere Protokolle zur Hilfe gezogen.

Zum Austausch von möglichen Codecs wird beispielsweise das Session Description Protocol (SDP) verwendet, über welches ausgehandelt wird, in welcher Form der Media-Stream übertragen wird. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007)

2.3.1 SIP Server

Laut SIP-Standard gibt es drei Unterteilungen von Funktionalitäten eines SIP-Servers, den SIP-Registrar-Server, den SIP-Redirect-Server und den SIP-Proxy-Server. Zu beachten ist hierbei, dass es nicht darauf ankommt, welche der drei Funktionalitäten auf einen physischen Server implementiert werden. Alle Funktionalitäten können auch auf drei verschiedenen physischen Servern agieren. SIP selbst benötigt bei Verwendung von einer IP-Adresse im eigenen Netzwerk nicht zwangsläufig einen SIP-Server. Jedoch kann mithilfe eines SIP-Servers die Erreichbarkeit der SIP-Adressen vereinfacht werden. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007)

2.3.1.1 SIP-Registrar-Server

Der SIP-Registrar-Server dient zur Vereinfachung der Lokalisierung der Geräte im Kommunikationsnetzwerk. Hierfür werden vom SIP-Registrar-Server die Adressen

der SIP-Clients in einer Datenbank festgehalten. Um in der Datenbank des Registrar-Servers erfasst zu werden, muss ein SIP-Client per SIP-Message eine Register-Request an den SIP-Server senden (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007). Die Beispielabbildung (Abbildung 1: Beispiel für die Verwendung eines Registrar Servers) zeigt, wie die Anmeldung im Registrar Server erfolgt. Hierbei wird ein REGISTER-Request mit der gewünschten SIP-Adresse gesendet. Diese SIP-Adresse wird dann an den Registrar-Server gesendet, welche dann in eine Datenbank eingetragen wird. Ist dieser Prozess erfolgreich, wird eine OK-Response an den Nutzer zurückgesendet.

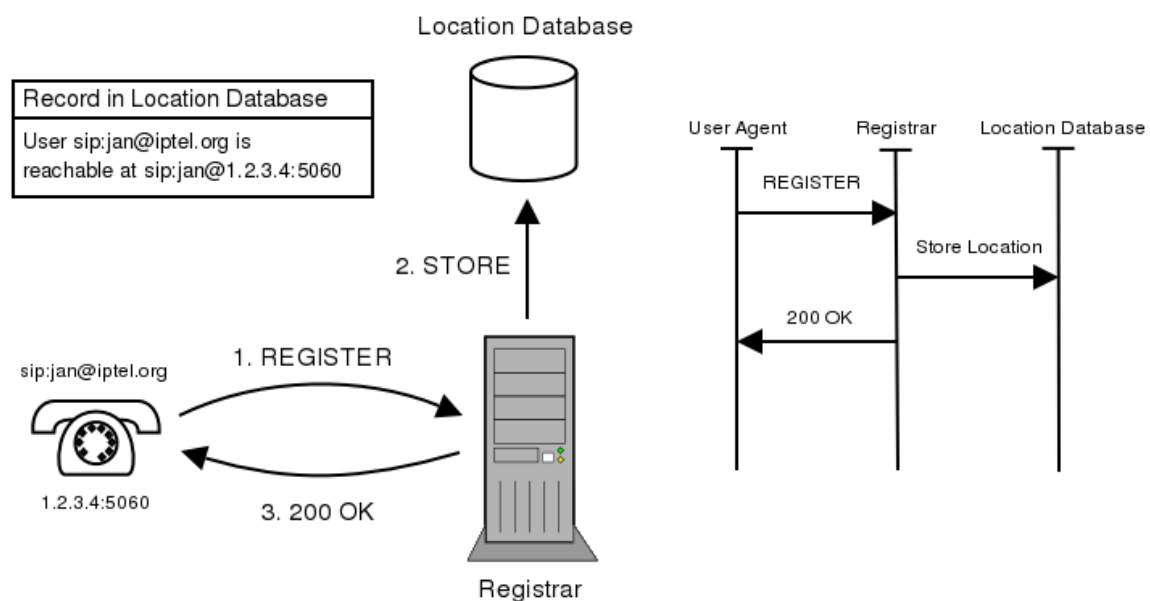


Abbildung 1: Beispiel für die Verwendung eines Registrar Servers (Janak, 2003)

2.3.1.2 SIP-Redirect-Server

Der SIP-Redirect-Server hat die Funktion, eine Redirect Response Message an den Client zu senden, in welcher dann die alternative SIP-Adresse oder auch die direkte IP-Adresse zu finden ist. Wichtig dabei ist, dass der SIP-Redirect-Server nicht selbst agiert, sondern nur auf Anfragen reagiert. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007) In der Beispielabbildung (Abbildung 2: Beispiel für die Verwendung eines Redirect Servers) ist zu sehen, wie nach einer INVITE Anfrage der Nutzer vom Redirect Server auf die richtige Adresse weitergeleitet wird.

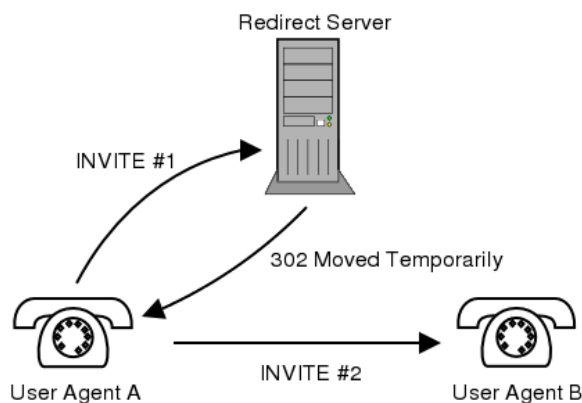


Abbildung 2: Beispiel für die Verwendung eines Redirect Servers (Janak, 2003)

2.3.1.3 SIP-Proxy-Server

Die dritte SIP-Serverfunktionalität ist der SIP-Proxy-Server. Er übernimmt das Routing von SIP-Messages in einem Netzwerk. Dabei kann das Routing durch mehrere SIP-Proxy-Server durchlaufen. Er leitet hierbei die SIP-Requests durch das Netzwerk. Die SIP-Responses durchlaufen dann in umgekehrter Reihenfolge die SIP-Proxy-Server zum UAC. Der SIP-Proxy-Server umfasst zusätzlich die Funktionen Request-Validierung, Benutzer-Authentifizierung, Fork-Prozesse, Adressauflösung, Abbruch offener Session-Aufbauten und Loop-Behandlung.

Eine Eigenschaft eines SIP-Servers ist, dass er transparent ist. Dies bedeutet, dass er eine SIP-Message nur nach speziellen Vorgaben verändern darf. Dazu gehört beispielsweise, dass er den Body nicht verändern darf. Des Weiteren dürfen SIP-Proxy-Server nur mit geringeren Ausnahmen eine INVITE-Request generieren. Zusätzlich dürfen SIP-Proxy-Server keine BYE-Request selbstständig generieren, um eine Session zu beenden. Eine weitere Funktionalität des SIP-Proxy-Servers ist, dass er in verschiedenen sogenannten Arbeitsmodi konfiguriert werden kann, den Stateful-Modus und den Stateless-Modus. Durch diese Unterscheidung verändert man die Skalierbarkeit des SIP-Proxy-Servers, da im Stateful-Modus mehr Ressourcen benötigt werden, im Gegensatz zum Stateless-Modus. Dies kommt zustande, da der Stateful-Modus Anfragen registriert, was zu höherem Speicherbedarf, höherer Komplexität und weniger Durchsatz führt. Als Vorteil jedoch bietet der Stateful-Modus, dass durch die gesammelten Informationen die Nachrichten besser verarbeitet werden können. Er kann hierbei z. B. erkennen, wenn eine Nachricht erneut an ihn gesendet wurde und bestimmen, ob diese Nachricht tatsächlich auch erneut weitergeleitet werden muss oder ob dies nicht nötig ist. Die Weiterleitung von Nachrichten übernimmt der SIP-Proxy-Server, in dem er determiniert, an welche Zielsysteme die Nachricht weitergeleitet werden muss und welche Zieladresse sich durch die DNS-Auflösung ergibt.

So würde dann, wenn ein Nutzer, der an mehreren Geräten angemeldet ist, die SIP-Message an alle Geräte des Nutzers, entweder sequenziell oder parallel gesendet werden. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007) In der folgenden Abbildung (Abbildung 3: Beispiel für die Verwendung eines Proxy Servers) kann man sehen, wie mittels Proxy Server ein Anruf zwischen zwei verschiedenen Unternehmen realisiert wird. Dabei löst der Proxy Server von Unternehmen A die Domain von Unternehmen B auf und kann dann den Anruf über den Proxy Server von Unternehmen B aufbauen.

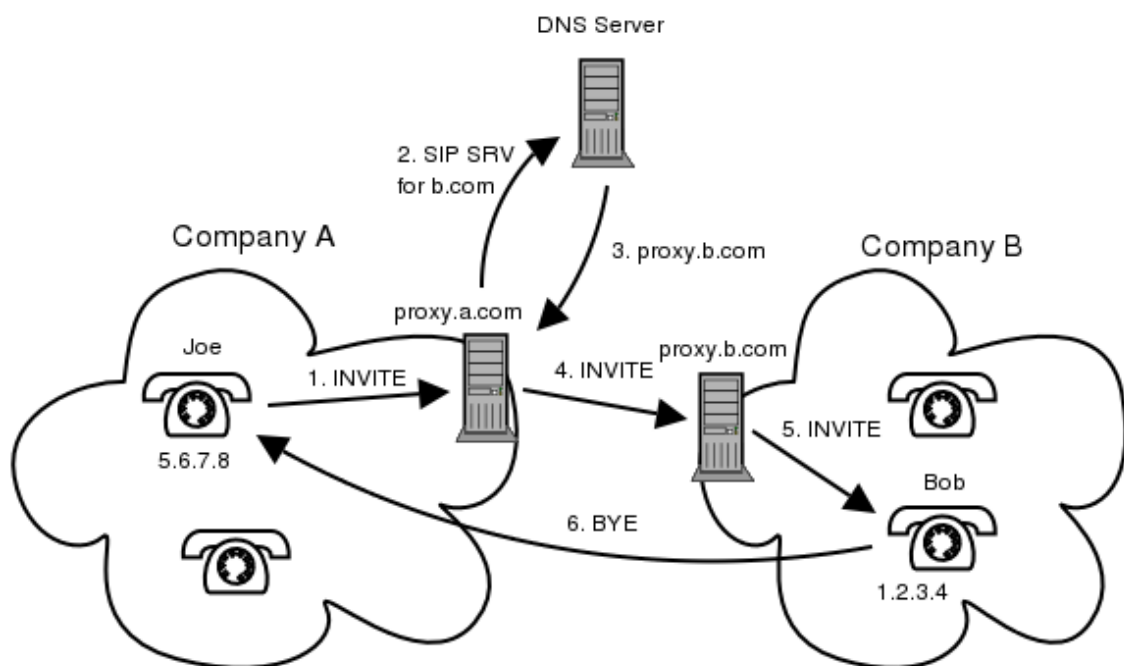


Abbildung 3: Beispiel für die Verwendung eines Proxy Servers (Janak, 2003)

2.3.2 SIP-Messages

SIP verwendet zur Signalisierung ein Request-Response-Modell, wobei eine Session initialisiert wird, indem ein Anrufer oder auch User-Agent-Client (UAC) genannt, eine INVITE-REQUEST an die SIP-Adresse des Angerufenen oder auch User-Agent-Server (UAS) genannt, sendet. Falls der UAC die IP-Adresse des UAS kennt, kann er auch den Request direkt an den UAS schicken. Je nach Konfigurierung des UAC kann dies auch verhindert werden. Zur Auflösung der Adresse können auch z. B. DNS-Server oder eine lokale Datenbank zur Hilfe gezogen werden. Wie bereits in den Beschreibungen zu den unterschiedlichen Servern erwähnt wurde, können auch mehrere SIP-Proxy- und SIP-Redirect-Server zur Hilfe gezogen werden. Ist die Adresse des UAS dann aufgelöst worden, wird die Request an ihn weitergeleitet. Wenn die Request am UAS ankommt, klingelt, z. B. das Telefon, das Softphone am

Computer oder auch das Smartphone. Falls der UAS den Anruf annimmt, wird versucht, den Anruf zu initiieren, indem der UAS seine Leistungsmerkmale zurücksendet. Wenn der UAS den Anruf jedoch ablehnt, kann nach Konfigurierung der Anruf weitergeleitet werden. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007)

2.3.2.1 Actioncodes

In der folgenden Tabelle (Tabelle 1: Actioncodes) werden die verschiedenen Actioncodes von SIP erklärt. Hierbei wird deutlich, dass in SIP schon eine Übertragung von Textnachrichten integriert ist und nicht andere Standards für simple Kommunikation benötigt werden. Des Weiteren kann man hier zusätzlich die Codes sehen, welche zur Anmeldung an einem SIP-Registrar-Server verwendet werden. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007)

Tabelle 1: Actioncodes (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007, p. 58)

INVITE	Benutzer oder Dienst wird „eingeladen“, an einer Session teilzunehmen
ACK	Client hat eine finale Antwort auf ein INVITE-Request erhalten
OPTIONS	Anfrage an den Server hinsichtlich seiner Funktionalität (Capabilities)
BYE	Anzeige des User-Agent-Clients an den Server, den Ruf, dem Stream oder die Session zu beenden
CANCEL	Abbruch eines offenen Requests
REGISTER	Der Client registriert seine Adresse an einem SIP Server
SUBSCRIBE	Der anrufende TN fordert (andauernde) Update über die Anwesenheit des angerufenen TN
NOTIFY	Übermittlung von Status-Updates eines Clients bzw. Telefon an TN, die eine Subscription auf ihn selbst haben
Message	Wird genutzt um eine Instant Message zu senden

2.3.2.2 Response-Codes

Ergänzend zu den Actioncodes gibt es noch die Response-Codes, welche ähnlich zu den Statuscodes von HTTP aufgebaut sind.

- 1xx Provisional
 - Werden zum Informationsaustausch verwendet
 - Z. B. 100 Trying oder 180 Ringing
- 2xx Successful
 - Werden bei erfolgreicher Übertragung verwendet
 - Z. B. 200 OK
- 3xx Redirection
 - Werden zur Weiterleitung verwendet
 - Z. B. 301 Moved Permanently oder Moved Temporarily
- 4xx Request Failure
 - Werden zur Signalisierung eines Problems mit dem Request verwendet
 - Z. B. 400 Bad Request oder 403 Forbidden
- 5xx Server Failure
 - Werden zur Signalisierung eines Problems mit dem Server verwendet
 - Z. B. 502 Bad Gateway oder 504 Server Time-out
- 6xx Global Failures
 - Werden verwendet, falls der Server endgültige Informationen über den Angerufenen besitzt
 - Z. B. 600 Busy Everywhere oder 604 Does Not Exist Anywhere

(Rosenberg, et al., 2002)

2.3.2.3 SIP-Message Beispiel

In den folgenden zwei Tabellen (Tabelle 2: Aufbau eines INVITE-Requests und Tabelle 3: Aufbau einer INVITE-Response) wird der typische Aufbau einer INVITE-Response-Sequenz aufgezeigt. Darin kann man sehen, wie Alice A. mithilfe von SIP eine Sitzung mit Bob B herstellt.

Tabelle 2: Aufbau eines INVITE-Requests (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007, p. 61)

Request-Message	Beschreibung
INVITE sip: bob@acme.com SIP/2.0	Request Zeile: Method-Typ, Request URI (SIP Adresse des gerufenen Teilnehmers), SIP Version
Via SIP/2.0/UDP alice_ws.ubn.de	Adresse des letzten Hops
From Alice A. <sip:alice@ubn.de>	Benutzer, der den Request gestellt hat

To: Bob B. <sip:bob@acme.com>	Angesprochener Benutzer, wie ursprünglich spezifiziert
Call-ID: 238899012@alice_ws.ubn.de	Global eindeutige ID dieses Anrufs
Cseq: 1 INVITE	Kommando Sequenz, identifiziert die Transaktion
Subject: Lunch today	Anruf-Thema und/oder Art
Content-Type: Application/SDP	Body-Typ – in diesem Fall SDP
Content-Length:182	Anzahl Bytes im Body
	Eine Leerzeile markiert das Ende des SIP-Headers und den Beginn
v=0	SDP Version
o= Alice 53655765 2353687637 IN IP4 128.3.4.5	Owner/Creator und Session-Identifizier, Session-Version, Adress-Typ und Adresse
s=Call from Alice	Session-Thema
c= IN IP4 alice_ws.ubn.de	Verbindungsinformation
m=audio 3456 RTP/AVP 0 3 4 5	Media-Beschreibung: Typ, Port, mögliche Formate, die der Anrufer empfangen und senden kann

Tabelle 3: Aufbau einer INVITE-Response (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007, p. 62)

Response-Message	Beschreibung
SIP/2.0 200 OK	Statuszeile: SIP-Version, Response-Code, Ursachenbeschreibung
Via SIP/2.0/UDP alice_ws.ubm.de	kopiert aus dem Request
From: Alice A. <sip:alice@ubn.de>	kopiert aus dem Request
To: Bob B. <sip:bob@acme.com>; tag=17462311	kopiert aus dem Request, enthält eindeutigen Tag, um den Anruf zu identifizieren
Call-ID: 2388990012@alice_ws.ubn.de	kopiert aus dem Request
Cseq: 1 Invite	kopiert aus dem Request
Content-Length: 200	
	Leerzeile, markiert das Ende des SIP-Headers und den Beginn des Bodys
v=0	SDP-Version

O= Bob 4858949 4858949 IN IP4 192.1.2.3	Owner/Creator und Session-Identifizier, Session-Version, Adress-Typ und Adresse
s=Lunch	Session-Thema
c=IN IP4 machiune1.acme.com	Verbindungsinformation
m=audio 5004 RTP/AVP 0 3	Beschreibung des Media-Streams, die der Empfänger akzeptieren kann

2.3.2.4 SIP-Server Verbindungsbeispiel

Im folgenden Beispiel in Form einer Abbildung (Abbildung 4: Anruffluss durch SIP Redirect Server und Proxy) kann man den Aufbau einer Session sehen und die verwendeten Action- und Response-Codes.

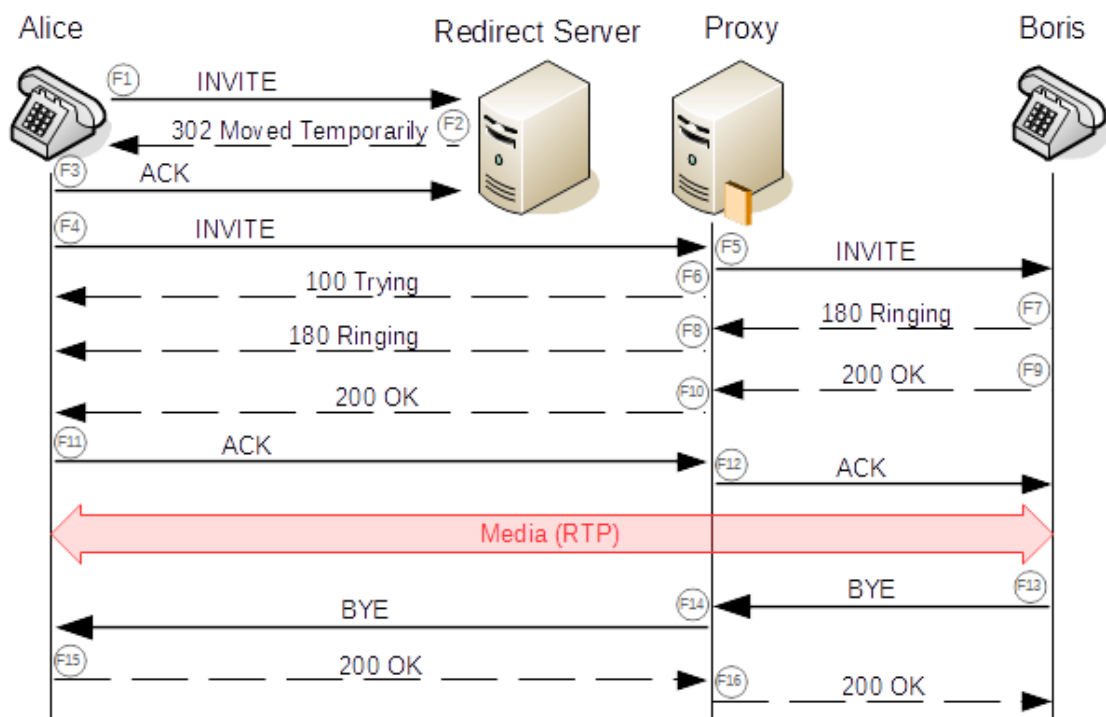


Abbildung 4: Anruffluss durch SIP Redirect Server und Proxy (Alexandr, 2015)

2.3.3 Protokolle in Verbindung mit SIP

Da SIP nur zur Signalisierung von Anrufen, also den Verbindungsaufbau, dient und nicht zur eigentlichen Datenübertragung, werden dafür das Real-Time Transport Protocol (RTP) und das verbundene Real-Time Control Protocol (RTCP) hinzugezogen. Das RTP sendet hierbei die Daten und RTCP, die für die Qualitätssicherung der Übertragung verantwortlich sind. (RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, 1996) Da keines der Protokolle bis jetzt verschlüsselt ist, wäre es nicht ratsam diese im öffentlichen IP-Netzwerk frei zugänglich zu machen. Deswegen sollten sie nur im internen IP-Netzwerk

verwendet werden. Um diese Daten zu verschlüsseln, wird für SIP das Protokoll Transport Layer Security (TLS) zur Hilfe gezogen und anstatt von RTP wird das Secure Real-time Transport Protocol (SRTP) verwendet, welches das RTP um Verschlüsselung erweitert. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007)

2.3.4 SIP-Telefone

SIP-Telefone sind VoIP-Endgeräte, die für die Kommunikation den SIP-Standard nutzen und somit eigene UAC oder UAS sind. Diese Endgeräte können einfach in das IP-Netzwerk integriert werden, um dann Anrufe zu tätigen. Zu unterscheiden ist bei SIP-Telefonen zwischen Hard- und Softphones. Der Unterschied zwischen den beiden Varianten ist, dass ein Hardphone meist kaum von einem traditionellen analogen/ISDN Telefon zu unterscheiden ist und eine eigene Plattform nur für SIP darstellt. Hingegen ist das Softphone eine Softwarelösung, die beispielsweise auf einem Smartphone oder einem PC ausgeführt wird. (Plett, 2021)

2.3.5 SIP-Trunk

Mit einem SIP-Trunk wird der Übergang in das öffentliche Telefonnetz auf Basis des SIP-Protokolls realisiert. In dem Fall wird kein Gateway für traditionelle ISDN-Amtsanschlüsse benötigt. SIP-Trunks sind mit einem Anlagenanschluss einer klassischen ISDN-Telefonanlage zu vergleichen.

Ein SIP-Trunk kann über den Internetanschluss eines Unternehmens realisiert werden und wird von verschiedenen Providern in unterschiedlichen Konfigurationen (Anzahl von Sprachkanälen, redundante Ausführungen usw.) angeboten. (Luber, Was ist ein SIP Trunk?, 2018)

2.4 H.323

H.323 ist ein älterer Kommunikationsstandard, welcher von der ITU für unzuverlässige Netzwerke konzipiert wurde. Innerhalb des H.323 Standards sind verschiedene Komponenten definiert, darunter die User Terminals, Gatekeeper (GK), Multipoint Control Units (MCU) und Gateways. User Terminal beschreiben hierbei die Nutzerendgeräte wie z. B. Smartphones, PCs oder IP-Telefone. GK sind die Kontrollinstanzen, über welche sich alle User Terminals anmelden müssen und anderen Verwaltungsdiensten wie Adressauflösung ausgeführt werden. MCUs werden verwendet, um Anrufe zu steuern, wie z. B. Anrufer hinzufügen oder

Redeberechtigung verteilen. Gateways dienen dazu, mit Geräten auf Basis anderer Standards zu kommunizieren, z. B. ISDN oder analogen Telefone. Bei H.323 werden außerdem viele Details, wie z. B. Codec oder Media spezifiziert. Es hat einige Nachteile gegenüber SIP, da es für LAN und Videokonferenzen anstatt wie SIP welches für eine große Skalierung im WAN designt wurde. (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007) In der unteren Abbildung (Abbildung 5: H.323 Protokoll Stack (Karim, 2000)) ist der Aufbau eines H.323 Protokoll Stack zu sehen.

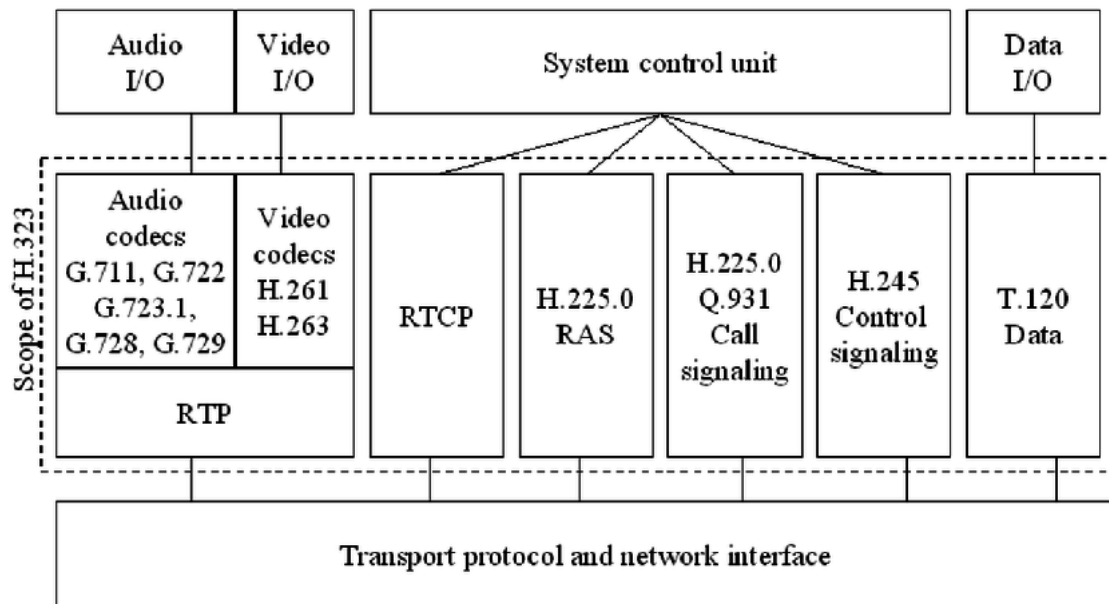


Abbildung 5: H.323 Protokoll Stack (Karim, 2000)

3 Anforderungen und Kriterien

3.1 Grundlegende Anforderungen

Neben der grundlegenden Anforderung an eine Telefonanlage bzgl. der schnellen und einfachen Kommunikation innerhalb des Unternehmens und darüber hinaus zu Geschäftspartner und Kunden muss eine Telefonanlage folgende zusätzlichen Anforderungen bieten:

- **Skalierbarkeit:** Die Erweiterungsmöglichkeit der Systemumgebung bei Änderung der Teilnehmeranzahl
- **Flexibilität:** Unterstützung unterschiedlicher Telefonendgeräte
- **Mobilität:** Bereitstellung des Telefonie-Services unabhängig vom Ort
- **Schnittstellen:** Anbindungsmöglichkeiten u. a. für UC-Lösungen

Eine weitere wichtige Anforderung ist es, eine möglichst ausfallsichere Telefonanlage sicher zu stellen, um eine hohe Erreichbarkeit zu garantieren. Dies kann bei On-Premises-Software durch z. B. über ein Failover verhindert werden. Bei einem Failover werden die Aufgaben einer ausgefallenen Instanz von einer zuvor passiven Instanz übernommen. (Luber, Was ist ein Failover?, 2019)

3.2 Vergleichskriterien

Die verschiedenen Softwarelösungen können anhand unterschiedlicher Kriterien betrachtet werden. In dieser Arbeit wird die Software verglichen auf Basis der folgenden Kriterien:

- **Plattform**
Dazu müssen verschiedene Kriterien geklärt werden. Auf welcher Plattform kann die Software betrieben werden? Was für eine Hardware wird benötigt? Welche Betriebssysteme werden unterstützt? Kann es virtualisiert werden? Ist es eine reine Cloud-Lösung, die der Anbieter der Software hostet?
- **Preis**
Welche Kosten entstehen bei der Bereitstellung der Systemumgebung?

- **Features**

Unterteilung der Features wie folgt:

- **Telefonie Features**

Was in Bezug auf Telefonie wird von der Software aus geboten, z. B. Konferenzschaltungen, Voicemail-Funktionalität oder Computer-Telefonie Integration (CTI)?

- **Videotelefonie Features**

Welche sich auf Videokonferenzfunktionen beziehen am Beispiel Übertragung von Bildinhalten?

- **Integrations-Features**

Bei den Integrationen handelt es sich um Anbindungen von anderer Software in die Funktionalität der Telefonanlage am Beispiel Unified Communications (UC)?

- **Endgeräte**

Auflistung unterschiedlicher Endgerätetypen

- Hard-Phone in unterschiedlicher Ausprägung (Display sw oder farbig, Beistellungen, Freisprechen)
- Soft-Phone auf Standard-PC oder Smartphones

4 Kandidaten

Die für den Vergleich von Software-basierten VoIP-Systeme vorgesehenen Kandidaten entsprechen den führenden IP-PBX Anbietern im Bereich kleiner Unternehmen.

Stand Juni 2021. (Fearn, 2021)

4.1 Acefone

4.1.1 Plattformabhängigkeit

Das Unternehmen Acefone bietet im Kontext der Software-basierten VoIP-Lösungen nur in Form einer reinen Cloud-Lösung an. Das Hosten der Telekommunikationslösung auf der Hardware des Nutzers wird nicht angeboten. (Acfone, Hosted Phone System, n.d.)

4.1.2 Preis

Der Preis pro Teilnehmer ist abhängig von dem gewählten Tarif und der Anzahl der Nutzer. Die Tarife hierbei sind „Basic“, „Business“ und „Premium“. Beide höheren Tarife besitzen gleich eine Anzahl an inbegriffenen Minuten für ausgehende Anrufe. Die eingehenden Anrufe sind jedoch schon bei dem „Basic“-Tarif inbegriffen. Der Preis in Deutschland beträgt für den „Basic“-Tarif £9.99, für „Business“-Tarif £14.99 und für „Premium“-Tarif £19.99. Für jede Telefonnummer werden noch £8.99 in Rechnung gestellt. Nach Verbrauch der kostenfreien Minuten kosten jeder Anruf pro Minute in den Tarifen „Basic“ £0,06, „Business“ £0.08. Im „Premium“-Tarif ist es bereits inbegriffen. (Acfone, Plans & Pricing, n.d.)

4.1.3 Features

Das Feature-Set „Basic“ bietet überwiegend Telefonie-Funktionen an, wie die Bereitstellung einer Voicemail inklusive der E-Mail-Benachrichtigungen, Audiokonferenzen, das Weiterleiten von Anrufen auf andere Geräte und die Einbindung von mehreren mobilen Endgeräten. Auch eine Nutzerverwaltung ist

inbegriffen. Im nächsthöheren Feature-Set „Business“ ist es möglich, Anrufgruppen zu erstellen, einen virtuellen Rezeptionisten zu nutzen und Anrufaufzeichnungen zu ermöglichen. Im höchsten Feature-Set „Premium“ werden darüber hinaus noch Anrufwarteschlangen, Anrufansage und verschiedene Integrationen mit anderer Software angeboten (u. a. Microsoft Teams) geboten. (Acefone, Plans & Pricing, n.d.)

4.1.4 Endgeräte

Als Endgeräte zur Nutzung des Telefonie-Services können Softphones auf Standard-PC oder Smartphone mit den Betriebssystemen Android und IOS oder IP-Telefone genutzt werden. Der Anbieter bietet keine eigenen Endgeräte an. (Acefone, Plans & Pricing, n.d.)

4.2 Freshdesk Contact Center (formerly Freshcaller)

4.2.1 Plattformabhängigkeit

Das Freshdesk Contact Center, wie auch die Lösung von Acefone wird nur als reine Cloud-Lösung angeboten. Eine Integration der Lösung in der jeweiligen Nutzerumgebung wird vom Systemanbieter nicht unterstützt. (Freshworks Inc., Freshdesk Contact Center, n.d.)

4.2.2 Preis

Der Nutzer-Preis steht im direkten Zusammenhang mit dem gewählten Tarif und der Anzahl der Nutzer. Optional wird ein zusätzlicher Rabatt bei einer 12-monatigen Vertragslaufzeit gewährt. Dieser Rabatt entfällt bei einer monatlichen Vertragslaufzeit. Für die Feature-Sets werden vom Anbieter unterschiedliche Tarifmodelle angeboten. Dabei werden für die Feature-Sets „Pro“ und „Enterprise“ kostenfreie Minuten für einen Anruf in das öffentliche Telefonnetz angeboten.

Der „Kostenlos“-Tarif ist wie der Name es besagt kostenlos. Es können jedoch Gebühren für Anrufe anfallen. Der „Growth“-Tarif kostet im jährlichen Modell 15 USD und im monatlichen 18 USD pro Nutzer. Der nächste Tarif, der „Pro“-Tarif, kostet im jährlichen Modell 39 USD und im monatlichen 47 USD pro Nutzer. Und der teuerste Tarif, der „Enterprise“-Tarif, kostet im jährlichen Modell 69 USD und im monatlichen 83 USD pro Nutzer.

4.2.3 Features

Das Feature-Set „Kostenlos“ bietet grundlegende Telefonie-Funktionen und darüber hinaus Funktionen, wie beispielsweise das Erstellen von Notizen zu eingehenden Anrufen und das Buchen von Ortsnummern. Im Feature-Set „Growth“ werden weitere Funktionen wie Voicemail, Anrufwarteschlangen und Anrufaufzeichnungen angeboten. Im nächsten Feature-Set „Pro“ kommen noch Telefonie-Funktionen wie das kalendergesteuerte Weiterleiten von Anrufen, das virtuelle Anrufhalten, eigene SIP-Verbindungen anbinden und Anrufkennzeichnung dazu. Das höchste Feature-Set „Enterprise“ bietet sprachgesteuerte Dialogsysteme sowie Voicebots welche eine maximale Session Anzahl pro Monat besitzen. (Freshworks Inc., Freshdesk Contact Center, n.d.)

4.2.4 Endgeräte

Die Interaktion mit der Cloudbasierten-Telefonanlage kann über einen Browser, eine Handyapp oder über ein SIP-Endgerät erfolgen. (Freshworks Inc., Freshdesk Call Center Features, n.d.)

4.3 Ooma Office

4.3.1 Plattformabhängigkeit

Die Telefonie-Lösung Ooma Office ist wie auch die vorgenannten Kandidaten Cloud-basiert und kann nicht lokal auf eigener Hardwareumgebung installiert werden. (Ooma Inc., 2021)

4.3.2 Preis

Ooma Office bietet zwei verschiedene Tarife an, dessen Kosten pro User von der Anzahl der Nutzer abhängt und monatlich entrichtet werden müssen. Die günstigere Klasse nennt sich „Ooma Office“ und kostet 19.95 USD pro Nutzer. Die teurere Klasse nennt sich „Ooma Office Pro“ und kostet 24.95 USD pro Nutzer. Bei der Überschreitung von den Freiminuten kommen Kosten in Höhe von 0.029 USD dazu. (Ooma Inc., 2021)

4.3.3 Features

Die Standard Version Feature-Set „Ooma Office“ bietet Telefonie-Funktionen, wie ein digitaler Rezeptionist, die Einrichtung von Anrufgruppen, die Bereitstellung einer Telefonnummer pro Nutzer, eine Voice-Mailbox. Zusätzlich wird für jedem Nutzer ein Anrufmanagement geboten. In der teureren Lizenz Feature-Set „Ooma Office Pro“ werden noch Funktionen wie Videokonferenzen, Anrufaufnahme und Mailboxnachrichten zur Verfügung gestellt. (Ooma Inc., 2021)

4.3.4 Endgeräte

Wie bei den vorherigen Kandidaten können sowohl Hard- oder Softphone (Desktop-App) eingesetzt werden. Anzumerken ist, dass die Desktop-App nur beim Feature-Set „Ooma Office Pro“ enthalten ist. (Ooma Inc., 2021)

4.4 3CX

4.4.1 Plattformabhängigkeit

Die Kommunikationslösung des Herstellers 3CX kann sowohl lokal auf Standard-Hardwarekomponenten in der IT-Infrastruktur des jeweiligen Unternehmens installiert werden oder über einen Cloud-Service zur Verfügung gestellt werden. Bei einer lokalen Installation werden keine besonderen Hardwarevoraussetzungen benötigt. Die Software kann auf den Betriebssystemen Windows oder Linux Debian betrieben werden (3CX GmbH, Durchstarten mit 3CX Adminhandbuch, n.d.). 3CX unterteilt seine Mindestanforderungen in mehrere Stufen. Davon sind für Kleinunternehmen nur die „Small“ und die „Medium“ Anforderungen interessant, da schon die „Medium“ Anforderungen für 50 Mitarbeiter ausgelegt sind. In den folgenden Tabellen (Tabelle 4: 3CX Small Anforderungen (max. 10 Nebenstellen))(Tabelle 5: 3CX Medium Anforderungen (max. 50 Nebenstellen)) sind die Mindestanforderungen für die Hardwareanforderungen zu entnehmen. (3CX GmbH, Hardware Requirements, n.d.)

Tabelle 4: 3CX Small Anforderungen (max. 10 Nebenstellen) (3CX GmbH, Hardware Requirements, n.d.)

3CX PBX	Linux Debian-based	Windows-based
---------	--------------------	---------------

CPU Family	Intel i3 (Gen.8) or equivalent	
vCPUs	1	2
Memory	1	2
Storage	30 GB SSD based storage	

Tabelle 5: 3CX Medium Anforderungen (max. 50 Nebenstellen) (3CX GmbH, Hardware Requirements, n.d.)

3CX PBX	Linux Debian-based	Windows-based
CPU Family	Intel i5 (Gen.8) or equivalent	
vCPUs	4	6
Memory	4	6
Storage	100 GB SSD based storage	

4.4.2 Preis

3CX bietet ein Lizenzsystem mit einer Mindestvertragslaufzeit von 12 Monaten an. Der Preis der Lizenz hängt von zwei Faktoren ab. Der erste Faktor ist der Tarif und der zweite Faktor ist die Anzahl der simultanen Anrufe innerhalb der Telefonanlage. Es existieren drei Tarife „STANDARD“, „PRO“ und „ENTERPRISE“, diese unterscheiden sich an den zur Verfügung stehenden Features und den maximalen Teilnehmern einer Videokonferenz in einer 3CX Instanz. Da 3CX einen SIP Trunk zur Kommunikation in das öffentliche Netz benötigt, müssen natürlich auch die Preise des SIP Trunks in die Betrachtung mit einbezogen werden (3CX GmbH, Preise & Editionen, n.d.). Nach einer Internet-Recherche bietet der SIP-Trunk Anbieter easybell einen attraktiven Bereitstellungs- und Tarifpreis und berechnet bei einer Variante für zwei Telefonanschlüsse 1,67 € Bereitstellung im Monat und 0,83 ct pro Gesprächsminute. (Schmidt, 2019) Sofern die Kommunikationslösung lokal eingerichtet werden soll, müssen noch die Kosten für Server / PC berücksichtigt werden. Dabei können die Anforderungen an eine „Medium“ Server Konfiguration schon von einem Durchschnitt-PC erfüllt werden. Ein Durchschnitts-PC kostet rund 640 USD (Alsop, 2020). Und die Small Konfiguration kann von einem Raspberry Pi übernommen werden, welcher auch von 3CX unterstützt wird (3CX GmbH, Durchstarten mit 3CX Adminhandbuch, n.d.). Ein Raspberry Pi kostet rund 40€ (BerryBase, n.d.).

Tabelle 6: Preisübersicht 3CX (3CX GmbH, Preisübersicht, n.d.)

SIM. ANRUFE	STANDARD	PRO	ENTERPRISE	Hosting- Option (1. Jahr GRATIS)
4 SC	FREE	1. Jahr GRATIS (135 €)	1. Jahr GRATIS (170 €)	100 €
8 SC	170 €	250 €	310 €	200 €
16 SC	375 €	560 €	695 €	300 €
24 SC	565 €	845 €	1.045 €	300 €
32 SC	755 €	1.130 €	1.390 €	500 €
48 SC	1.130 €	1.695 €	2.090 €	N/A
64 SC	1.510 €	2.265 €	2.790 €	N/A
96 SC	2.550 €	3.825 €	4.715 €	N/A
128 SC	3.115 €	4.675 €	5.765 €	N/A
192 SC	4.965 €	7.445 €	9.180 €	N/A
256 SC	6.615 €	9.920 €	12.230 €	N/A
512 SC	10.395 €	15.590 €	19.225 €	N/A

4.4.3 Features

Zu den Features der niedrigsten Lizenz zählen Telefonie Features wie Mailbox, Fax Unterstützung, Anrufe zu parken und ein digitaler Rezeptionist, SIP bezogene Features, wie das Anbinden eines eigenen SIP Trunks und IP-Telefone, Videokonferenz Features wie Umfragen, Bildschirmübertragung, Teilen von PDFs, Softwarefeatures wie Backups und deren Wiederherstellung und einige mehr. Da 3CX selbst nicht wie andere Telefonanlagen Telefonnummern für externe Kommunikation mitbringt wird dafür natürlich dann auch ein SIP-Trunk benötigt. Bei den höheren Lizenzen kann der Mailserver und die öffentliche Domain frei gewählt werden. Es wird eine Microsoft 365 Integration und SMS werden unterstützt. Weitere Callcenter-typische Features wie Warteschleifen und Anrufaufzeichnung sind verfügbar. Auch die Maximale Anzahl an Teilnehmern von Videokonferenzen einer 3CX Instanz wird von 25 auf 100 angehoben. Bei der Höchsten Lizenz werden dann noch Features wie Microsoft Teams Integration unterstützt sowie die freie Wählbarkeit der Aufzeichnung innerhalb eines Anrufes und die Möglichkeit eine 2 Instanz für ein Failover zu erstellen. (3CX GmbH, Preise & Editionen, n.d.)

4.4.4 Endgeräte

Zur Verwendung der Telefonanlage wird eine Webapp bereitgestellt über welche der Benutzer mit seiner Nebenstellenummer anmelden muss. Von da aus kann er Chatten, Telefon- und Videoanrufe starten oder den Verfügbarkeitsstatus ändern. Zusätzlich zur Webapp gibt es noch eine Smartphone App, über die auch am Smartphone die Telefonanlage verwendet werden kann

4.5 RingCentral MVP

4.5.1 Plattformabhängigkeit

Die Kommunikationslösung Ring Central ist Cloud-basiert und kann nicht lokal in der IT-Umgebung des jeweiligen Unternehmens betrieben werden. (RingCentral, n.d.)

4.5.2 Preis

Der Preis der RingCentral Telefonanlage wird monatlich berechnet und hängt von dem Tarif und der Anzahl der Nutzer ab. Es gibt vier verschiedene Pläne „Essentials“, welches nur bis 20 Benutzer verfügbar ist, „Standard“, „Premium“ und „Ultimate“. Der Preis für den „Essentials“-Tarif beträgt im jährlichen Modell 19.99 USD und im monatlichen 29.99 USD pro Nutzer. Der nächste Tarif „Standard“ kostet im jährlichen Modell 27.99 USD und im monatlichen 37,99 USD pro Nutzer. Der „Premium“-Tarif kostet im jährlichen Modell 34.99 USD und im monatlichen 44.99 USD pro Nutzer. Und der teuerste Tarif „Ultimate“ kostet im jährlichen Modell 49.99 USD und im monatlichen 59.99 USD pro Nutzer. Da in Kleinunternehmen minimal 10 und maximal 50 Mitarbeiter arbeiten, können die verschiedenen Tarife außerhalb dieser Spanne ignoriert werden. Man hat pro Monat nur eine gewisse Anzahl an Minuten für Anrufe in Tarif inbegriffen. Bei einer Überschreitung der Minuten, die man pro Monat tätigen kann, werden pro Minute 0.039 USD berechnet. Zusätzlich bietet RingCentral auch die Möglichkeit IP-Telefone zu mieten oder zu kaufen. (RingCentral Inc., n.d.)

4.5.3 Features

Der günstigste Tarif „Essentials“ bietet die Möglichkeit, SMS und Anrufe zu tätigen, wobei die Dauer der Anrufe auf 100 Minuten im Preis inkludiert ist. Eine Telefonnummer pro Nutzer ist in dem Tarif bereits enthalten. Zusätzlich werden noch Features wie Voicemail in Text zu übersetzen, Dokumente teilen und Gruppennachrichten geboten. In den nächsthöheren Tarif „Standard“ ist Nutzerzahl von 20 Teilnehmern möglich. Weiterhin wird ein Fax Funktionalität ermöglicht, die Begrenzung für Audio-Konferenzen aufgehoben, die Dauer der inkludierten Gesprächsminuten wird auf 1000 erhöht. Videokonferenzen sind verfügbar mit bis zu 100 Teilnehmern und eine Integration mit verschiedenen Diensten wie MS Office 365, Google Workspace oder Slack unterstützt. Mit dem Tarif „Premium“ werden die Anzahl der Teilnehmenden einer Videokonferenz noch einmal erhöht, als auch die Dauer der Telefonanrufe. Außerdem werden Features wie automatische Anrufaufzeichnung, verschiedene Anrufbearbeitungsmethoden als auch Hot Desking, was das Arbeiten mehrerer Mitarbeiter an einem IP-Telefon ermöglicht. Mit dem höchsten Tarif „Ultimate“ gibt es zusätzliche Status-Benachrichtigungen von Endgeräten und eine unbegrenzte Höhe an Speicherplatzkapazität für Dokumente und unternehmensbezogenen Dateien. (RingCentral Inc., n.d.)

4.5.4 Endgeräte

RingCentral MVP bietet eine App für verschiedene Betriebssysteme wie Windows, Mac, Android und iOS an. Es können zusätzlich kompatible IP-Telefonen verwendet werden.

5 Vergleich

5.1 Bedingungen

5.1.1 Beispielunternehmen A

Das Beispielunternehmen A ist ein kleines Unternehmen mit 25 Mitarbeitern, es hat seinen Sitz in einem Bürogebäude und verfügt über vier Abteilungen mit unterschiedlichen Fachaufgaben. Angenommen wird, dass das Unternehmen acht simultane Telefonanrufe tätigen möchte. Und für jede Abteilung wird mindestens eine Telefonnummer benötigt. Es müssen acht parallele Anrufe möglich sein, da von jeder Abteilung maximal zwei Personen gleichzeitig telefonieren. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen das ein Mitarbeiter im Durchschnitt ca. 1,25 Stunden am Tag telefoniert. Zusätzlich wird davon ausgegangen das 75% der Telefonate in das Festnetz gehen und 25% in das Mobilfunknetz gehen. Damit ergeben sich insgesamt 1.875 Minuten pro Tag und 37.500 Minuten im Monat.

5.1.2 Beispielunternehmen B

Das Beispielunternehmen B ist ein Kleinunternehmen mit zehn Mitarbeitern, dass handwerkliche Tätigkeiten ausführt und ihren Unternehmenssitz in einer Werkstatt hat. Angenommen wird weiterhin, dass das Unternehmen B drei parallele Anrufe maximal führen kann, da es nur drei Abteilungen mit je einem Telefon besitzt. Zur Erreichbarkeit des Unternehmens wird nur eine Telefonnummer benötigt, da das Büro die Anrufe einfach weiterleitet. Es wird angenommen, dass die Mitarbeiter des Unternehmens täglich 300 Minuten telefonieren. Hierbei sind 75% der Anrufe aus dem Mobilfunknetz und 25% aus dem Festnetz.

5.2 Funktionalitäten

Für Unternehmen A ist es aus aktuellem Anlass wichtig Videokonferenzen eigenständig zu initiieren und an Videokonferenzen teilzunehmen. Des Weiteren müssen Features wie Bildschirmübertragung auch möglich sein, da diese Funktion im Falle der Zunahme von Arbeiten im Homeoffice dringend benötigt werden.

Tabelle 7: Gegenüberstellung von gewünschten Features, eigene Darstellung

Software	Webkonferenz	Bildschirmübertragung
Acefone		
„Basic“	Nein	Nein
„Business“	Nein	Nein
„Premium“	Nein	Nein
Freshdesk Contact Center		
„Kostenlos“	Nein	Nein
„Growth“	Nein	Nein
„Pro“	Nein	Nein
„Enterprise“	Nein	Nein
Ooma Office		
„Ooma Office“	Nein	Nein
„Ooma Office Pro“	Ja	Ja
3CX		
„Standard“	Ja	Ja
„Pro“	Ja	Ja
„Enterprise“	Ja	Ja
RingCentral MVP		
„Essentials“	Nein	Nein
„Standard“	Ja	Ja
„Premium“	Ja	Ja
„Ultimate“	Ja	Ja

5.3 Kosten

In den folgenden Tabellen wird davon ausgegangen, dass die Unternehmen sich für die günstigste für sie anwendbare Version der Tarife entscheiden werden. Dabei werden die Lizenzkosten in jährlichen Kosten angegeben. Bei der Tabelle wurden schon die Telefonanlagen gefiltert, welche nicht die gewünschten Features bieten.

Tabelle 8: Jahreskostentabelle Unternehmen A, eigene Darstellung

Software	Lizenz	Telefon- nummer	Freiminuten im Monat	Preis pro Minute	Extra- kosten	Jährliche Kosten	Einmalige Kosten
Ooma Office							
„Ooma Office Pro“	7 485 USD	-	-	0,029 USD	-	20 535,00 USD	-
3CX							
„Standard“ + Hosting	170,00 €	160,32 €	-	Festnetz: 0,0083 €	200 €*	12 556,57 €	-
„Standard“			-		640 USD*	12 356,57 €	640 USD**
„Pro“ + Hosting	250,00 €		-	Mobilfunk: 0,082 €	200 €*	12 636,57 €	-
„Pro“			-		640 USD*	12 436,57 €	640 USD**
„Enterprise“ + Hosting	310,00 €		-	-	200 €*	12 696,57 €	-
„Enterprise“			-	640 USD*	12 496,57 €	640 USD**	
RingCentral MVP							
„Standard“	8 397,00 USD	-	1 000	0,039 USD	-	25 479,00 USD	-
„Premium“	10 497,00 USD	-	2 500		-	26 877,00 USD	-
„Ultimate“	14 997,00 USD	-	10 000		-	27 867,00 USD	-

* Zu beachten ist, dass bei 3CX der Support nicht inbegriffen ist und jedes Supportticket 75€ kostet. (3CX GmbH, Preise & Editionen, n.d.)

** Des Weiteren ist zu beachten, dass die Einrichtung und Schulung von Personal zusätzliche Kosten, in Form von Arbeitszeit, aufbringt.

Tabelle 9: Jahreskostentabelle Unternehmen B, eigene Darstellung

Software	Lizenz	Telefon- nummer	Freiminuten im Monat	Preis pro Minute	Extra- kosten	Jährliche Kosten	Einmalige Kosten
Acefon							
„Basic“	£1 198,80	£107,88	-	£0.06	-	£1 666,68	-
„Business“	£1 798,80	£107,88	1 000	£0.08	-	£2 306,68	-
„Premium“	£2 398,80	£107,88	-	-	-	£2 506,68	-
Freshdesk Contact Center							
„Kostenlos“	0,00 USD	12,00 USD	-	0.024 USD	-	1 728,00 USD	-
„Growth“	1 800,00 USD	12,00 USD	2 000	0.024 USD	-	2 952,00 USD	-
„Pro“	4 680,00 USD	12,00 USD	3 000	0.024 USD	-	5 544,00 USD	-
„Enterprise“	8 280,00 USD	12,00 USD	5 000	0.024 USD	-	8 568,00 USD	-
Ooma Office							
„Ooma Office“	2 394,00 USD	-	-	0,029 USD	-	4 482,00 USD	-
„Ooma Office Pro“	2 994,00 USD	-	-	0,029 USD	-	5 082,00 USD	-
3CX							
„Standard“ + Hosting	0,00 €	40,08 €	-	Festnetz:	100 €*	4 717,48 €	-
„Standard“			-	0,0083 €	40€*	4 657,48 €	40€**
„Pro“ + Hosting	135,00 €		-	Mobilfunk:	100 €*	4 852,48 €	-
„Pro“			-		40€*	4 792,48 €	40€**
„Enterprise“ + Hosting			170,00 €		-	0,082 €	100 €*

„Enterprise“			-		40€*	4'827,48 €	40€**
RingCentral MVP							
„Essentials“	2 398,80 USD	-	100	0,039 USD	-	5 160,00 USD	-
„Standard“	3 358,80 USD	-	1 000		-	5 698,80 USD	-
„Premium“	4 198,80 USD	-	2 500		-	5 836,80 USD	-
„Ultimate“	5 998,80 USD	-	10 000		-	5 998,80 USD	-

* Zu beachten ist, dass bei 3CX der Support nicht inbegriffen ist und jedes Supportticket 75€ kostet. (3CX GmbH, Preise & Editionen, n.d.)

** Des Weiteren ist zu beachten, dass die Einrichtung und Schulung von Personal zusätzliche Kosten, in Form von Arbeitszeit, aufbringt.

5.4 Fazit

Im Rahmen des Vergleiches von Software-basierten Voice over IP-Systemen kann das Ergebnis in Abhängigkeit der Unternehmensgröße oder dem Unternehmens-Schwerpunkt unterschiedlich ausfallen. Nach Bewertung des Erfüllungsgrades der Kriterien im Kontext des Beispielunternehmens A scheiden die Kandidaten Acefone, Fresdesk Contact Center und die niedrigsten Tarife von Ooma Office und RingCentral MVP aus. Eine Empfehlung aus Kostensicht kann für das Beispielunternehmen A für den Einsatz der 3CX-Lösungen gegeben werden. Anzumerken ist, dass bei Wahl eines anderen SIP-Trunks Anbieters die Kosten anders ausfallen können.

Unter der Berücksichtigung der geringen Anforderungen an die neue Telekommunikationsumgebung des Beispielunternehmens B ist der „Kostenlos“-Tarif von Fresdesk Contact Center zu empfehlen.

6 Umsetzung

6.1 AGILIScom AG

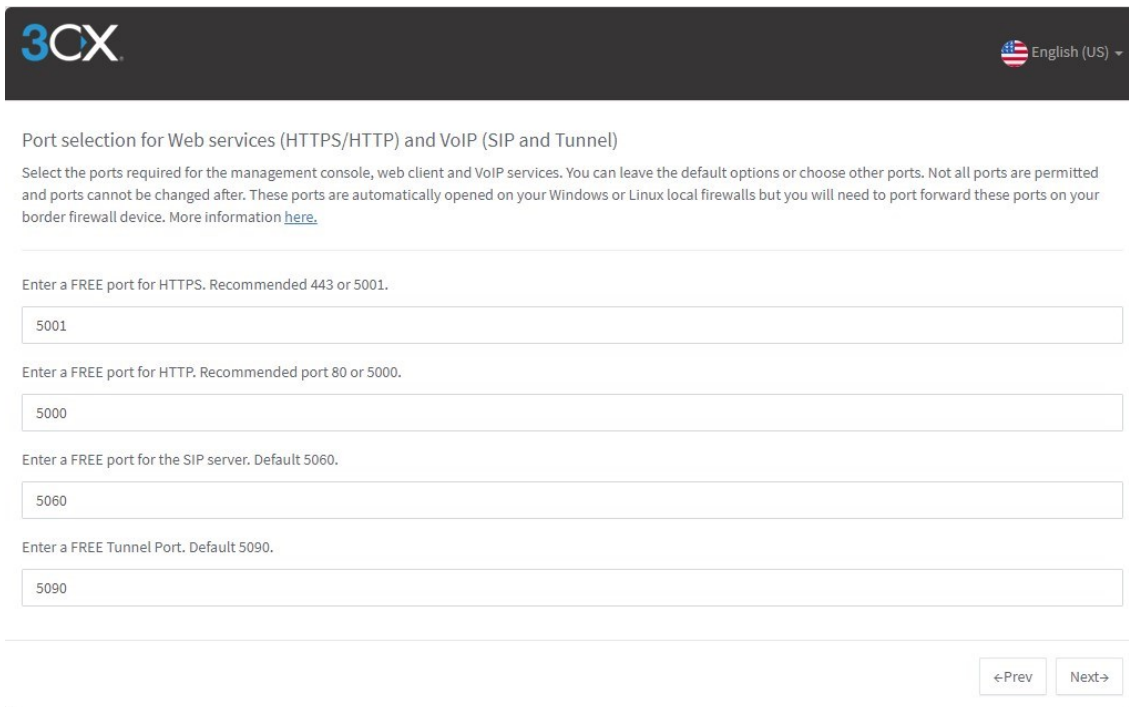
Die AGILIScom AG ist ein Kleinunternehmen mit rund 25 Mitarbeitern in der Rechtsform einer Aktiengesellschaft mit Sitz in Brandenburg an der Havel. Zu den Schwerpunkten des Unternehmens gehören die Entwicklung und der Vertrieb von Information- und Kommunikationslösungen sowie Consulting- und Beratungsleistungen. Das Unternehmen wird aktuell vom Vorstand Dipl.-Ing. Holger Matho geleitet. Im Jahre 2019 erfolgte die Übernahme des Unternehmens durch die RFT-Gruppe, um das Produktportfolio mit dem in Zusammenhang stehenden Dienstleistungsangebot zu erweitern.

Zu den primären Dienstleistungen der AGILIScom AG zählen IT-Services, darunter das Einrichten von Backup-Systemen, Firewalls und Client-Server Systeme, Anwendersupport und Netzwerkbetreuung, das Automatisieren von Gebäuden und zuletzt Internet-Service-Provider-Dienstleistungen.

6.2 Software-Auswahl des Unternehmens

Nach einem vorgelagerten Entscheidungsprozess mit den Schwerpunkten Anforderungsanalyse, Marktrecherche und Systemauswahl wurde sich auf Grundlage einer Bewertungsmatrix für eine Kommunikationslösung des Herstellers 3CX entschieden.

Verschiedene Aspekte waren ausschlaggebend für die Entscheidungsfindung. So spielte die Skalierbarkeit eine wichtige Rolle, da sich die Mitarbeiteranzahl im Unternehmen stetig verändern kann. Ein weiterer Grund war die Unterstützung von Selfhosting, also die Möglichkeit der Eigenadministration, der Kommunikationslösung durch das Unternehmen selbst und die Nutzung von verschiedenster Hardware als Plattform für das neue Kommunikationssystem. Da die AGILIScom AG durch die Unternehmensübernahme ein Teil der RFT-Gruppe ist, ergab sich im Kontext der Ausfallsicherheit die Möglichkeit eine separate Instanz der Kommunikationslösung zur Ausfallsicherung mittels Failovers, in einem anderen Rechenzentrum zu hosten. Der letzte Grund für die Entscheidungsfindung, war die Möglichkeit mehrere SIP-Trunk Provider an die Kommunikationslösung anzubinden, um schlussendlich bei der Wahl von kostengünstigen SIP-Trunks die Kommunikationskosten für das Unternehmen zu senken.



3CX

English (US)

Port selection for Web services (HTTPS/HTTP) and VoIP (SIP and Tunnel)

Select the ports required for the management console, web client and VoIP services. You can leave the default options or choose other ports. Not all ports are permitted and ports cannot be changed after. These ports are automatically opened on your Windows or Linux local firewalls but you will need to port forward these ports on your border firewall device. More information [here](#).

Enter a FREE port for HTTPS. Recommended 443 or 5001.

5001

Enter a FREE port for HTTP. Recommended port 80 or 5000.

5000

Enter a FREE port for the SIP server. Default 5060.

5060

Enter a FREE Tunnel Port. Default 5090.

5090

←Prev Next→

Abbildung 7: 3CX Webkonfiguration Port Angaben treffen (3CX GmbH, Erstkonfiguration der 3CX-Telefonanlage, n.d.)

Nachdem die Konfiguration der 3CX Anlage vollständig war, wurden nun die Ports für die 3CX-Umgebung in der Firewall freigeschaltet. Sobald die Ports laut Firewallchecker offen waren, wurde der SIP-Trunk angebunden. Dies war in dem Fall kein 3CX-Partner-Provider, jedoch konnte der SIP-Trunk trotz dessen über das „Generic VoIP Provider“-Profil einfach eingebunden werden. Nachdem der SIP-Provider fehlerfrei funktioniert hat, wurden im Rahmen von Funktionstest im ersten Schritt alle Anrufe nach draußen über diesen SIP-Trunk geleitet. Im nächsten Schritt wurde dann auch das Failover aktiviert, dafür musste zunächst noch eine zusätzliche 3CX Instanz erstellt werden. Die Hauptinstanz im Rechenzentrum der AGILIScom AG wurde nun so konfiguriert, dass sie die aktive Instanz ist und Backups auf einen Fileserver erstellt. Von dem Fileserver stellt dann die zweite Instanz die Backups wieder her. Der zweiten Instanz wird dann zugewiesen, dass sie die passive Instanz ist, außerdem soll sie auf die IP-Adresse der ersten Instanz in einem 30 Sekunden Zyklus achten, ob die erste Instanz noch aktiv ist. Die zweite Instanz soll dann, falls die erste Instanz nicht mehr aktiv ist, die Aufgaben der ersten Instanz übernehmen. Danach wurden die Nebenstellen für die Teilnehmer angelegt, welche dank 3CX gleich per E-Mail an die Mitarbeiter verteilt werden. Die E-Mail beinhaltet die Nutzerdaten, die Domains oder IP-Adressen zum Webportal, und zusätzlich einen QR-Code, mit dem die Mitarbeiter die 3CX App auf dem Smartphone installieren können und mit dem sie direkt in der App angemeldet werden.

Literaturverzeichnis

- 3CX GmbH. (kein Datum). *Durchstarten mit 3CX Adminhandbuch*. Abgerufen am 1. Oktober 2021 von 3CX: <https://www.3cx.de/docs/adminhandbuch/>
- 3CX GmbH. (kein Datum). *Erstkonfiguration der 3CX-Telefonanlage*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von 3CX: <https://www.3cx.de/docs/adminhandbuch/telefonanlage-konfigurieren/>
- 3CX GmbH. (kein Datum). *Hardware Requirements*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von 3CX: <https://www.3cx.com/docs/recommended-hardware-specifications-for-3cx/>
- 3CX GmbH. (kein Datum). *Preise & Editionen*. Abgerufen am 1. Oktober 2021 von 3CX: <https://www.3cx.de/kaufen/preise/>
- 3CX GmbH. (kein Datum). *Preisübersicht*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von 3CX: <https://www.3cx.de/kaufen/preise/preisuebersicht/>
- Acefone. (kein Datum). *Hosted Phone System*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von Acefone: <https://www.acefone.com/uk/hosted-phone-system/>
- Acefone. (kein Datum). *Plans & Pricing*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von Acefone: <https://www.acefone.com/pricing/>
- Acefone. (kein Datum). *Plans & Pricing*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von Acefone: <https://www.acefone.com/uk/plans-and-pricing/>
- Alexandr, K. (7. April 2015). *Anruffluss durch SIP Redirect Server und Proxy*. Abgerufen am 30. September 2021 von Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:SIP_call_flow_between_UA_Redirect_Server_Proxy_and_UA.png
- Alsop, T. (2. März 2020). *Average selling price of personal computers (PCs) worldwide from 2015 to 2019, in actual and constant currency*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von statista: <https://www.statista.com/statistics/722992/worldwide-personal-computers-average-selling-price/>
- BerryBase. (kein Datum). *Raspberry Pi 4 Computer Modell B, 2GB Ram*. Abgerufen am 9. Oktober 2021 von BerryBase: <https://www.berrybase.de/detail/index/sArticle/5915?src=raspberrypi>
- Borowka-Gatzweiler, D.-I., & Moayeri, D.-I. (2007). *Handbuch zur IP Telefonie*.
- Fearn, N. (3. Juni 2021). *Best PBX phone systems for small businesses in 2021*. Abgerufen am 2. Oktober 2021 von TechRadar: <https://www.techradar.com/best/pbx-phone-systems>

-
- Freshworks Inc. (kein Datum). *Freshdesk Contact Center*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von freshworks: <https://www.freshworks.com/de/freshcaller-cloud-pbx/pricing/>
- Freshworks Inc. (kein Datum). *Freshdesk Call Center Features*. Abgerufen am 6. Oktober 2021 von Freshworks: <https://www.freshworks.com/de/freshcaller-cloud-pbx/features/>
- Janak, J. (2003). *SIP Introduction*. Abgerufen am 5. Oktober 2021 von kamailio: http://www.kamailio.org/pub/ser/ser-releases/0.8.12/doc/html/sip_introduction.html
- Luber, D.-I. (1. August 2018). *Was ist ein SIP Trunk?* Abgerufen am 30. September 2021 von IP INSIDER: <https://www.ip-insider.de/was-ist-ein-sip-trunk-a-727107/>
- Luber, D.-I. (10. Mai 2019). *Was ist ein Failover?* Abgerufen am 5. Oktober 2021 von Storage Insider: <https://www.storage-insider.de/was-ist-ein-failover-a-816808/>
- Ooma Inc. (2021). *Business Phone Plans*. Abgerufen am 2. Oktober 2021 von Ooma: <https://www.ooma.com/small-business-phone-systems/plans/>
- Pegasystems, Inc. (2019). *2019 global customer service insights*. Abgerufen am 27. September 2021 von Loyalty360: https://loyalty360.org/getattachment/3975aea4-9977-40d6-9b6a-8effee63b67f/2019-0701_Pega_The_Good_The_Bad_The_Ugly.pdf?lang=en-US&ext=.pdf
- Plett, S. (2021). *Was ist ein SIP-Telefon?* Abgerufen am 30. September 2021 von PLACETEL: <https://www.placetel.de/ratgeber/sip-telefon>
- R. I. (kein Datum). *Intro to RingCentral Global MVP*. Abgerufen am 2. Oktober 2021 von RingCentral Support: <https://support.ringcentral.com/article/8825.html>
- RingCentral Inc. (kein Datum). *RingCentral Plans & pricing*. Abgerufen am 2. Oktober 2021 von RingCentral: <https://www.ringcentral.com/office/plansandpricing.html#office>
- Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., . . . Schooler, E. (Juni 2002). *SIP: Session Initiation Protocol*. Abgerufen am 20. September 2021 von IETF Datatracker: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3261>
- RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*. (Januar 1996). Abgerufen am 25. September 2021 von IETF Datatracker: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1889/>

Schmidt, E. (26. April 2019). *Finden Sie Ihren passenden SIP Trunk!* Abgerufen am 6. Oktober 2021 von sip-trunk-vergleich.de: <https://www.sip-trunk-vergleich.de/>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel für die Verwendung eines Registrar Servers (Janak, 2003) ...	8
Abbildung 2: Beispiel für die Verwendung eines Redirect Servers (Janak, 2003)	9
Abbildung 3: Beispiel für die Verwendung eines Proxy Servers (Janak, 2003)	10
Abbildung 4: Anruffluss durch SIP Redirect Server und Proxy (Alexandr, 2015)....	14
Abbildung 5: H.323 Protokoll Stack (Karim, 2000).....	16
Abbildung 6: 3CX Instanz Grundkonfiguration geschaffen verändert nach: (3CX GmbH, Erstkonfiguration der 3CX-Telefonanlage, n.d.)	34
Abbildung 7: 3CX Webkonfiguration Port Angaben treffen (3CX GmbH, Erstkonfiguration der 3CX-Telefonanlage, n.d.)	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Actioncodes (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007, p. 58).....	11
Tabelle 2: Aufbau eines INVITE-Requests (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007, p. 61).....	12
Tabelle 3: Aufbau einer INVITE-Response (Borowka-Gatzweiler & Moayeri, 2007, p. 62).....	13
Tabelle 4: 3CX Small Anforderungen (max. 10 Nebenstellen) (3CX GmbH, Hardware Requirements, n.d.).....	22
Tabelle 5: 3CX Medium Anforderungen (max. 50 Nebenstellen) (3CX GmbH, Hardware Requirements, n.d.).....	23
Tabelle 6: Preisübersicht 3CX (3CX GmbH, Preisübersicht, n.d.).....	24
Tabelle 7: Gegenüberstellung von gewünschten Features, eigene Darstellung.....	28
Tabelle 8: Jahreskostentabelle Unternehmen A, eigene Darstellung.....	29
Tabelle 9: Jahreskostentabelle Unternehmen B, eigene Darstellung.....	30

Abkürzungsverzeichnis

CTI.....	<i>Computer-Telefonie Integration</i>
GK.....	<i>Gatekeeper</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IP-PBX.....	<i>IP Private Branch Exchange</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
MCU	<i>Multipoint Control Units</i>
RTCP.....	<i>Real-Time Control Protocol</i>
RTP	<i>Real-Time Transport Protocol</i>
SDP.....	<i>Session Description Protocol</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SRTP.....	<i>Secure Real-time Transport Protocol</i>
TLS	<i>Transport Layer Security</i>
UAC	<i>User-Agent-Client</i>
UAS	<i>User-Agent-Server</i>
UC.....	<i>Unified Communications</i>
VoIP	<i>Voice over IP</i>

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt habe und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.

Ort, Datum

Unterschrift

(Kendrick Kurt Günter Bollens)