



Masterarbeit

Auswirkungen von Netzvirtualisierung auf Organisationsstrukturen und Prozesse im IT-Betrieb

Milian Tomzig

Aufgabensteller: Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller
Betreuer: Dr. Tobias Lindinger (VMware)
Jan Schmidt
Abgabetermin: 29.04.2020

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

München, den 29.04.2020

.....
(*Unterschrift des Kandidaten*)

Abstract

Die Entwicklungen zu dynamischen IT-Infrastrukturen bedingt den Bedarf steigender Flexibilität im Bereich der Netze und der damit verbundenen Infrastruktur. Eine Möglichkeit zur Realisierung dynamischer Netze ist der Einsatz von Netzvirtualisierung auf Basis von Overlay-Netzen (Network Virtualization Overlay - NVO). Die Netzvirtualisierung fügt eine zusätzliche Verwaltungsebene in das bestehende Netz-Management ein. Dieser Einschub einer neuen Verwaltungsebene benötigt Anpassungen in den Organisationsstrukturen und IT-Prozessen im IT-Betrieb. Die Netzvirtualisierung ist Bestandteil von vielschichtigen Veränderungen in IT-Organisationen, welche technisch und organisatorisch wirken und übergreifend das Zusammenspiel zwischen Teams und Abteilungen verändert. Diese Arbeit analysiert systematisch die Auswirkungen von Netzvirtualisierung als Overlay-Technologie im Bezug auf die Einflüsse, die Auswirkungen auf die IT-Organisation und die damit verbundenen Organisationsstrukturen und IT-Prozesse im IT-Betrieb. Außerdem sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie bestehende Organisationen und Prozesse umgewandelt und angepasst werden können, um in Umgebungen mit Netzvirtualisierung eingesetzt zu werden. Als Methodik wird eine qualitative Analyse auf Basis von leitfadengestützten Experteninterviews und praktischen Anwendungsfällen verwendet, um das Themenfeld über einen explorativen Ansatz zu erschließen und die Forschungsfrage zu beantworten. Das Ergebnis ist eine Sammlung von Auswirkungen der Netzvirtualisierung auf organisatorische Aspekte und Prozesse des IT-Betriebs. Außerdem wird ein Schema zu verschiedenen Verwaltungsmöglichkeiten von IT-Netzen mit Netzvirtualisierung aufgestellt. Dabei wird insbesondere auf das Management der verschiedenen Verwaltungsschichten und den damit verbundenen fachlichen Verantwortlichkeiten eingegangen. Dies kann als Grundlage verwendet werden, um zukünftige Projekte und Einführungen von Netzvirtualisierung im Rahmen von Konsolidierungsprojekten in bestehende IT-Umfeldern ganzheitlich und vorausschauend zu planen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Fragestellung und Ziel	2
1.3	Vorgehensweise und Methodik	3
2	Grundlagen	7
2.1	Methodisches Vorgehen	7
2.1.1	Qualitative Analyse	7
2.1.2	Experteninterviews	11
2.2	Technische Grundlagen	16
2.2.1	Netztechnologien	16
2.2.2	Software Defined Network	23
2.2.3	Netzvirtualisierung	25
2.2.4	Motivation für den Einsatz von NVO	28
2.2.5	Architektur und Technik von Netzvirtualisierung	29
2.2.6	Hersteller von Netzvirtualisierungssystemen	33
2.2.7	Bedeutung der NVO Architektur für die Verwaltung	38
2.2.8	Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud-Computing	39
2.3	Organisationsstrukturen	43
2.3.1	Klassische Organisationsstrukturen	44
2.3.2	Matrixorganisation	48
2.3.3	Crossfunktionale Teams	50
2.3.4	Agile Strukturen	52
2.3.5	Zusammenfassung	54
2.4	IT-Betrieb	54
2.4.1	IT-Organisationen	54
2.4.2	IT-Servicemanagement (ITSM)	55
2.4.3	Architekturmanagement	56
2.4.4	Aktuelle Herausforderungen des IT-Betrieb	57
2.4.5	Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps	58
2.4.6	Praktische Umsetzungen agiler Strukturen	63
3	Voranalyse zum Themenbereich Netzvirtualisierung	79
3.1	Herleitung der Betrachtungsgrundlage	79
3.2	Ableitung des Categoriesystems und der Leitfragen	81
3.2.1	Trennung der Funktionsebenen und zusätzliche Virtualisierungsschicht	82
3.2.2	Einfluss von virtualisierten Rechenzentren und dem Cloud Computing	84
3.3	Zusammenfassung der Betrachtungskategorien und Leitfragen	86

4	Umsetzung der Experteninterviews	89
4.1	Umsetzung des Leitfadens	89
4.2	Praktische Auswahl der Interviewpartner	90
4.3	Aufbereitung der Interviews	92
4.4	Praktische Auswertung	93
5	Auswertung und Vergleich der Anwendungsfälle	95
5.1	Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)	95
5.1.1	Vorstellung der Institution und der Interviewpartner	95
5.1.2	Problemstellung und Ziele	96
5.1.3	Einführung Netzvirtualisierung	97
5.1.4	Zusammenfassung der Fallanalyse 1	100
5.2	Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider	101
5.2.1	Vorstellung des Unternehmens und der Interviewpartner	101
5.2.2	Problemstellung und Ziele	101
5.2.3	Einführung der Netzvirtualisierung	103
5.2.4	Zusammenfassung der Fallanalyse 2	106
5.3	Anwendungsfall 3: V-TServices	107
5.3.1	Vorstellung zum Unternehmen und der Interviewpartner	107
5.3.2	Problemstellung und Ziele	108
5.3.3	Einführung Netzvirtualisierung	108
5.3.4	Zusammenfassung der Fallanalyse 3	111
5.4	Vergleich der Anwendungsfälle	111
5.4.1	Vergleich der Firmen und Institutionen	112
5.4.2	Vergleich der Problemstellungen und Ziele	112
5.4.3	Vergleich der Infrastruktur mit Netzvirtualisierung	113
5.4.4	Vergleich der Möglichkeiten durch die Netzvirtualisierung	113
5.4.5	Vergleich der Auswirkungen auf die Organisationsstrukturen	114
5.4.6	Vergleich der Auswirkungen der Prozesse	116
5.5	Zusammenfassung der Interviews	117
6	Ergebnisse	119
6.1	Einflüsse und Auswirkungen der Netzvirtualisierung	119
6.1.1	Einflussfaktoren auf den IT-Betrieb	119
6.1.2	Motive zur Netzvirtualisierung	121
6.1.3	Bedeutung von mehr Geschwindigkeit, Flexibilität und agilen Strukturen	121
6.1.4	Bedeutung der Cloud	123
6.1.5	Primäre und sekundäre Auswirkungen der Netzvirtualisierung	123
6.1.6	Sammlung der Auswirkungen auf Prozesse	124
6.1.7	Sammlung der Auswirkungen auf die Organisationsstrukturen	127
6.2	Bewertung der Methodik zur Lösung der Forschungsfrage	136
7	Zusammenfassung und Ausblick	141
	Abbildungsverzeichnis	145
	Literaturverzeichnis	147

1 Einleitung

1.1 Motivation

Bedeutung und Einfluss der Netzvirtualisierung Rechenzentren bestehen aus vielen technischen Systemen und Abläufen, welche für einen reibungslosen Betrieb fest verzahnt funktionieren müssen. Zur Steigerung der Effizienz der Abläufe und der Ressourcennutzung sind verschiedene Techniken der Virtualisierung in Rechenzentren im Einsatz. Aktuell ist im Bereich der Rechenzentren eine fortschreitende Entwicklung zum sogenannten *Software Defined Datacenter* zu beobachten.

Beim *Software Defined Datacenter* wandert die Intelligenz der verschiedenen Infrastrukturelemente immer weiter in die Softwareebene. Der Hauptunterschied zum traditionellen Rechenzentrum besteht vor allem in der umfassenden Virtualisierung der verschiedenen Komponenten, anstatt dedizierte physische Komponenten zu nutzen. [Sch17b]

Die Techniken der Virtualisierung im *Software Defined Datacenter* lassen sich dabei in drei grobe Bereiche einteilen. Dazu gehören die Virtualisierung der Rechenmaschinen (Hostvirtualisierung), die Virtualisierung des Speichers (Speichervirtualisierung) und die Virtualisierung des Netzes (Netzvirtualisierung).[RR18]

Eine reine 1-zu-1 Virtualisierung von bestehenden Hardwarekomponenten reicht noch nicht, wenn ein Mehrgewinn durch Verwendung der Virtualisierungstechnologien erbracht werden soll. Erst wenn dies weiter genutzt wird, zum Beispiel zur Konsolidierung von Ressourcen in Kombination mit Standardisierungen und Automatisierung, dann können im zweiten Schritt bestehende Prozesse optimiert werden und sich so die gesteigerte Komplexität zum positiven genutzt werden. [Bha11]

Die Entwicklung von immer umfassenderen Virtualisierungstechniken ist keine unabhängige Entwicklung, sondern geht Hand in Hand mit dem Wandel in der IT-Branche immer weiter hin zur serviceorientierten Arbeitsweise und der vermehrten Nutzung von Automatisierung und Cloud-Systemen. Bis Heute sind viele Firmen jedoch primär nach fachlichen Domänen organisiert, obwohl die meisten Services und die dahinter liegenden Geschäftsprozesse über Abteilungen hinaus laufen [Hub19].

Der Bereich der Netztechnik zeigt diese Schwierigkeiten recht deutlich. Das IT-Netz im Rechenzentrum ist kein statisches Konstrukt mehr, welches von einem einzelnen Team unabhängig bereitgestellt werden kann, sondern gliedert sich in die möglichst automatisierten Prozesse mit ein und ist stetigen Anpassungen unterworfen. Weiterhin steigt der Bedarf nach Datenkapselung und umfassender Sicherheit trotz der übergreifenden Vernetzung. Durch diese technischen und organisatorischen Neuerungen verschieben sich Prozesse und die Grenzen der Zuständigkeiten der IT-Mitarbeiter¹. Neue Vorgänge entstehen und andere wachsen zusammen oder fallen gänzlich weg.

¹Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Masterarbeit die männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

1 Einleitung

Die klassischen Gruppen in IT-Abteilungen können dies in ihrer bisherigen Form nicht mehr gänzlich abbilden. Die geänderten technischen Abläufe erfordern außerdem angepasste Werkzeuge zur Kontrolle und Verwaltung der physischen und virtuellen Netzen. Nur durch systematische Analyse und Anpassung der bisherigen Strukturen lässt sich das Potenzial der Host- und Netzvirtualisierung voll und ganz ausschöpfen.

Technische Entwicklungen sind schon seit langer Zeit ein Motor für Veränderungen in der Beschäftigungsstruktur und der Arbeitsweise [MWZ91]. Bestimmte Technologien sind hierbei der Schlüssel für Umgestaltungen. Netzvirtualisierung hat den Ruf einer dieser Technologien zu sein [Hub13].

Motivation der Arbeit Zum Themenbereich (Netz-)Virtualisierung mit Bezug auf IT-Prozesse bzw. Organisationsstrukturen existieren wenig Arbeiten. Die meisten Themenstellungen speziell im Bereich der Netzvirtualisierung behandeln vor allem die rein technische Seite, mit welchen Mitteln und Architekturen Overlay-Netzwerke realisiert werden können. Auf der anderen Seite gibt es viel Literatur, welche sich mit der Beschreibung und Modellierung von (Geschäfts-)Prozessen beschäftigt. Die Betrachtungen sind jedoch meist sehr theoretischer Natur oder sehr allgemein gestaltet. Betrachtungen zu praktischen Organisationsstrukturen wird dabei wenig Beachtung geschenkt. Auch die Suche nach einer geeigneten Methodik zur Analyse der Auswirkungen einer neuen Technologie auf Prozesse und Tools ist nicht mit einfachen Vorgehensweisen realisierbar. Diese Lücke möchte diese Arbeit schließen.

1.2 Fragestellung und Ziel

Das Themenfeld dieser Arbeit liegt in einem schwierigen praktischen Feld zwischen den organisatorischen und technischen Aspekten einer IT-Organisation. Auf der einen Seite gibt es bekannte Anforderungen an moderne IT-Organisationen, wie eine serviceorientierte Arbeitsweise und Flexibilität. Auf der andere Seiten gibt es Technologien wie die Netzvirtualisierung, welche neue Möglichkeiten in der Gestaltung der IT-Infrastruktur bieten. Jedoch müssen die Verwaltung und die Technologie zielführend verknüpft werden und dies ist praktisch eine schwierige Aufgabe. Im IT-Betrieb bieten Frameworks, wie ITIL oder Standardisierungen wie ISO/IEC 20000 Hilfestellungen, um Organisationen und Prozesse gewinnbringend auszurichten. Dabei wird vor allem darauf eingegangen, welche Bereiche und Prozesse benötigt werden. Jedoch können diese allgemeinen Frameworks nicht spezifisch in bestimmten Bereichen die Frage beantworten: *Wer macht was und wie?*². In diesem Bereich setzt die Themenstellung dieser Arbeit an. Der Zielbereich dieser Arbeit wird in Abbildung 1.1 dargestellt.

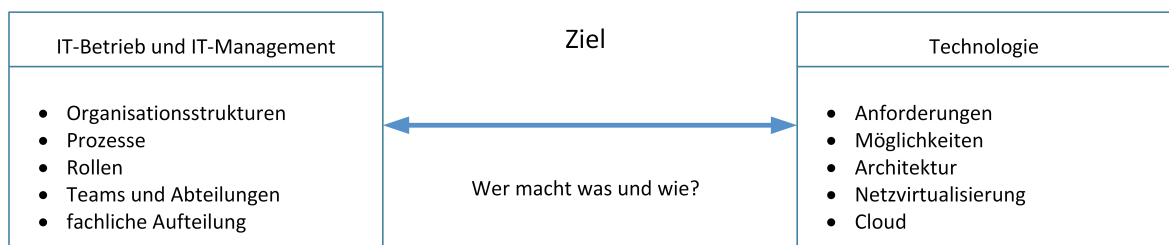


Abbildung 1.1: Zielgebiet dieser Arbeit

²Weitere Details unter anderem in Kapitel 2.4.2 - IT-Service management (ITSM)

Ziel dieser Arbeit ist die systematische Analyse der Auswirkungen von Netzvirtualisierung auf organisatorische Abläufe (Verantwortlichkeiten und Team-Zusammenstellung) und Prozesse (Veränderungen und Erweiterungen) im IT-Betrieb.³

Hierbei spielen die Einflussfaktoren und Beweggründe, welche zur Netzvirtualisierung führen, eine entscheidende Rolle, da diese die Auswirkungen bestimmen: Es lässt sich dabei unterscheiden zwischen primären Auswirkungen, welche die Technologie mit sich bringt und sekundären Auswirkungen, welche die Organisationsstrukturen und Prozesse aufgrund der verschiedenen Umsetzungsstrategien beeinflussen

In der Praxis betrifft dies sowohl die Einführung der Technologie (Planung und Integration) als auch den späteren Betrieb (Verwaltung und Störungsbehebung). Basierend auf den vorherigen Überlegungen dienen folgende zwei Basisfragen als Grundlage für das Vorgehen in dieser Arbeit:

1. *Welche Entwicklungen und Veränderungen sind mit der Netzvirtualisierung verknüpft?*
2. *Wie lässt sich die Netzvirtualisierung im Rahmen dieser Veränderungen verwalten und welche Änderungen an bestehenden Organisationsstrukturen und Prozessen sind dafür nötig?*

Das Ergebnis sind ermittelte Einflussfaktoren und Strategien, welche im Vorfeld der Einführung von Systemen mit Netzvirtualisierung helfen, die Umsetzung entsprechend zu planen und so die Vorteile der Netzvirtualisierung voll nutzen zu können.

1.3 Vorgehensweise und Methodik

Analyse mithilfe von Prozessvergleichen Das Lösen von Problemstellungen und Herausforderungen bedeutet eine Anpassung von Strukturen, Abläufen und Tools. Entsprechend liegt es nahe, dass Auswirkungen analysiert werden können, indem Prozesse in herkömmlichen Umgebungen ohne Netzvirtualisierung betrachtet werden und diese anschließend mit Umgebungen mit Netzvirtualisierung verglichen werden. Dafür benötigt es zwei Grundlagen: Zum einen entsprechendes Datenmaterial von Prozessen in herkömmlichen und neuen Infrastrukturen, sowie eine Methodik zum Vergleich von Prozessen. Hierzu wurde eine Vielzahl von bestehenden Arbeiten untersucht, um geeignete Ansätze zu finden.⁴

Die Analyse von praktischen Organisationsstrukturen und Prozessen ist wegen der vielfältigen Einflüsse von Trends und Herausforderungen auf IT-Organisationen ein komplexes Feld. Neben der eigentlichen Fragestellung ist es notwendig, dass Themenfeld vorweg umfangreich zu erschließen. Entsprechend schwierig gestaltet sich auch die Suche nach einer geeigneten Methodik für diesen Zweck, da es wenig erprobte Ansätze in diesem Bereich gibt. Die Überprüfung der in dieser Arbeit verwendeten Methodik ist deshalb mit ein Bestandteil des Ergebnisses.

Ableitung einer geeigneten Methodik zur Lösung der Forschungsfrage Nach den ersten Vorabrecherchen ist deutlich geworden, dass die Ansätze in den verwandten Arbeiten nicht geeignet sind, um Prozesse gezielt zu vergleichen und Auswirkungen einer Technologie

³Die genaue Definition und Abgrenzung des Begriffes in dieser Arbeit findet sich in Kapitel 2.2.3 - *Definition und Abgrenzung Netzvirtualisierung*

⁴Vergleiche zum Beispiel [Dan17], [Dan14], [PREZ12], [CB09], [CGP17], [Die06], [Mar06], [RH04]

festzustellen. Auch zahlreiche Gespräche am Lehrstuhl brachten keine konkreten Möglichkeiten hervor, wie Prozesse strukturiert verglichen werden können, sodass die Fragestellung dieser Arbeit beantwortet werden kann. Als Ursache kommt in Frage, dass die untersuchten Ansätze fokussiert sind auf eine streng naturwissenschaftliche Betrachtung, jedoch in diesem Feld eine andere Herangehensweise nötig ist. Zum anderem kann dies an einer grundlegenden Beschaffenheit von Prozessen liegen: Diese sind so divers wie die Firmen, in denen diese gelebt werden. Parallel zur Suche nach einer geeigneten Methodik zur Prozess-Vergleichsanalyse wurde nach geeignetem Datenmaterial gesucht. Hier zeigt sich die zweite große Hürde bei der Arbeit mit Prozessen: Diese werden häufig nicht dokumentiert oder können aus Gründen der Sicherheit nicht einfach für Untersuchungen herausgegeben werden.⁵

Vorgehensweise über qualitative Inhaltsanalyse und Experteninterviews Um die Auswirkungen von Netzvirtualisierung auf Organisationsstrukturen und Prozesse zu analysieren, muss entsprechend der vorangegangenen Überlegungen eine andere Möglichkeit gefunden werden Daten über Abläufe, Organisationsstrukturen und Tools zu gewinnen und diese zu analysieren.

Die Fragestellung hat zwar als Themenstellung in der Informatik und mit dem Bezug zur Netzvirtualisierung einen technischen und naturwissenschaftlichen Hintergrund, jedoch lassen sich Prozesse und Organisationsstrukturen eher in den Bereich der qualitativen Sozialforschung einordnen. Dem entsprechend ist auch ein methodischer Ansatz aus diesem Bereich für die Analyse nötig.

Eine Lösungsidee für beide oben genannten Problemstellungen der Analyse ist der Ansatz in [Pfl16]. In dieser Arbeit wird das Referenzmodell eTOM bezüglich den Anforderungen von Netzvirtualisierung untersucht. eTom ist ein Referenzmodell für Geschäftsprozesse im Telekommunikationsbereich. [Pfl16] nutzt dabei Experteninterviews und als Auswertungsmethode den Vergleich über Heat-Maps, um unter anderem zu ermitteln, welche Veränderungen die zunehmende Verbreitung von Netzvirtualisierung auf das eTom Referenzmodell hat. Die Arbeit von [Pfl16] ist thematisch in einem verwandten Bereich angesiedelt, da diese ebenfalls das Thema Netzvirtualisierung und Prozesse behandelt. Jedoch bezieht sich diese speziell auf Netzvirtualisierung auf Basis von physisch gestützten Lösungen mit sogenannten *Flows* (Details siehe Kapitel 2.2.2 - *Software Defined Network*) und auf Geschäftsprozesse. Dabei wird außerdem speziell auf das Referenzmodell eTom Bezug genommen. Auch der verwendete Ansatz der Analyse über Interviews ist methodisch nur sehr reduziert umgesetzt. In übertragender und ausgeweiteter Form lässt sich diese Methodik jedoch für die Fragestellung dieser Arbeit verwenden. Über die Erhebungsmethode durch Interviews können die benötigten Daten gesammelt werden, um diese mit einer qualitativen Inhaltsanalyse auszuwerten. Details zur Analysemethode finden sich in Kapitel 2.1 - *Methodisches Vorgehen* und in Kapitel 4 - *Umsetzung der Experteninterviews*.

Vorgehensweise dieser Arbeit Als Methodik wird eine qualitative Analysemethode angewendet. Auf Basis der technischen und organisatorischen Grundlagen in Kapitel 2 werden innerhalb der Voranalyse in Kapitel 3 - *Voranalyse zum Themenbereich Netzvirtualisierung* Leitfragen abgeleitet. Mithilfe der Leitfragen werden passende Anwendungsfälle und Interviewpartner recherchiert und ein Leitfaden für die praktischen Interviews entwickelt. Details dazu finden sich in Kapitel 4 - *Umsetzung der Experteninterviews*. Anschließend werden die leitfadensorientierten Interviews mit Experten geführt, um das Themenfeld zu erschließen.

⁵Weiteres dazu in Kapitel 2.4.2 - *Prozesse*

Die Interviewergebnisse werden entsprechend der Leitfragen analysiert und ausgewertet. Dies geschieht in Kapitel 5 - *Auswertung und Vergleich der Anwendungsfälle*. Diese Arbeit verfolgt dabei einen explorativen Ansatz, um das Themenfeld weiter aufzuarbeiten und besser zu strukturieren. Die Grundlagen und das methodische Vorgehen werden dabei kontinuierlich ausgebaut und erweitert, wenn neue Bereiche sich für wichtig herausstellen. Zum Schluss der Arbeit werden die aus den Interviews gewonnenen Informationen in Kapitel 6 - *Ergebnisse* in ein Gesamtbild aus theoretischen und literaturgestützten Erkenntnissen und praktischen Informationen eingefügt, um die Forschungsfrage zu beantworten. Eine Übersicht über diesen Ansatz zeigt Abbildung 1.2. Eine genaue Erläuterung der Methodik findet sich in Kapitel 2.1 - *Methodisches Vorgehen*. Innerhalb der *Ergebnisse* erfolgt ebenfalls eine kritische Überprüfung der angewandten Methodik. Den Abschluss dieser Arbeit bildet das Kapitel 7 - *Zusammenfassung und Ausblick*.

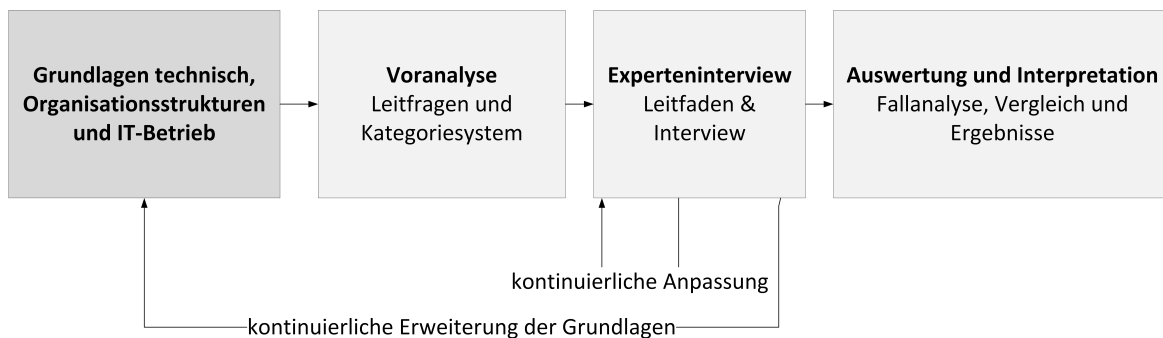


Abbildung 1.2: Vorgehensmodell dieser Arbeit

2 Grundlagen

Wie bereits beschrieben arbeitet diese Arbeit mit einer qualitativen Analyse auf Basis von Experteninterviews, um das Themenfeld zu erschließen. Die theoretischen Grundlagen zur Methodik werden zuerst im Unterkapitel *2.1 - Methodisches Vorgehen* erschlossen.

Anschließend folgen die inhaltlichen Kapitel zu den technischen Grundlagen, Organisationsstrukturen und zum IT Betrieb. Das Unterkapitel *2.2 - Technische Grundlagen* erläutert die Hintergründe der Netzvirtualisierung im Allgemeinen sowie als Overlay-Technologie und grenzt diese von alternativen Techniken ab. Das Unterkapitel *2.3 - Organisationsstrukturen* behandelt allgemeine Ansätze zur Verwaltung von Organisationen. Das Unterkapitel *2.4 - IT-Betrieb* zeigt die Schwierigkeiten und Ansätze zur Verwaltung moderner IT-Infrastrukturen sowie verwandter Themengebiete, welche Einfluss auf den IT-Betrieb haben. Die einzelnen Bestandteile der Kapitel sind teil zur ersten Erschließung des Themenbereichs und zur Gestaltung der Interviews entstanden. Anschließend wurden diese mehr und mehr in der Tiefe ausgebaut, um die Forschungsfrage weiter zu erschließen und das aus den Interviews generierte Wissen zu vertiefen. Für einen besseren Lesefluss werden die hinzugewonnen Ergebnisse jedoch gesammelt im Grundlagenkapitel aufgezeigt.

2.1 Methodisches Vorgehen

In Kapitel *1 - Einleitung* wurde bereits die Vorgehensweise erschlossen. Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die Methodik-Ansätze und die Betrachtungsgrundlagen. Um die Auswirkungen von Netzvirtualisierung auf Organisationsstrukturen und Prozesse zu prüfen wird als Methodik eine Kombination aus Experteninterviews und der qualitativen Inhaltsanalyse verwendet. Die Details zur qualitativen Inhaltsanalyse folgen im nachfolgenden Kapitel *2.1.1 - Qualitative Analyse*. Die Details zu den Experteninterviews und warum diese als Teil der Lösung für die Fragestellung dieser Arbeit geeignet sind, folgt in Kapitel *4 - Umsetzung der Experteninterviews*

2.1.1 Qualitative Analyse

Zuerst stellt sich die Frage, in welche Kategorie von Forschung das Themenfeld dieser Arbeit eingeordnet werden muss. Das quantitative Feld kann als erstes ausgeschlossen werden, da nicht mit messbaren Zahlen und Benchmarks gearbeitet wird. Folglich wird im qualitativen Bereich gearbeitet. Wie in Kapitel *1 - Einleitung* zu Beginn erwähnt, brachten erste Analyseversuche innerhalb der Vorabrecherche über naturwissenschaftliche qualitative Ansätze keinen Ausblick auf Erfolg, weil keine ausreichende Datengrundlage zur Verfügung steht und es an passenden Methoden fehlt, um diverse Prozesse vergleichen zu können.

Wird hier der Unterschied betrachtet, wie sich qualitative Daten naturwissenschaftlich und sozialwissenschaftlich unterscheiden, lässt sich dies nach [Nie15] erklären:

- In den Naturwissenschaften beziehen sich qualitative Daten auf „eindeutig bestimmbare Elemente“. Zum Teil werden qualitative Daten hier auch als „harte Wirklichkeit“ bezeichnet.
- In der Sozialwissenschaft beziehen sich qualitative Daten auf Elemente, deren „Eigenschaften und Strukturen (deren Qualitäten [...]) fließend“ und nicht „sicher anzugeben“ sind

Organisationsstrukturen und Prozesse lassen sich in diesem Falle zu letzterem zählen. Entsprechend benötigt es eine passende Methodik zur Analyse. Dafür wird in dieser Arbeit die qualitative Inhaltsanalyse verwendet, welche sich für unstrukturierte Daten eignet, von welchen erst die Eigenschaften und die Struktur qualifiziert werden muss. [Nie15]

Bedeutung der Voranalyse Bei der qualitativen Inhaltsanalyse wird im ersten Schritt innerhalb einer Voruntersuchung alles (theoretische) Wissen zusammengetragen, welches zum Thema erarbeitet werden kann. Ein genauer Stil ist für die Vorüberlegungen nicht festgelegt. Als fester Bestandteil der Methode ist es jedoch wichtig, dass diese angestellt werden, um bestimmte Voraussetzungen für die nachfolgenden Schritte zu liefern. Die Voranalyse liefert Einflussfaktoren, Variablen, Untersuchungspunkte und Hypothesen, welche die Forschungsfrage repräsentieren. Außerdem kann so bereits in einem ersten Schritt das Forschungsfeld erschlossen werden.

Die reine Ableitung der Kernfragen und theoretischen Ansätze reichen nicht, um das Themenfeld zu erschließen und die Auswirkungen in der Praxis hinreichend zu belegen. In der Theorie wäre auf den ersten Blick die Analyse von Prozessen im Betrieb des Rechenzentrums mit herkömmlichen Architekturen und im Vergleich zu Architekturen mit Netzvirtualisierung ein guter Ansatz. Dies scheitert in der Praxis jedoch an der Diversität von gelebten Prozessen und mangelndem Datenmaterial, da solche Prozesse im Detail selten genau dokumentiert und einsehbar sind. Diese Thematik wurde in Kapitel 1 - *Einleitung* bereits genannt.

Interviews als Basis Bei der Forschungsfrage handelt es sich weniger um die Analyse einzelner Detailschritte, sondern vielmehr um den organisatorisch und technischen Rahmen. Deshalb wird im folgenden die Methode der Experteninterviews verwendet, um die Forschungsfrage weiter zu lösen. IT-Experten können aus praktischen Erfahrungen Aussagen darüber treffen, wie die Nutzung von Netzvirtualisierung die Organisation und Prozesse verändern. Besonders gut eignen sich deshalb Experten, welche in ihren Projekten bereits auf diese Fragestellung gestoßen sind.

Die qualitative Inhaltsanalyse ist eine Methode, welche unabhängig von Interviews, zum Beispiel zur allgemeinen Textanalyse eingesetzt werden kann. Die Methode setzt den Schwerpunkt auf Informationen. Bei den Interviews wird das Wissen der Experten als eine Sammlung von Informationen angesehen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Expertenwissen bestimmte Sachverhalte der realen Welt richtig abbildet. [BLM14]

Das Wissen des Experten wird beim Interview in Text-Form festgehalten. Entsprechend wird bei der qualitativen Inhaltsanalyse der Interview-Text als Material angesehen, aus dem Daten anhand eines Suchmusters extrahiert, aufbereitet und interpretiert werden.

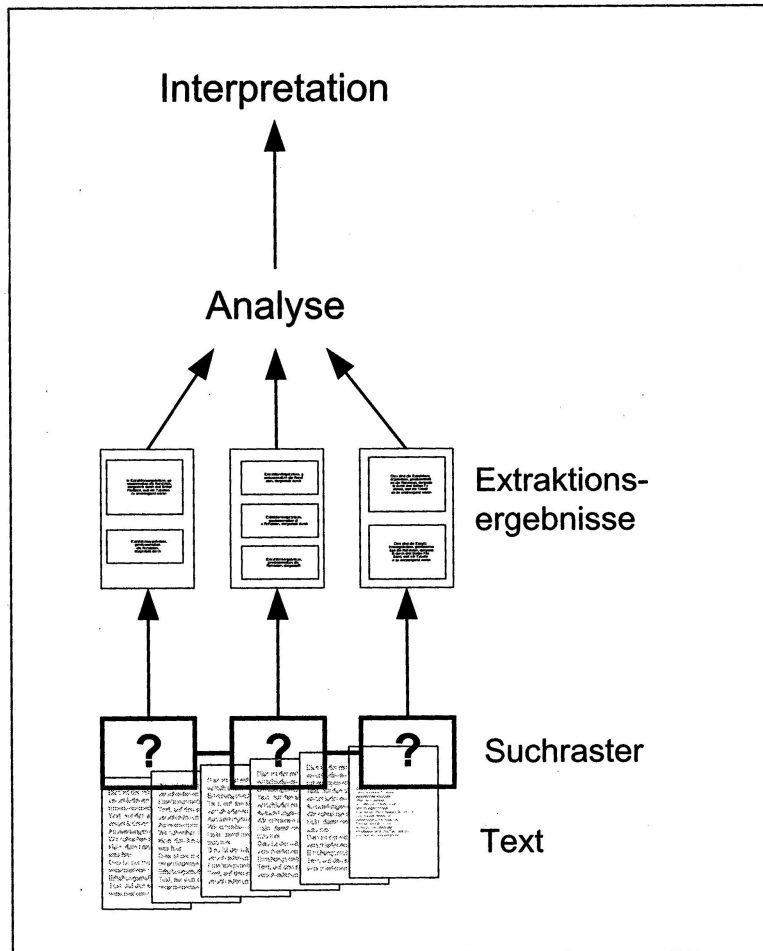


Abbildung 2.1: Prinzip der qualitativen Inhaltsanalyse. [GL10, Abbildung 5-1]

Allgemeine Struktur qualitativer Inhaltsanalysen Das Prinzip der qualitativen Inhaltsanalyse gibt Abbildung 2.1 wieder. Im Überblick unterteilt sich die qualitative Analyse auf die theoretischen Vorüberlegungen, die Vorbereitung der Extraktion, Extraktion der Rohdaten, Aufbereitung der Daten und Auswertung. Ein Fokus der qualitativen Analyse auf Basis von Interviews liegt auf der Voranalyse. Hierbei wird sowohl die Verbindung der theoretischen Vorarbeit zu den Interview-Leitfäden geschaffen als auch der Grundstock für die spätere Auswertung erarbeitet. Im Gegensatz zu quantitativen Analysemethoden, bei denen Informationen codiert, indexiert und quantitativ erfasst werden, ist die Extraktion der entscheidende Schritt bei den Interviews. Die extrahierten Daten schaffen eine neue Informationsbasis, welche nur noch die nötigen Informationen für die Beantwortung der Forschungsfrage enthält. [GL10] Die einzelnen Schritte zeigt Abbildung 2.2. Da die Methodik auch für groß angelegte Studien mit viel Informationsmaterial z.B. aus sehr vielen Interviews verwendet wird, sind die Teilschritte in der Grafik sehr detailliert dargestellt. Bei der Anwendung in dieser Arbeit werden einige Schritte zusammengefasst.

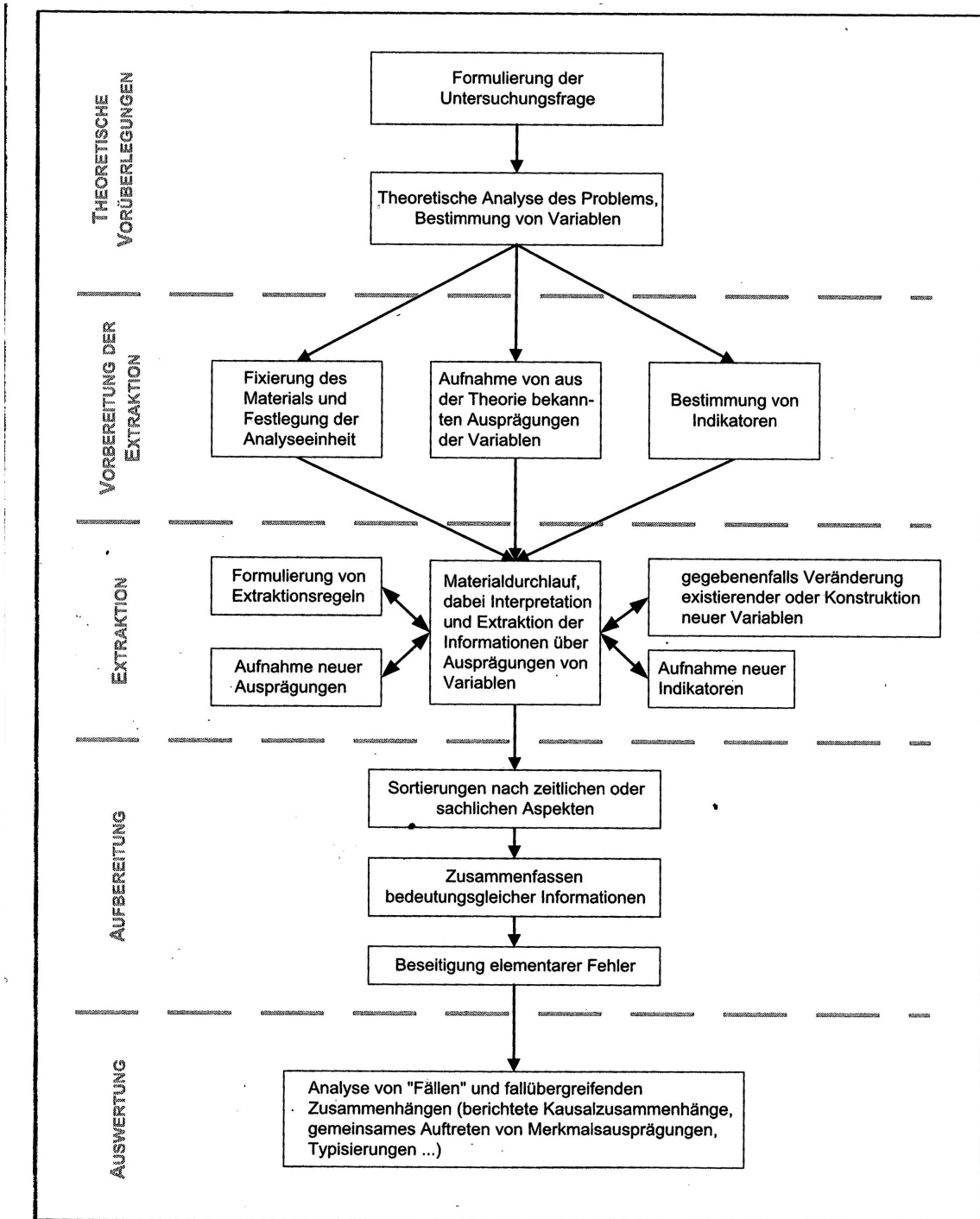


Abbildung 2.2: Ausführlicher Ablauf der qualitativen Inhaltsanalyse. [GL10, Abbildung 5-2]

2.1.2 Experteninterviews

Erläuterung der Methode

Interviews sind Teil der qualitativen Forschungsmethoden. Diese sind in den Sozialwissenschaften seit langer Zeit zur Gewinnung von neuen Erkenntnissen in Verwendung. [Weß10] Die Methodiken aus der qualitativen Sozialforschung werden vor allem als sinnvoll erachtet, wenn in der Literatur Informationen nur lückenhaft/unvollständig oder zu allgemein/abstrakt sind und genauere Informationen nötig sind. [Ski14] Dieser Fall trifft auch auf die Analyse von praktischen organisatorischen Strukturen und Prozessen im Bereich des Rechenzentrums zu, in welchem die Netzvirtualisierung eingesetzt wird.

Zur anderweitigen Informationsgewinnung bleibt häufig auch keine Alternative, da die Sammlung von Informationen durch Beobachtung aus folgenden Gründen nicht einfach möglich ist [BLM14]:

- Abläufe aus der Vergangenheit lassen sich nicht nachträglich beobachten
- Komplexe Prozesse können teilweise nicht beobachtet werden, da keine Einsicht bei allen Stationen möglich ist
- Der Zugang zum Feld lässt meist keine einfache Teilnahme durch externe Personen zu

Zumal Interviews im Prozessbereich bei der Erstellung von Dokumentation, Optimierung und Audits eine geläufige Vorgehensweise sind.

Form des Interviews Bei der Art der Interviews wird nach [BLM14] in zwei Kategorien differenziert: Zum Zweck der „Informationsgewinnung“ und zur „Rekonstruktion subjektiver Deutungen und Interpretationen“. Dies wird mit Blick auf die methodisch-praktische Anwendung jedoch nicht zu streng differenziert, da sich inhaltlich meist Überschneidungen ergeben. Bei der Gestaltung der Interviewfragen hilft dies jedoch, da für die Beantwortung der Forschungsfragen beide Aspekte von Bedeutung sind. Zum einen werden die Interviews zur gezielten Informationsgewinnung benötigt, um mehr über die praktisch gelebten Prozesse und Organisationsstrukturen im Kontext von Netzverwaltung zu erfahren. Zum anderen helfen die Einschätzungen der Experten, um mögliche zukünftige Auswirkungen von Netzvirtualisierung erkennen zu können. Schließlich ist die Technik noch nicht gänzlich im Enterprise-Bereich angekommen oder die Prozesse und Organisationsstrukturen sind noch in der Entstehungsphase. Im Detail spiegeln sich die Überschneidungen in den drei Arten von Wissen [BLM14] wieder, welche auch in diesem Fall gesucht werden:

1. technisches Wissen (Einsatz von Werkzeugen und technische Möglichkeiten)
2. Prozesswissen (Abläufe und Organisationsstrukturen)
3. Deutungswissen (Interpretation von Auswirkungen von Netzvirtualisierung)

Die ersten zwei Punkte nehmen dabei aber das Hauptaugenmerk ein (Informationsgewinnung), da sich die Interviewpartner alle in einen bestimmten Rahmen, deren Unternehmensfeld, bewegen und so das Deutungswissen nur eingeschränkt betrachtet werden kann. Außerdem zielt die Beantwortung der Fragestellung nicht darauf ab, konkrete Theorien aufzustellen, sondern Auswirkungen aufzuzeigen.

2 Grundlagen

Mit der Form und der Art lässt sich eine 2x2 Matrix darstellen, wie in Tabelle 2.3 zu sehen. Wird von den in der Praxis unvermeidbaren Überschneidungen abgesehen, kreuzt der Ansatz in dieser Arbeit die Dimensionen „informativ“ und „fundiert“ und gehört somit zu den systematisierten Experteninterviews. Zur systematisierten Vorgehensweise folgt das Interview einem konstruierten Leitfadens, um alle gesuchten und nötigen Informationen zu erhalten.

	Explorative Experteninterviews	Fundierende Experteninterviews
Informativ orientierte Experteninterviews	zur explorativen Datensammlung	zur Systematisierung
Deutungswissensorientierte Experteninterviews	zur Exploration von Deutungen	zur Theoriegenerierung

Abbildung 2.3: Varianten von Experteninterviews [BLM14, Tab. 3.1]

Konstruktion des Leitfadens

Entsprechend des systematisierten Experteninterviews erfolgt die Durchführung anhand eines differenzierten Leitfadens, welcher entsprechend der Forschungsfrage und der Kernthesen gestaltet ist. Dieser Leitfaden bietet zwei zentrale Funktionen [BLM14]:

1. Strukturierung des Themenfeldes in Vorbereitung auf das Interview
2. zentrale Orientierungsfunktion in der Interviewsituation

Die Leitfragen ergeben sich aus Vorüberlegungen und Literaturlauswertungen. Durch die Voranalyse und die aufgestellten Kernfragen, werden automatisch grobe Hypothesen aufgestellt. Sind die Interviewfragen zu geschlossen gestellt, besteht jedoch die Gefahr, dass nur noch feststehende Hypothesen abgefragt werden. Dadurch könnten neue Ansichten und Erkenntnisse nicht entdeckt werden.[BLM14]

Dies lässt sich verhindern, wenn die Interviewsituation möglichst frei gestaltet ist. Durch die logischen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Interviewfragen ist es nicht unwahrscheinlich, dass mehrere Fragen auch innerhalb einer ausführlichen Antwort adressiert werden. Deshalb bietet es sich an, in der praktischen Interviewsituation nicht zwingend auf die Reihenfolge zu bestehen, solange alle benötigten Themenfelder abgedeckt werden. Diese Vorgehensweise bei Interviews nennt sich „semi-strukturierte“ Vorgehensweise. Die Entdeckung von neuen Ansichten ist auch einer der Kernmerkmale des semi-strukturierten Interviews. Der Interviewer kann den Ablauf und die Themen steuern und der Interviewpartner hat die nötigen Freiräume, um Probleme, Einschätzungen und Lösungsmöglichkeiten zu beschreiben. Die systematische Vorgehensweise bleibt weiterhin erhalten, da anhand des Leitfadens überprüft werden kann, welche Fragen bereits inhaltlich beantwortet wurden und an welcher Stelle im Leitfaden das Gespräch weitergeführt werden muss. [Weß10]

Experte als Begriff

Einer der größten Hürden bei Experteninterviews ist es, passende Interviewpartner bzw. Unternehmen/Institutionen zu finden. Um auf die Hintergründe dafür zu kommen, wird

zuerst auf den Begriff des Experten eingegangen. Dieser lässt sich nach [BLM14] als Personen, welche ein spezifisches Praxis- oder Erfahrungswissen bezüglich eines klar abgrenzbaren Problemkreises besitzt, definieren. Die Experten besitzen die Fähigkeit ein bestimmtes Handlungsfeld mit ihren Deutungen sinnhaft und handlungsleitend zu strukturieren. Dies bezieht sich insbesondere darauf, dass das Wissen „in besonderem Ausmaß praxiswirksam“ ist. Gleichzeitig bedeutet dies, dass die Klassifizierung einer Person als Experte vom spezifischen Wissensinteresse abhängen. Entsprechend ist die Auswahl der Interviewpartner abhängig von der Themenstellung. Die Auswahl für diese Arbeit findet sich entsprechend in Kapitel 4.2 - *Praktische Auswahl der Interviewpartner*.

Methodik zur Auswertung

Die Auswertung erfolgt als Bestandteil der qualitativen Inhaltsanalyse entsprechend der verbreiteten Methodik nach Gläser und Laudel [GL10].

Schritt 1: Vorbereitung der Extraktion Bevor die eigentliche Extraktion beginnen kann, müssen die Rahmenbedingungen und die Extraktionsregeln bestimmt werden.

Fixierung des Materials: Vor der Extraktion und Auswertung muss festgelegt werden, welches Material zur Informationsgewinnung verwendet wird. Das primäre Datenmaterial ist durch die Interviewtexte festgelegt. Durch mehrere Interviewpartner bei einzelnen Anwendungsfällen¹ müssen diese entsprechend alle berücksichtigt werden, um ein möglichst vollständiges Bild zu erhalten. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung des Leitfadens bzw. des Fragenkatalogs wurden einige Fragen den Interviewpartnern erst nachträglich gestellt. Außerdem entstehen bei der Auswertungen weitere Nachfragen, bezüglich unklarer Formulierungen und Zusammenhänge. Hinzu kommen noch Grafiken oder Datenmaterial, welches durch die Interviewpartner zur Verfügung gestellt wird. Dieses Informationsmaterial wird ebenfalls bei der Extraktion mit berücksichtigt. Zusammengefasst besteht das Material aus: Den Texten der Interviews, Nachfragen im Anschluss an die Interviews und ergänzendem Datenmaterial.

Aufbau eines Kategoriensystems: Das Kategoriensystem bestimmt das Suchraster für die Extraktion. Es besteht aus den einzelnen Kategorien und mehreren Unterkategorien. Die Grundlagen für das Kategoriensystem werden in den theoretischen Vorüberlegungen geschaffen. Das Kategoriensystem wird im Vorfeld aufgebaut, ist jedoch bei der Extraktion noch nicht abschließend festgelegt. Dies ermöglicht relevante Informationen in neue Kategorien einzuordnen oder zu ändern, weil sich neue Bezüge und Erkenntnisse ergeben. Entfernt werden dürfen jedoch keine Kategorien, da damit sichergestellt wird, dass die Voranalyse beachtet wird. [GL10]

Extraktionsregeln: Für größere Interview-Untersuchungen insbesondere mit mehreren Personen bei der Auswertung, sind die Extraktionsregeln zusammen mit einer entsprechenden Auswertungsstrategie wichtig, um einheitliche Ergebnisse zu erlangen.[GL10]

¹Ein Anwendungsfall entspricht einer Firmen-Situation, welche sich aus verschiedenen Mitarbeiterinterviews zusammensetzen kann

In dieser Arbeit liegt der Fokus primär eine einheitliche Auswertung über die verschiedenen Interviews hinweg zu realisieren. Entsprechend beschränken sich die Extraktionsregeln für diese Arbeit auf folgende Punkte:

- nur inhaltliche Informationen werden extrahiert.
- alle relevanten Informationen müssen extrahiert werden.
- Jedem extrahierten Abschnitt wird einer oder mehrere Kategorien zugewiesen. Ist ein Abschnitt relevant, aber keine passende Kategorie vorhanden, dann muss eine neue passende Kategorie hinzugefügt werden.
- Jedem Abschnitt kann pro Kategorie jedoch nur eine Unterkategorie zugewiesen werden. Für Bereiche, bei denen Überschneidungen der Kategorien sinnvoll sind, gibt es spezielle Kategorien, welche die Überschneidung beinhalten.
- Abschnitte können unterteilt werden, wenn innerhalb des Abschnitts verschiedene Themen behandelt werden und pro Kategorie die Zuweisung verschiedener Unterkategorien nötig wären.

Schritt 2: Extraktion Bei der Extraktion wird der Text gelesen und beim Inhalt entschieden, welche Teile relevant für die Untersuchung sind. [GL10] Die grundlegenden Fragestellungen sind durch den Leitfaden des Interviews bereits vorgegeben. Trotzdem beinhaltet das Interview mehr Informationen und Material als für die Auswertung benötigt werden. Dies lässt sich auch durch die Steuerung beim Interview nicht gänzlich vermeiden. Der gesamte Prozess von der Extraktion, über Aufbereitung und Auswertung ist von einer Interpretation des Themas abhängig. Jedoch zwingen die Verfahrensregeln zu einem systematischen Vorgehen. Die primäre Regel besagt, dass das gesamte qualitative Material gleichberechtigt einzubeziehen und für jeden Abschnitt zu entscheiden, ob dieser relevant ist. Relevante Informationen, welche nicht in das Bild passen, dürfen entsprechend nicht ausgeschlossen werden. Schritt für Schritt wird für jeden Absatz im Material bestimmt, ob die Informationen relevant sind oder nicht. Relevante Informationen werden den Auswahlkategorien zugeordnet und extrahiert. [GL10]

Schritt 3: Aufbereitung Um die Qualität der Datenbasis vor der Auswertung zu verbessern, werden inhaltlich zusammenhängende Informationen, welche über verschiedene Interviews verteilt sind, zusammengefasst, um Redundanzen zu beseitigen.[BLM14]

Schritt 4: Auswertung Das Datenmaterial liegt im vierten Schritt eingeteilt mit Kategorie-Tags vor. Der entscheidende Schritt bei der gesamten Auswertung ist die Interpretation des Materials. Hierbei soll die Forschungsfrage bzw. die untergeordneten Leitfragen beantwortet werden. Dabei wird versucht Zusammenhänge entsprechend der Leitfragen zu finden, welche sowohl die Gemeinsamkeiten der verschiedenen Fällen beschreibt als auch die Varianz. Dabei wird die Bestrebung verfolgt von der berichteten Kausalität auf eine reale Kausalität zu schließen. [BLM14] Die Auswertungsstrategie lässt sich nicht einheitlich festlegen. Die Strategie lässt sich jedoch durch die Anzahl der zu untersuchenden Fälle eingrenzen, da diese darauf abgestimmt sein muss. Für die Analyse von wenigen Interviewfällen eignet sich

ein Vorgehen nach Abbildung 2.4. Dabei werden die einzelnen Fälle erst analysiert und anschließend verglichen.. [GL10]

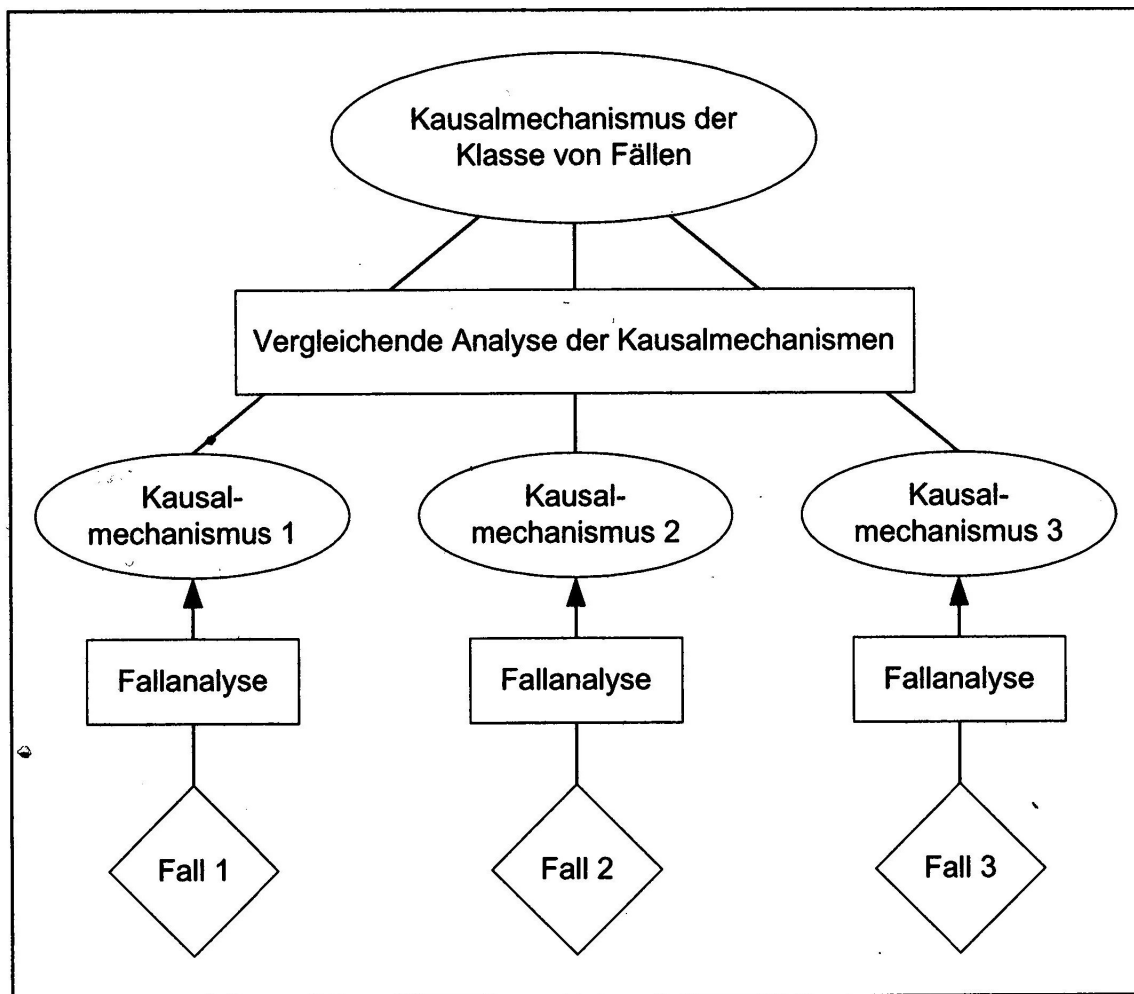


Abbildung 2.4: Auswertungsstrategien für die vergleichende Analyse weniger Fälle. [GL10, Abbildung 5-23]

Schritt 5: Interpretation Die Interpretation erfolgt abschließend wieder unter Einbeziehung des gesamten Datenmaterials und mit Blick auf die Forschungsfrage der Analyse. Bei der Interpretation wird der theoretische Kontext mit den empirischen Ergebnissen konfrontiert, Gemeinsamkeiten und Unterschiede ermittelt und soweit eine Theorie zur Beantwortung der Forschungsfrage entwickelt. [GL10]

Die Interpretation wird in Kapitel 6 - *Ergebnisse* gebündelt behandelt.

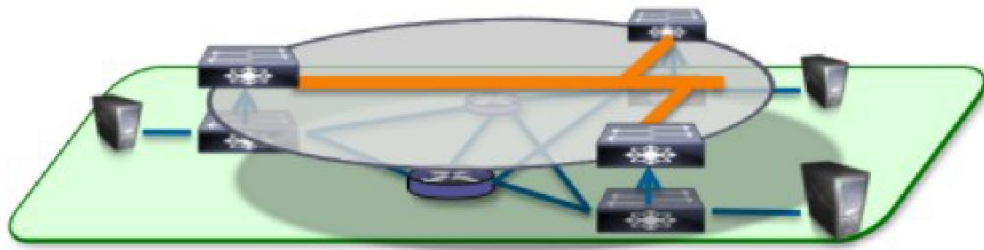


Abbildung 2.5: Einfache Darstellung eines Overlay-Netztes auf Basis eines bestehenden Netztes [Gan16]

2.2 Technische Grundlagen

2.2.1 Netztechnologien

Die nachfolgenden Netztechnologien sind die Grundlagen für die Netzvirtualisierung oder sind verwandte Techniken, welche für die spätere Abgrenzung im Vorfeld genauer beschrieben werden. Um den Bezug zur Praxis weiter zu vertiefen, werden praktische Bestandteile von Prozessen und technische Details anhand der Netzvirtualisierungslösungen NSX-V und NSX-T von VMware dargestellt. VMware bietet umfassende Lösungen im Bereich der Virtualisierung, welche alle Bereiche von Host- bis Netzvirtualisierung abdecken und sich sehr gut für praktische Einblicke eignen.

Overlay-Netze

Overlay-Techniken sind die Grundlage für die Virtualisierung von Netzen. Overlay-Netze sind Netze, welche logisch, möglichst unabhängig und auf einem anderen physischen oder logischen Netz aufgesetzt werden. Eines der bekanntesten Overlay-Netze ist das ursprüngliche Internet, welches auf den Netzen der Festnetz-Telefonie aufgebaut wurde [Rou14b]. Im Bereich des Rechenzentrums beschreiben Overlay-Netze „die Übertragung von Daten auf Layer 2 Ebene über virtuelle Tunnel, die über ein darunter liegendes Layer 2 oder Layer 3 Netzwerk gespannt sind.“ [Gan16] Je nachdem, ob die Vernetzung innerhalb eines Rechenzentrums oder zwischen verschiedenen Rechenzentren (DCI - Datacenter Interconnect) stattfindet, sind verschiedene Techniken geeignet.

Abbildung 2.5 zeigt ein Beispiel eines Overlay-Netztes, bei dem drei Netz-Knoten auf Basis eines komplexeren Netztes aufgesetzt sind.

Als Basis der Overlay-Netze dient der Aufbau von logischen Netzen über Techniken wie zum Beispiel VXLAN oder VPN.

Logische Netze

Die Grundlage der Netzvirtualisierung besteht zu einem Teil aus der Virtualisierung der Verbindungen zwischen den Netzgeräten, die sogenannte Linkvirtualisierung. Diese wird auch in herkömmlichen IT-Netzen auf unterschiedliche Weise genutzt. Die Netzvirtualisierung nutzt die Techniken der Linkvirtualisierung mit weiteren Techniken und bringt diese unter einen

ganzheitlichen Rahmen, um umfassende logische Netze zu erzeugen. Die folgenden Abschnitte zeigen die gebräuchlichsten Techniken auf, welche für das Verständnis der Netzvirtualisierung hilfreich sind. Zwei der bekannten Arten der Linkvirtualisierung sind Virtual Private Networks (VPN) für die Verbindung von Geräten und Netzen über Tunnelverbindungen, sowie die Virtual Local Area Networks (VLAN) und deren Weiterentwicklungen. [BFM10]

Virtual Private Networks (VPN) Zur Erstellung von isolierten Tunnel-Verbindungen in öffentlichen oder privaten Netzen werden Virtual Private Networks (VPN) erstellt. Meist werden diese benutzt, um Rechenzentren an verschiedenen Standorten oder einzelne Teilnehmer über eine gesicherte Verbindung anzubinden. [CB09] VPN beschreibt jedoch keine einheitliche Technologie und auch kein einheitliches Verfahren. Jedoch gelten die gemeinsamen Ziele die Authentizität, die Vertraulichkeit und die Integrität der übertragenen Daten sicherzustellen. Drei Arten [Sch19] von VPNs werden unterschieden:

- End-to-Site-VPN: sogenannter Remote Access von mobilen Nutzern zum Unternehmensnetz
- Site-to-Site-VPN: Verbindung von verschiedenen Standorten (z.B. Rechenzentren)
- End-to-End-VPN: Direkte Verbindung von einem Host zu einem anderen Host. Zum Beispiel eine Verbindung von zwei Servern zum geschützten Datenaustausch.

Zur Realisierungen von VPN-Verbindungen sind zum Beispiel folgende Techniken [Sch19] im Einsatz:

- IPsec
- SSL-VPN
- PPTP
- L2TP

Je nach eingesetztem Verfahren spielt sich die VPN-Verbindung und die genutzten Kapselprotokolle auf unterschiedlichen Layern des TCP/IP-Protokollstapel ab. Zum Beispiel läuft IPsec auf der Internetschicht (Layer 3 OSI-Schicht) und SSL-VPN auf der Anwendungsschicht (Layer 5 OSI-Schicht). Ebenso ist es möglich innerhalb des Tunnels Layer 2 und Layer 3 Verbindungen aufzubauen. [BH15]

Abbildung 2.6 zeigt ein Beispiel eines End-to-End-VPN. Es wird der physische Aufbau auf Basis eines Kapselprotokolls (Layer 3 oder höher) und die logische Sicht auf den inneren Layer 3 Tunnel dargestellt.

Für komplette Lösungen mit Netzvirtualisierung reichen VPNs noch nicht aus, da lokale Netze nicht damit verwaltet werden können, wie es mit (virtuellen) LAN Techniken möglich ist. Für den Schutz der Daten bei der Übertragung sind VPNs in vielen Fällen jedoch unentbehrlich.

Virtual Local Area Network (VLAN) Um Netze logisch unabhängiger von der physischen Basis strukturieren zu können, werden VLANs zur Vernetzung genutzt. Clients innerhalb eines LANs teilen sich einen Layer 2 Broadcast Bereich, auch wenn diese verschiedene Layer 3

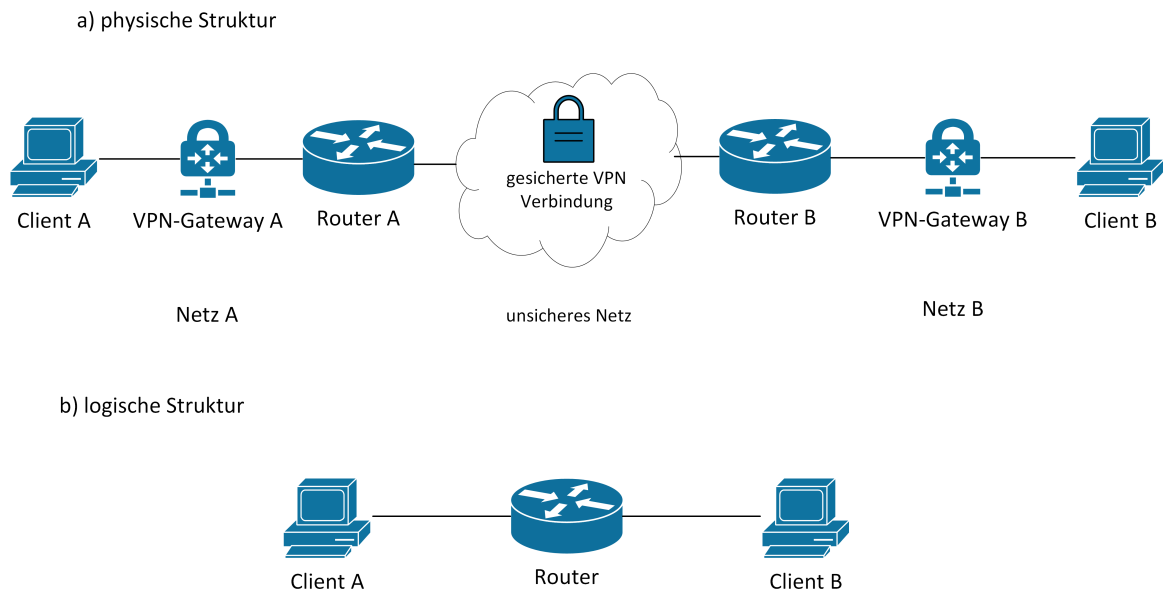


Abbildung 2.6: a) Beispiel einer physischen VPN-Struktur; b) Entsprechende logische Struktur. In Anlehnung an Beispiele aus [Sch19]

IP-Subnetze nutzen. Durch die VLAN-Technik (nach IEEE 802.1Q) werden die Broadcast-Bereiche und die jeweiligen Subnetze getrennt. Die Trennung erfolgt über definierte Switch-Ports oder über VLAN-Tags im Netz-Paket. Verbunden werden die unterschiedlichen VLANs und deren entsprechenden Subnetze über L3-Switche oder Router. Eine Besonderheit beim VLAN-Standard ist die Einschränkung auf maximal 4094 unterschiedliche VLANs [BR13]. Über die Erweiterung der Netz-Paket-Frames (Layer 2) mit den VLAN-Erweiterungsfeldern und VLAN-fähigen Switchen, können Hosts logisch zu Broadcast-Domänen verbunden werden. Die VLAN-fähigen Switches nutzen dann bei der Paketweiterleitung sowohl die MAC-Adresse als auch die VLAN-ID, um den Netz-Verkehr entsprechend weiterzuleiten. Dies erleichtert die Verteilung der physischen Geräte und die Administration des Netzes. Zusätzlich wird durch die VLAN-Technik eine Isolierung des Netzverkehrs erreicht. [CB09]

Abbildung 2.7 verdeutlicht die physische und logische Trennung durch VLANs.

Weiterentwicklung von VLAN Für größere Netze, wie diese in Rechenzentren verwendet werden und den dort herrschenden Anforderungen, reichen die Möglichkeiten von VLANs jedoch nicht aus. Die Notwendigkeit Benutzergruppen, Anwendungsgruppen oder auch verschiedene Kunden (Mandate) zu trennen, führt in der Praxis unter anderem zu folgenden Schwierigkeiten [HW11]:

1. Große Rechenzentren, insbesondere mit virtualisierten oder redundanten Umgebungen, benötigen mehr als die 4094 verfügbaren VLAN-IDs zur Verwaltung der Netzgeräte.
2. In Netzen unterschiedlicher Mandate werden gleiche VLAN-IDs bzw. teilweise auch gleiche MAC-Adressen verwendet.

Letzteres ist zum Beispiel dann problematisch, wenn sich verteilte Anwendungen sich über mehrere Standorte erstrecken und auf verschiedenen (virtuellen) Maschinen implementiert

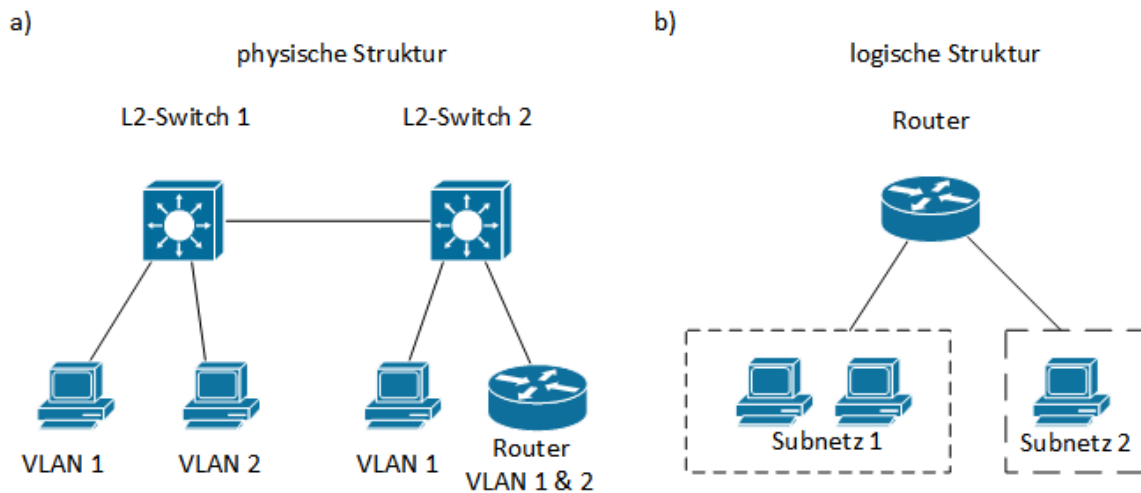


Abbildung 2.7: a) Beispiel eines physischen LAN mit Einsatz von VLANs; b) Entsprechende logische Struktur. [Sch14, in Anlehnung an Abb. 6.5]

sind oder virtuelle Maschinen zwischen Standorten verschoben werden sollen (Virtual Machine Mobility), ohne dass MAC-Adressen geändert werden. [BH15]

Aus diesem Grund wurden neue Verfahren und Protokolle entwickelt, um diese Schwierigkeiten zu lösen. Eines dieser Verfahren ist die Verwendung von Virtual eXtensible Local Area Networks (VXLAN), welche als Beispiel genauer betrachtet wird.

Virtual eXtensible Local Area Networks (VXLAN) Virtual eXtensible Local Area Networks (VXLANs nach RFC 7348) sind isolierte Gruppen von verteilten Maschinen, welche sich eine Broadcast-Domain (Layer 2) teilen und zum Beispiel als Subnetz eingerichtet sind. Die Verwendung erfolgt zum Beispiel häufig für virtuelle Maschinen, welche auf verschiedenen physischen Servern (an verschiedenen Standorten) laufen und als ein Subnetz organisiert werden sollen. [BH15]

Auf den ersten Blick hören sich diese Eigenschaften ähnlich an wie bei VLAN. Der Unterschied von VXLAN zu VLAN liegt jedoch in der technischen Basis, welche mehr Möglichkeiten bietet. VXLAN ist ein Kapsel-Protokoll, bei dem Layer 2 Ethernet Frames in Layer 3 UDP-IP Paketen transportiert werden. So können isolierte virtuelle Layer 2 Netze sich über Layer 3 Netze² spannen. [HW11] Abbildung 2.8 zeigt die logische Trennung verschiedener Maschinen auf Basis eines Layer 3 Transportnetzes.

VXLAN ist eine Entwicklung aus der Industrie, um Nachteile bisheriger Protokolle zu beseitigen. Unter anderem waren an der Entwicklung VMware, Cisco, Arista, Broadcom, Brocade, Emulex und Intel beteiligt. [HW11]

² Rein nach dem Standard ist es auch möglich VXLAN innerhalb eines Layer 2 Transportnetz zu nutzen. [STK⁺14]

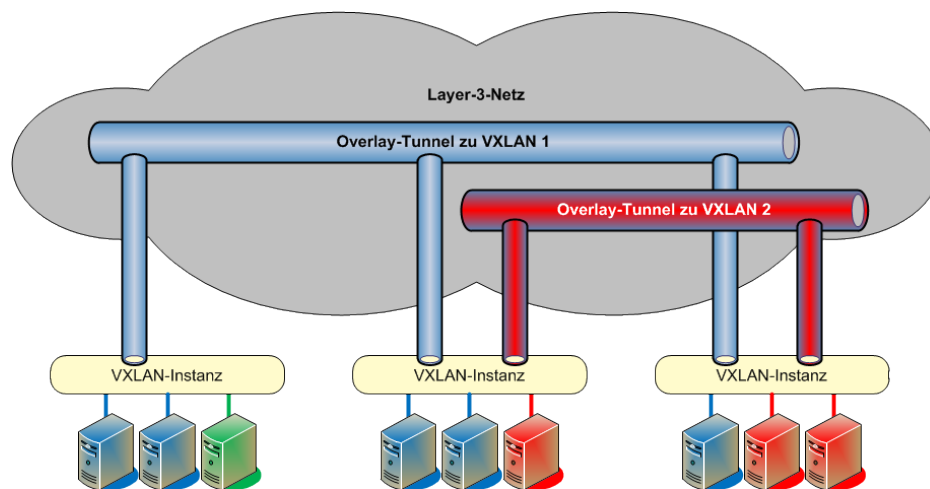


Abbildung 2.8: Layer 2 Netze über ein Layer 3 Transportnetz gespannt [HW11]

Zwei elementare Begriffe sind für das Verständnis einer VLAN-Umgebung von Bedeutung [jun19a]:

1. VXLAN network identifier (VNI): Eindeutige ID aus einem Adress-Pool von über 16 Millionen für die Identifizierung der verschiedenen VXLAN Segmente (ähnlich wie bei VLAN).
2. VXLAN tunnel endpoint (VTEP): Software oder Hardware Übergabepunkt bei dem die Pakete (ent-)kapselt werden. Dies kann zum Beispiel im Hypervisor der virtuellen Maschinen passieren oder VXLAN-fähigen Netzgeräten. Jedes VTEP hat eine eindeutige IP. Zusammen mit den VNI und den MAC-Adressen kann der Datenverkehr so zugeordnet und weitergeleitet werden.

VXLAN benötigt als physische Infrastruktur-Grundlage ein Layer 3 Netz (theoretisch auch Layer 2 möglich) und die Endpunkte (VTEP) des VLANs müssen VXLAN fähig sein. Außerdem dürfen die VXLAN-Pakete, welche durch die Kapselung größere Frames besitzen, nicht von den VTEPs fragmentiert werden. Die größere MTU (Maximum Transmission Unit) sollte am besten auf dem gesamten Verbindungspfad unterstützt werden. [STK⁺14, RFC 7348] Bis auf die oben genannten Eigenschaften, muss die Netz-Hardware für die Verwendung von VXLAN nicht zwingend zusätzlich geändert oder angepasst werden, um verwendet werden zu können. [Sch17a]

Für das netzübergreifende Erlernen der MAC-Adressen oder das korrekte Routing der IP-Pakete arbeiten bei VXLAN unterschiedliche Techniken zusammen. Je nach Implementierung handelt es sich hierbei zum Beispiel um (MP-)BGP und EVPN. [jun19a]

Dadurch lässt sich VXLAN auch zur Verbindung von Rechenzentren nutzen, wie es in Abbildung 2.9 gezeigt ist.

In Spezifikation und in der Praxis besteht VXLAN noch aus vielen weiteren Details, welche aber für die Betrachtung im Rahmen dieser Arbeit nicht relevant sind.

Neben VXLAN gibt es noch weitere Protokolle und Verfahren (z.B. NVGRE, STT, Trill, SPB), welche für die Erstellung von Overlay-Netzen genutzt werden können. Diese ergeben ähnliche Funktionen wie VXLAN und werden deshalb nicht genauer betrachtet. [Jac14b,

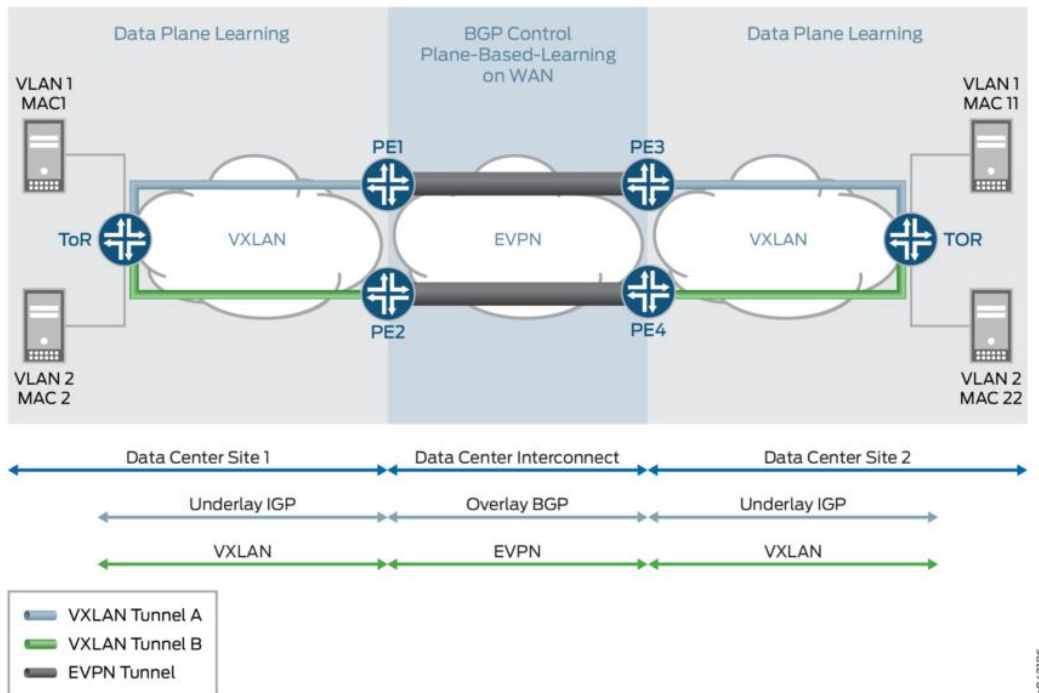


Abbildung 2.9: Verbindung zweier Datacenter über VXLAN und Zusatzprotokollen [jun19a]

HW11] Relevant ist jedoch noch der neue RFC Geneve, welcher in Netzvirtualisierungs-Produkten wie VMware's NSX-T eingesetzt wird.[Lee18]

Generic Network Virtualization Encapsulation (Geneve) Das Kapselprotokoll Generic Network Virtualization Encapsulation (Geneve) ist eine Weiterentwicklung bekannter Protokolle wie VXLAN, STT und NVGRE. Geneve kombiniert verschiedene Vorteile dieser Protokolle. Die Entwicklung wird von verschiedenen Firmen wie VMware, Microsoft, Red Hat und Intel vorangetrieben. [Lee18] Geneve ist speziell für Netzvirtualisierung mit Overlay-Netzen konzipiert und ein Kapselprotokoll, welches Tunnel zwischen verschiedenen Komponenten eines virtuellen Netzes erstellt. [GGS19] Das neue Protokoll kann parallel zu den bisherigen Protokollen verwendet werden. Auch sonst ähnelt die Verwendung denen von zum Beispiel VXLAN: Die Übertragung kann auf normaler Netz-Hardware geschehen, da die IP-Pakete der Endanwender im neuen IP-UDP-Geneve-Paket übertragen werden. Die (Ent-)Kapselung erfolgt dann wieder an den Tunnel-Endpunkten, welche entsprechend mit dem Geneve-Protokoll umgehen können müssen. [Jac14a] Um das Protokoll allgemein und zukunftstauglich nutzen zu können, besitzt Geneve keine Definition über die Control Plane, da diese sehr unterschiedlich aussehen kann und sich deshalb nicht einfach als Standard festgelegt werden kann. Der Hauptvorteil liegt bei Geneve aber in der Möglichkeit über ein flexibles Optionsformat zusätzliche Erweiterungen über Metadaten zu implementieren. Diese Erweiterungen lassen sich eindeutig definieren, sodass mögliche Konflikte bei der Verwendung von unterschiedlichen Erweiterungen vermieden werden. [Sch17a] Die Erweiterungen sollen zentral bei der IANA

als sogenannte „Geneve Option Class“ registriert werden können, um auch ein gewisses Maß an Interoperabilität zu schaffen. [GGS19]

Diese Erweiterungen benötigen Firmen wie VMware mit NSX, um umfassende Netzvirtualisierungslösungen zu ermöglichen.

Bei der Betrachtung der Kapselprotokolle zeigt sich, dass diese essenziell für effektive Netzvirtualisierung sind und die Trennungen von Verwaltungsebenen mit beeinflussen. Die primären Auswirkungen auf Prozesse erfolgen jedoch erst durch die Architektur und die Verwaltung der physischen und virtuellen Netze.

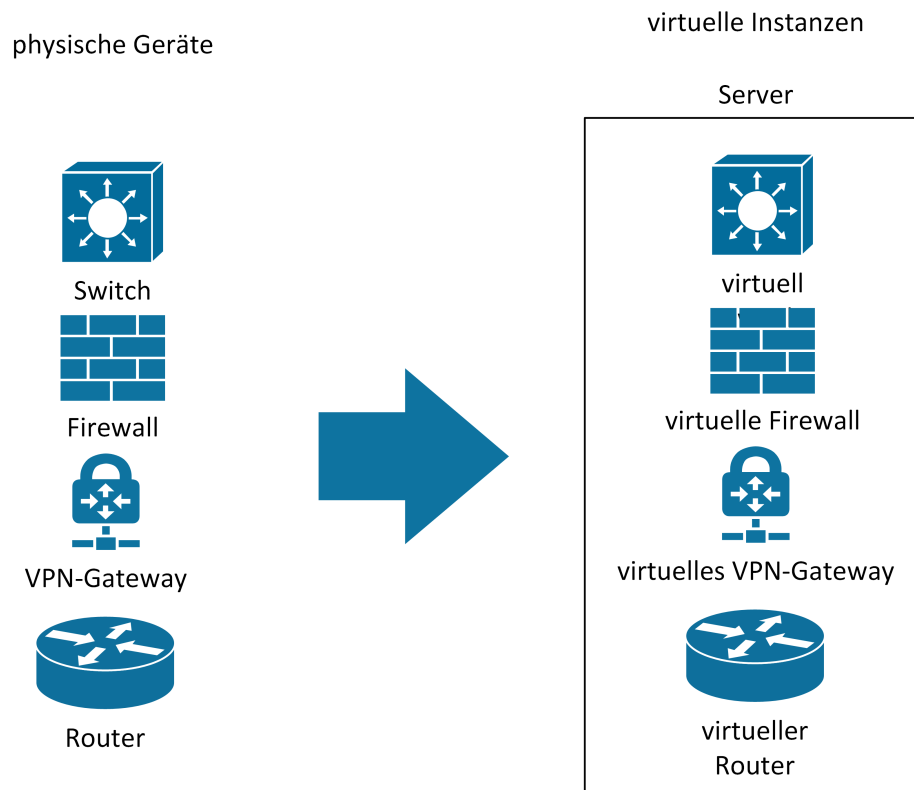


Abbildung 2.10: Beispiel für NFV. In Anlehnung an [Pfl16, Abbildung 2]

Netz-Funktions-Virtualisierung (NFV) Die Virtualisierung von Funktionen der Netzkomponenten (Network Functions Virtualization NFV) umfasst Techniken, um Services im Bereich IT-Netze als Software abzubilden. Dies unterscheidet sich von traditionellen Netz-Komponenten, bei denen die Funktion durch die Hardware oder eine spezifische Firmware bestimmt wird. Beispiele für solche Netzservices sind Firewalls, Verschlüsselung, Switches, Router, Load Balancer oder Intrusion Detection Systeme. Solange entsprechende Rechenpower vorhanden ist, können Funktionen flexibel ohne spezielle Hardware hinzugeschaltet werden. Die Verschiebung von physischen zu virtuellen Komponenten zeigt die Abbildung 2.10. Interessant sind ebenfalls die Möglichkeiten die Funktionen direkt bei den Netzteilnehmern z.B. als verteilter Router oder Firewall einzusetzen, welches mit Hardwarelösungen nicht möglich ist. Hier muss der Verkehr immer über das physische Gerät geleitet werden. Die NFV kann auf verschiedene Arten realisiert werden. Dazu gehört zum Beispiel die ange-

sprochenen verteilten Systeme, welche als separate virtuelle Maschinen, in Containern oder softwaregestützt auf dedizierten physischen Maschinen laufen.[RR18] NFV ist unabhängig von anderen Technologien wie Netzvirtualisierung einsetzbar. In der Praxis ist NFV meist ein fester Bestandteil der Netzvirtualisierungslösungen.

2.2.2 Software Defined Network

Das sogenannte Software Defined Network ist eine Architekturart und verfolgt den Ansatz, die Steuerung von Netzen und Netzkomponenten in die virtuelle Ebene zu verschieben. [sdx19a] Eine Kernidee ist dabei die Trennung der verschiedenen Funktionsebenen der Netzgeräte. Traditionelle Netzgeräte wie Switches besitzen eine Managementschicht (Management Plane) zur Verwaltung, eine Kontrollschicht (Control Plane) zur Steuerung des Datenverkehrs und eine Einheit zur Verarbeitung der eigentlich Daten (Data Plane) in einem Gerät. Die Konfiguration erfolgt entweder über eine proprietäre Anwendung der Hersteller oder wie in den meisten Fällen händisch für jedes einzelne Gerät per Konsole oder Webinterface (auch bekannt als box-by-box Konfiguration [MS18]). Die Idee bei der SDN-Architektur ist die Trennung der Ebenen. Die Steuerungsebene wird dabei ausgelagert und in einem zentralen Controller für das gesamte Netz gebündelt. Durch die zentrale Steuerungseinheit soll ein Zugriffspunkt zur externen Programmierung und Optimierung des Netzes erreicht werden. [Rou14a] Abbildung 2.11 zeigt zur Veranschaulichung diese Architektur mit Trennung der Ebenen Management Plane (Application Layer), Control Plane (Control Layer) und Data Plane (Infrastructure Layer).

Motivation für den Einsatz von SDN Der Architektur von SDN werden zum Beispiel folgende Möglichkeiten und Vorteile zugeschrieben [sdx19b, RR18]:

- *Programmierbarkeit des Netzes:* Durch die zentralisierte und von den Netzgeräten entkoppelte Steuereinheit wird die Programmierung des Netzes durch externe Software vereinfacht. Dies kann zum Beispiel zur Automatisierung genutzt werden.
- *Zentralisiertes Management:* Durch den zentralen SDN Controller lässt sich auch die Konfiguration zentral steuern. Werden standardisierte Protokolle verwendet, dann kann dies helfen ein Netz aus Komponenten unterschiedlicher Hersteller übergreifend zu verwalten.
- *Kostenreduzierung für Hardware:* Netzgeräte sollen selbst nur wenig Funktionen bereitstellen, da der Rest in Software abgebildet wird. Dies soll langfristig günstiger sein, als spezielle Hardware-Implementierungen.
- *Kostenreduzierung im Betrieb:* Einfachere Verwaltungs- und Automatisierungsmöglichkeiten sollen die Kosten im Betrieb senken.
- *Flexibilität:* Durch die Loslösung von statischen, physischen Komponenten und die Programmierbarkeit soll die Flexibilität steigen.
- *Realisierung von Mehr-Benutzer-Netzen:* Durch den Aufbau mehrerer getrennter virtueller Netze auf einem physischen Netz lassen sich sicher abgetrennte Netze für verschiedene Kunden erstellen. (Multi-Tenant-Networks)

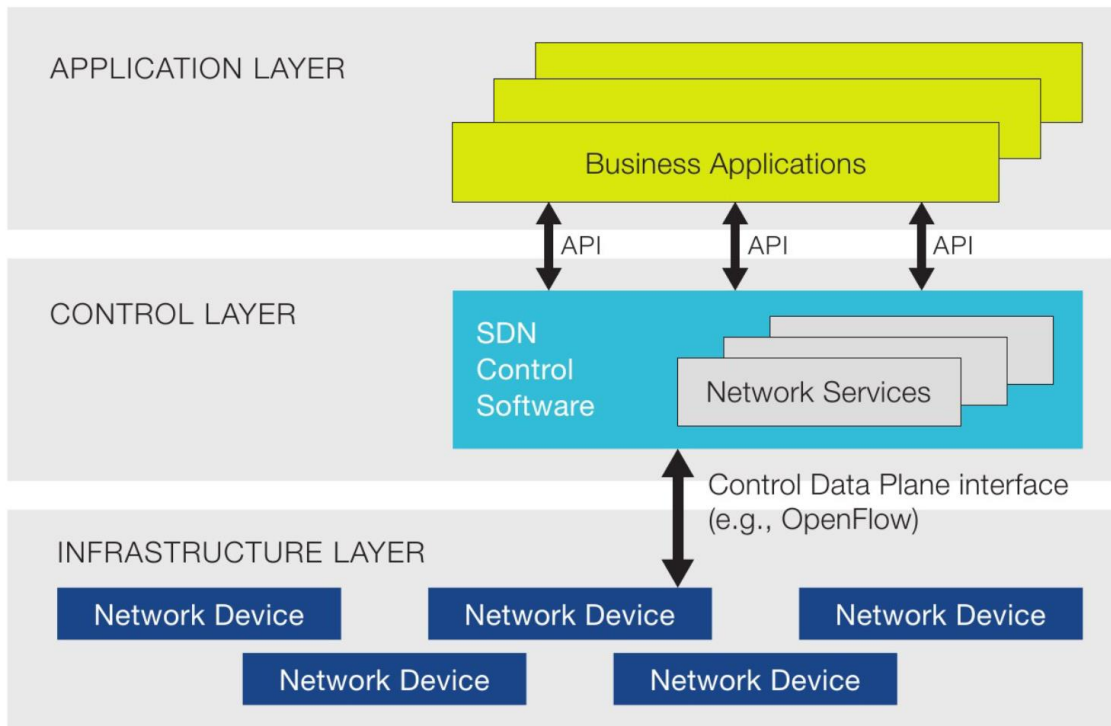


Abbildung 2.11: Die verschiedenen Ebenen der Software Defined Network Architektur [sdx19a]

- *Steigerung der Sicherheit durch erweiterte Segmentierungsverfahren:* Durch die Segmentierungsmöglichkeiten ohne Einschränkungen durch physische Hardware lassen sich fein-granulare Segmentierungen erstellen. Diese lassen sich durch die Netzfunktions-Virtualisierung mit verteilten Routern und Firewalls noch weiter ausbauen, sodass neue Konzepte bei der Netzsicherheit möglich sind.

Die theoretischen Vorteile und Möglichkeiten sollten stets kritisch betrachtet werden, da diese in der Praxis von der konkreten Implementierung, dem Zusammenspiel mit den verwendeten Prozessen und den übrigen Komponenten der eingesetzten Infrastruktur abhängt.

Ebenen der SDN-Architektur Je nach Definition und Grad der Trennung von Steuerungsebene und Datenebene lässt sich eine Netzinfrastruktur mit verschiedenen Geräten, welche zentral über eine Managementsoftware verwaltet wird, auch schon als eine Art SDN bezeichnen. Einige der vorherigen Punkte lassen sich ebenfalls auch mit anderen Ansätzen erreichen. Die Verwendung von prominenten Stichwörtern wie SDN machen sich viele Hersteller zu nutzen und vertreiben ganz unterschiedliche Lösungen unter diesem Begriff. Die verschiedenen Auffassungen zu SDN lassen sich in drei Überkategorien[Thi14] einteilen:

- **SDN als zentrale Netzkonfiguration:** Die Netzkomponenten arbeiten wie bisher mit lokaler Steuerungsebene. Jedoch erfolgt die Konfiguration über eine zentrale und übergeordnete Software. Die Kommunikation kann über proprietäre oder offene Standards erfolgen. Über APIs in der Steuerungssoftware lässt sich die Konfiguration auch

durch andere Anwendungen beeinflussen. Es werden entsprechend kompatible Netzgeräte benötigt. Dieser SDN-Ansatz erfüllt jedoch nur Teile der vorher dargestellten Möglichkeiten.

- SDN über SDN-Controller und dynamisch programmierbare Netzgeräte: Über einen zentralen Controller und offene oder proprietäre Steuerprotokolle (z.B. OpenFlow) werden die Netzgeräte dynamisch neu programmiert. Die Weiterleitung der Netzpakete erfolgt über sogenannte Flow-Tables, welche spezifische Flow-Rules beinhalten. Die Steuerungsebene im Controller und die Datenebene im Netz-Gerät sind hier klar getrennt. Die Netzgeräte müssen entsprechende Steuerprotokolle unterstützen.
- SDN über Overlay-Netze (Network Virtualization Overlay - NVO): Auf einem bestehenden physischen Netz wird ein virtuelles Netz erzeugt. Dieses nutzt das physische Netz als Grundlage, arbeitet aber ansonsten unabhängig davon. Für die Anwender verhält sich das virtuelle Netz wie ein physisches Netz. Solange bestimmte Rahmenbedingungen eingehalten werden, sind keine speziellen Netzgeräte nötig. Diese Technologie wird als Netzvirtualisierung im Rahmen dieser Arbeit betrachtet. Weitere Details zur Abgrenzung und Technik dazu finden sich in Kapitel 2.2.3 - *Netzvirtualisierung*.

2.2.3 Netzvirtualisierung

Definition und Abgrenzung Netzvirtualisierung

Unter der Virtualisierung von Netzen im Kontext der Informationstechnik werden verschiedene Techniken und Funktionen verstanden. Im Grundlagenteil wurden bereits grundlegende Techniken zur Erstellung von logischen, also virtuellen Verbindungen und Netzen vorgestellt. Im Folgenden soll weiter auf den Begriff der Netzvirtualisierung in dieser Arbeit eingegangen werden, sowie dieser von den verwandten Begriffen des Software Defined Network (SDN) abgegrenzt werden. Außerdem soll dargestellt werden, welche weiteren Bausteine im Kontext dieser Arbeit unter dem Begriff Netzvirtualisierung eingefasst werden.

Begriffungsunauigkeiten Technische Entwicklungen, welche in vielen Teilen von Neuheiten aus der Industrie geprägt sind, sind häufig schwer einheitlich zu definieren und abzugrenzen. Gerade im Themengebiet der Netzentwicklungen ist dies ebenfalls der Fall. In Kapitel 2.2.2 - *Software Defined Network* wurde bereits auf SDN eingegangen und die Ausprägungen aufgezeigt. Der Begriff der Netzvirtualisierung wird in diesem Abschnitt nochmal separat definiert. Je nach Definition beinhaltet SDN auch Netzvirtualisierung [Wit14] oder SDN ist Teil von Netzvirtualisierung [Rou13, Hut15]. Damit es nicht zu Missverständnissen kommt, sollte man sich als Leser in diesem Umfeld immer klar sein von welchem funktionellen und technischen Hintergrund gesprochen wird. Im Vorfeld zum nächsten Abschnitt kann deshalb zusammengefasst werden: In dieser Arbeit wird die Overlay-Technologie Netzvirtualisierung betrachtet.

Vorstufen der Netzvirtualisierung Die Vorstufe zur Virtualisierung von Netzen ist die Virtualisierung von einzelnen Verbindungen. Dazu zählen zum einen die Techniken zum Bilden von logischen Segmentierungen wie Virtual Local Area Networks (VLAN) oder neuere Techniken wie VXLAN oder Geneve. Zum anderen sind Techniken zur Erstellung von

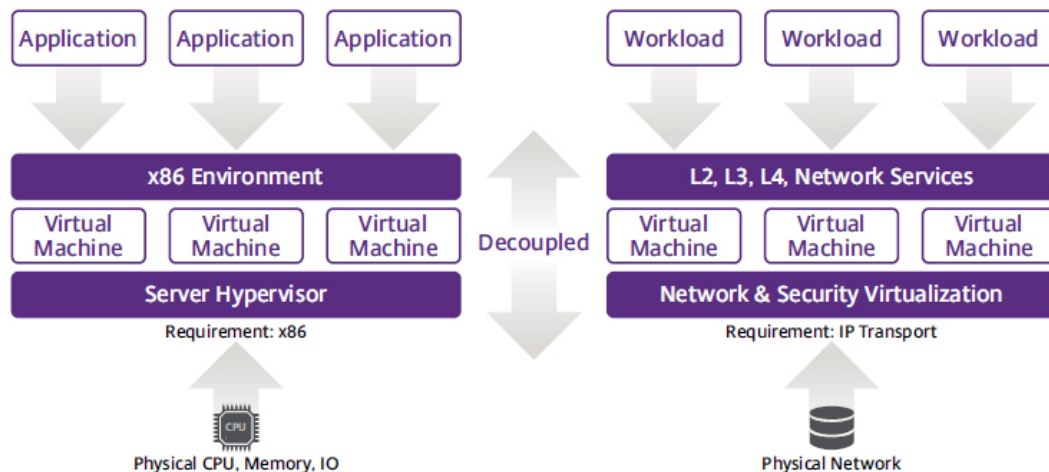


Abbildung 2.12: Architektur Vergleich von Netzvirtualisierung mit Hostvirtualisierung [Hut15]

(verschlüsselten) Tunnelverbindungen, wie Virtual Private Networks (VPN) ein Bestandteil davon.

Ganzheitliche Virtualisierung im Netz In dieser Arbeit bezieht sich Netzvirtualisierung jedoch auf als mehr als die Bereitstellung von Tunneln oder virtuellen LANs. Der Fokus der Netzvirtualisierung liegt darauf End-to-End Netz-Verbindungen zu ermöglichen, welche abstrahiert von der physischen Infrastruktur ablaufen. Dies lässt sich mit der Host-Virtualisierung vergleichen, bei der der virtuelle Server von der physischen Infrastruktur abstrahiert wird. Abbildung 2.12 zeigt den Vergleich zwischen Host- und Netzvirtualisierung und deren Verbindungen zwischen virtuellen und physischen Ressourcen. Die Details zur Architektur von Netzvirtualisierung werden in Kapitel 2.2.5 - *Architektur und Technik von Netzvirtualisierung* genauer dargestellt.

Ein weiterer Bestandteil der Netzvirtualisierung ist die Virtualisierung der funktionellen Netzkomponenten wie Switches, Router und weiterer Funktionen. Die sogenannte Network Function Virtualization (NFV) wurde bereits in Kapitel 2.2.1 genauer betrachtet. Durch die Kombination von Links und virtuellen Netzkomponenten lassen sich komplette virtuelle Netze erzeugen. [BFM10]

Im praktischen Einsatz werden die virtualisierten Komponenten zum Beispiel selbst wieder in virtuellen Maschinen bereitgestellt oder arbeiten als verteilte Komponenten direkt an den jeweiligen Netzknoten. [vmw19a]

Verzahnung der Virtualisierung Bei der Netzvirtualisierung wird auf einem oder mehreren physischen Netzen ein virtuelles Netz erzeugt, welches wiederum in ein oder mehrere virtuelle Netze aufgeteilt werden kann. Dieses Schema der Ressourcenbündelung und Neuverteilung findet sich ebenfalls in anderen Virtualisierungsbereichen, wie zum Beispiel der Hostvirtualisierung wieder, welche eng miteinander verzahnt sind.

Komplexität durch Virtualisierung Die Verwendung von Virtualisierung erhöht im ersten Schritt immer die Komplexität. Im Falle der Netzvirtualisierung muss eine zusätzliche Schicht (virtuelle Schicht) neben der physischen Schicht der Infrastruktur verwaltet werden. Dies bedingt zusätzliche Schnittstellen und damit auch neue potentielle Fehlerquellen. Der zusätzliche virtuelle Layer bietet im Gegenzug jedoch neue Möglichkeiten, welche die gesteigerte Komplexität wieder kompensiert. [BFM10] Die Vorteile und Möglichkeiten der Netzvirtualisierung folgen in den nächsten Kapiteln.

Abgrenzung SDN Die Hintergründe von Software Defined Networking wurden bereits in Kapitel 2.2.2 - *Software Defined Network* erklärt. Der Unterschied von SDN als Konfigurationswerkzeug, wie es bei vielen Herstellern angesehen wird, zur Netzvirtualisierung liegt im Kontext dieser Arbeit bei der Abstraktion der Verwaltung. Zur zentralen Konfiguration benötigt es meist physische Netzgeräte, welche mit dem SDN-Controller über ein Steuerprotokoll dynamisch programmiert werden können. Dies ist eine ganz andere Herangehensweise zur Steuerung von IT-Netzen als die Nutzung eines Overlay-Netzes und benötigt auf Ebene der Prozesse und Werkzeuge eine eigene Betrachtung, welche nicht im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt werden kann. Eine Lösung zwischen Netzvirtualisierung als Overlay-Technik und SDN mit physischen Geräten ist die Nutzung von virtuellen Netzgeräten mit Unterstützung von Flows. Dies ist zum Beispiel mit OpenVSwitch und dem OpenFlow-Protokoll möglich.[Ago16] Verwaltungstechnisch ergibt sich daraus eine ähnliche Situation wie bei der Netzvirtualisierung als Overlay-Technik. Entsprechend lässt sich dies später zusammen betrachten.

2.2.4 Motivation für den Einsatz von NVO

Die Motivation für die Nutzung der Netzvirtualisierung als Overlay-Technologie (NVO) basiert auf den Vorteilen von SDN, wie in Kapitel 2.2.2 - *Motivation für den Einsatz von SDN* beschrieben. Dazu gehören die Möglichkeiten der Programmierung und Automatisierung, die gesteigerte Flexibilität, Realisierung von Mehr-Benutzer-Netzen, erweiterte Segmentierungsverfahren etc. Aus diesen Möglichkeiten ergeben sich weitere Anwendungsfälle, welche für den Einsatz der Netzvirtualisierung als Overlay-Technologie³ sprechen. Hierunter fallen unter anderem folgende Punkte:

- *Vereinfachung von Prozessen:* Bereitstellungsworkflows von Ressourcen lassen sich durch Automatisierung z.B. in Cloud-Systemen und Bündelung der Verwaltung auf einzelne Teams und Automatisierung reduzieren. Komplizierte, zwischen Abteilungen springende Prozesse können entfallen.⁴
- *Erweiterte und konsequente Security-Mechanismen:* Durch die zentrale und übergreifende Kontrolle der virtuellen Netze sowie der Verwendung von virtuellen Komponenten können Security-Mechanismen direkt in die virtuelle Infrastruktur integriert werden. Außerdem lassen sich Security-Regeln konsequent durchsetzen ohne Einschränkungen durch inkompatible physische Geräte. Zentrale Security-Tools werden in herkömmlichen Strukturen zum Beispiel auch durch verschlüsselte VPN-Tunnel ausgehebelt. Weiterhin sind ausgeweitete Konzepte der Mikrosegmentierung möglich.[Vin17]
- *Verwaltung standortübergreifender Netze:* Durch länderübergreifende Netzinfrastrukturen wirken sich Störungen immer mehr auf globaler Ebene auf verschiedene Standorte aus. Die Netzvirtualisierung kann hier durch das einheitliche Management übergreifend helfen Störungen und Probleme zu vermeiden. [Vin17]
- *Inventar-Management:* Durch die zentrale Verwaltung des virtuellen Netzes gibt es Schnittstellen für Infrastruktur-Assets (Inventar) zum Beispiel zum automatischen aktualisieren der Inventar- und Konfigurationsdatenbanken⁵
- *Anbindung von Cloud-Systemen:* Reibungslose Anbindung der eigenen Netze an Public Cloud-Infrastruktur durch übergreifende Adressbereiche
- *Anpassung an die Softwareentwicklung* Im Entwicklungsbereich wächst der Bedarf an kürzeren Software-Releasezyklen, welche sich auch auf den IT-Betrieb auswirken und neue Anforderungen an diesen stellen. Aktuelle Themen sind im Bereich der Softwareentwicklung: DevOps, Agil, Continious-Pipelines, Cloud-Systeme, Container-Virtualisierung, Microservices.⁶ Netzvirtualisierung kann helfen Anforderungen aus dem Entwicklungsbereich gerecht zu werden
- *Performanceoptimierungen:* Durch verteilte und virtuelle Routing-Komponenten kann der Netzverkehr zwischen virtuellen Maschinen (East-West-Traffic) optimiert werden.[MS18]

Die Bedeutung dieser Punkte werden ebenfalls mit in Kapitel 6 - *Ergebnisse* mit betrachtet.

³Diese Möglichkeiten können bei anderen Netzvirtualisierungs-Technologien ebenfalls bestehen, werden im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht detailliert betrachtet

⁴Vergleiche Ergebnisse der Experteninterviews in Kapitel 5 - *Auswertung und Vergleich der Anwendungsfälle*

⁵Vergleiche Ergebnisse der Experteninterviews in Kapitel 2.1.2 - *Schritt 4: Auswertung*

⁶Vergleiche zum Beispiel die Vortragsthemen auf der OOP Konferenz 2020[SIG20] sowie Kapitel 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps, 2.3.4 - Agile Strukturen*

2.2.5 Architektur und Technik von Netzvirtualisierung

Die Verwaltung von Infrastruktur ist in vielen Fällen von der darunter liegenden Architektur abhängig. Diese beeinflusst, wie und in welcher Form eine organisatorische und fachliche Arbeitsaufteilung aussehen kann.

Der wesentliche Unterschied von herkömmlichen IT-Netzen und Netzen auf Basis von Netzvirtualisierung ist die Einführung einer übergreifenden Virtualisierungsschicht. Hierbei wird auf dem physischen Netz ein oder mehrere virtuelle Netze aufgebaut, wie Abbildung 2.13 zeigt.

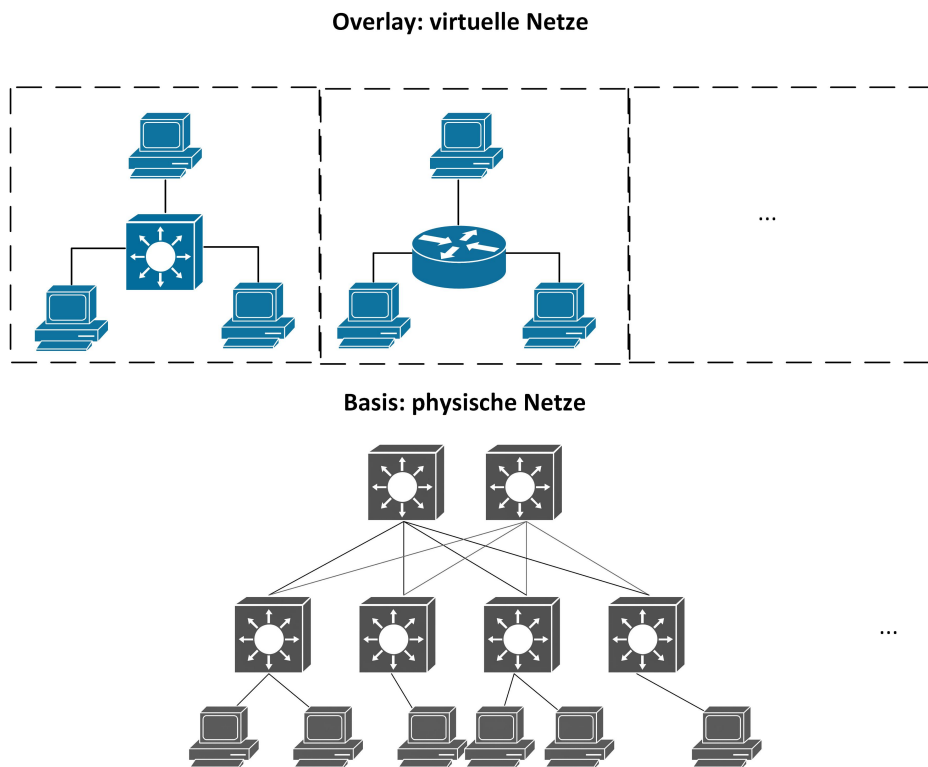


Abbildung 2.13: Aufbau zweier virtueller Netze auf Basis eines physischen Netzes. In Anlehnung an Abb.2 aus [BFM10]

Die Nutzung einer zusätzlichen Virtualisierungsschicht ähnelt der Nutzung von Hostvirtualisierung, wie Sie in Abbildung 2.12 im vorherigen Kapitel bereits genannt wurde. Jedoch lässt dieser einfache Vergleich keine tiefere Betrachtung zu, da die Eigenschaften von Netzen und Rechnern sich doch grundlegend unterscheiden.

In Kapitel 2.2.2 - *Software Defined Network* wurde bereits die allgemeine Abbildung 2.11 zur Architektur von Software Defined Networks gezeigt und auf die Trennung der verschiedenen Funktionsebenen klassischer Netzgeräte eingegangen. Abbildung 2.14 zeigt die verschiedenen Funktionsebenen angepasst an die Netzvirtualisierung als Overlay-Technologie, wie bereits in Kapitel 2.2.3 - *Definition und Abgrenzung Netzvirtualisierung* genauer eingegrenzt wurde.

Die unterste Ebene ist das physische Netz, welches die Basis des Overlay-Netzes ist. Darauf aufbauend wird das Overlay-Netz durch die Bestandteile der drei Schichten Data-, Control- und Management-Plane gebildet. Je nach Umsetzung kann das virtualisierte Netz

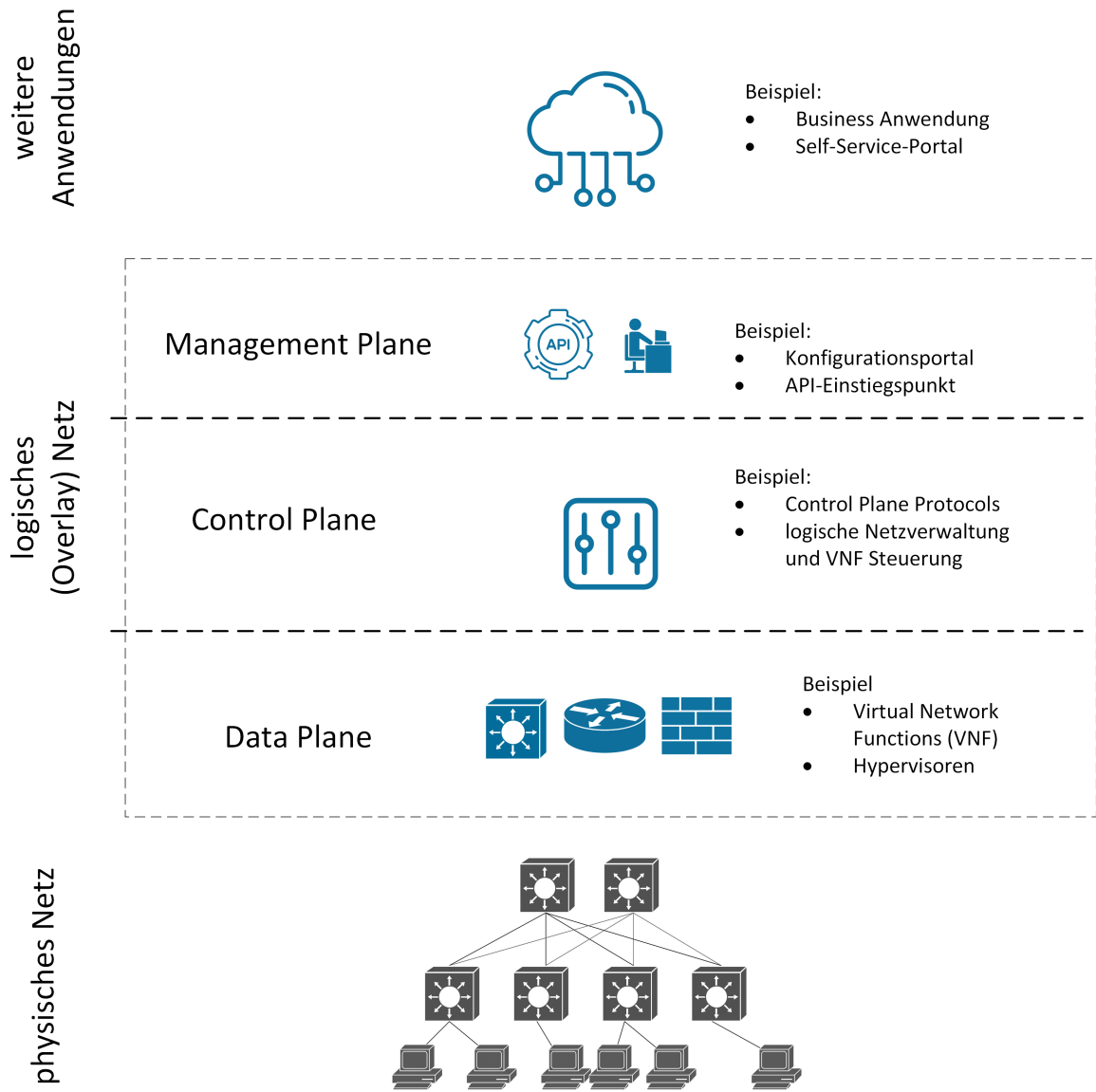


Abbildung 2.14: Verschiedene Ebenen der Architektur der Netzvirtualisierung. In Anlehnung an [NSX15, Abbildung 4]

dann weiter genutzt werden, um es über APIs in Businessanwendungen, Cloudlösungen oder Selfservice-Portale einzubinden. [NSX15] Zur praktischen Umsetzung dieser Schichten benötigt es folgende Bestandteile:

1. Transportprotokolle für Overlay-Netze
2. Ein oder mehrere physische Netze als Basis
3. verknüpfte und virtualisierte Netzkomponenten

Punkt 1 wurde bereits in Kapitel 2.2.1 - *Netztechnologien* genauer betrachtet. Punkte 2 und 3 werden in den folgenden Abschnitten betrachtet.

Physische Basis

Die physische Basis bei der Netzvirtualisierung auf Basis von Overlay-Netzen ist von der Architektur und Adressierung separiert. Die Basis kann entsprechend gängiger Best-Practice-Architekturen aufgebaut sein, solange die Anforderungen der Virtualisierungsschicht⁷ eingehalten werden und ein globales Transportnetz geschaffen wird. Ein Beispiel für ein generisches Netz zeigt Abbildung 2.15.

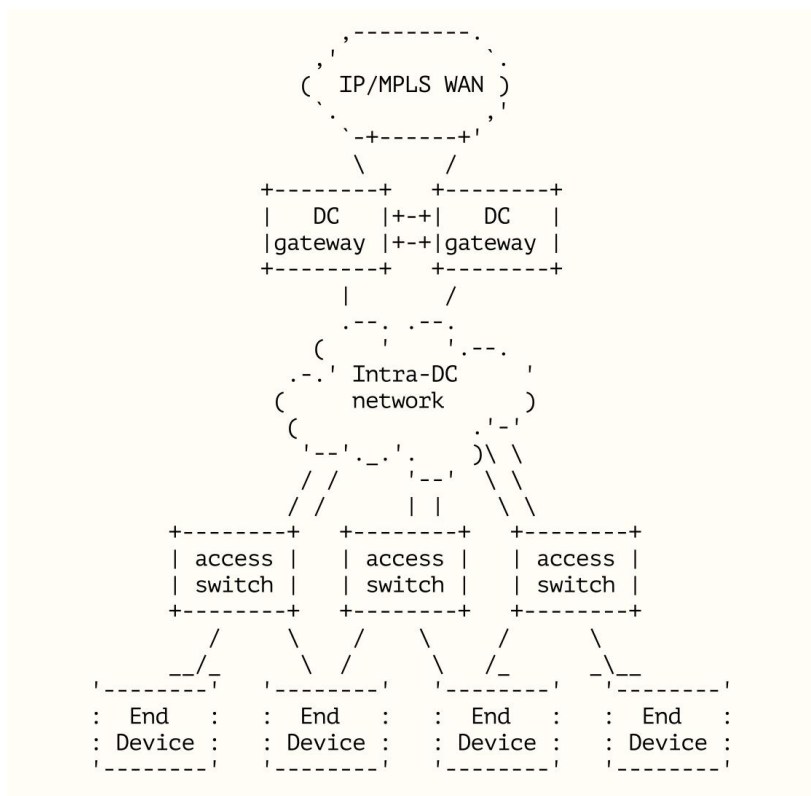


Abbildung 2.15: Generische Netzarchitektur für Rechenzentren [LBK⁺14, RFC 7365]

⁷Zum Beispiel die Anforderungen der Transportprotokolle wie VXLAN und Geneve, vgl. Kapitel 2.2.1 - *Logische Netze*

Das Transportnetz verknüpft die verschiedenen Hypervisor-Maschinen, auf denen auch die Module der Netzvirtualisierung installiert sind und die notwendigen Edge-Geräte für die Schnittstellen in andere (physische) Netze. Durch die Verschiebung der Verwaltung der Anwendernetze in die Virtualisierungsschicht ist die Ausrichtung der physischen Netzarchitektur und Gestaltung anders: Dynamisches Routing, Sicherheitsmechanismen wie Firewalls, Isolationen und erweiterte Funktionen verschieben sich in die virtuelle Schicht und müssen entsprechend im physischen Netz nicht so umfangreich wie in klassischen Architekturen ohne Netzvirtualisierung implementiert werden. Das physische Netz muss vor allem eine gute Performance bieten, um das virtuelle Netz nicht einzuschränken. Dies muss bei der Planung entsprechend berücksichtigt werden. [NSX15]

Logische Komponenten

Beim Overlay-Netz werden die logischen Netze durch Tunnel zwischen den Endpunkten zu den virtuellen Komponenten geschaffen. Entsprechend benötigt es Schnittstellen zwischen den virtuellen Komponenten und den physischen Netz-Schnittstellen.

Nach dem *Framework for Data Center (DC) Network Virtualization* nach RFC 7365[LBK⁺14] besteht ein *Network Virtual Overlay (NVO)* unter anderem aus folgenden Bestandteilen:

- *Tenant*: Nutzer, welcher das virtuelle Netzwerk oder damit verbundene Ressourcen verwendet. Nutzer können zum Beispiel ein Team, eine Abteilung oder ein ganzes Unternehmen sein.
- *Tenant System*: Physische und virtuelle Systeme, welche zu einem bestimmten Tenant gehören und an ein oder mehrere virtuelle Netze angeschlossen sind. z.B. Firewalls, Router, Switches etc.
- *Virtual Network (VN)*: Ein virtualisiertes Netz, welches auf dem physischen Netz aufgebaut ist und zu einem Nutzer (Tenant) gehört. Das virtuelle Netz verhält sich funktionell wie ein physisches Netz.
- *Network Virtualization Edge (NVE)*: Netzkomponente, welche die Schnittstelle auf Layer 2 oder 3 zwischen dem an das virtuelle Netz angebundene System (Tenant-System) und dem virtuellen Netz übernimmt. Das NVE kann virtuell z.B. im Hypervisor oder physisch z.B. in einem Switch oder Router implementiert sein. In einem NVE sind zum Beispiel die Data-Plane und Control-Plane Funktionen zu finden. Diese können jedoch auch getrennt auf verschiedene Geräte ausgeführt sein.
- *Virtual Network Instance (VNI)*: Spezifische Instanz eines Virtual Network (VN) aus Sicht einer Network Virtualization Edge (VNE). Ein VNE kann an verschiedene VNs angeschlossen sein.
- *Virtual Network Context (VN Context) Identifier*: Packet-Feld in einem Overlay Kapsel-Header, welches die spezifischen Virtual Networks (VN) identifiziert. Die Network Virtualization Edge (NVE) benötigen diese Identifizierung, um die Pakete in die richtigen VNs weiterzuleiten.
- *Virtual Access Points (VAPs)*: Logische Komponente innerhalb des Network Virtualization Edge (NVE), um Nutzer (Tenants) an das Virtual Network (VN) anzuschließen.

VAPs können physische oder virtuelle Netz-Ports sein, welche durch logische (z.B. VLAN ID) oder Interface IDs identifiziert werden.

- *Virtualization Authority (NVA)*: Komponente, welche Informationen zur Erreichbarkeit und Weiterleitung für die Network Virtualization Edges (NVE) ermöglicht.

Den Zusammenschluss der verschiedenen Bestandteile zu einem Network Virtual Overlay (NVO) zeigen die Abbildungen 2.16 und 2.17. In Abbildung 2.16 werden über verschiedene NVEs einzelne Tenant-Systeme verbunden. Um Informationen auszutauschen, können die NVEs über ein Control Plane Protokoll kommunizieren oder eine Virtualization Authority (NVA) nutzen.

Die funktionalen Komponenten in Abbildung 2.16 müssen nicht direkt auf physischen Komponenten wie in Abbildung 2.15 abgebildet werden. Zum Beispiel kann ein Endgerät ein Server Blade mit virtuellen Maschinen und einem virtuellen Switch sein. Eine VM kann einem Tenant System entsprechen und die NVE-Funktionen können über den Host-Server realisiert werden.

Die Abbildung 2.17 zeigt die Verbindung mehrerer NVEs. Verschiedene VNI können in einem NVE zusammengefasst werden und über die VAPs mit den Tenant-Systemen kommunizieren. Das Overlay Modul übernimmt das Einkapseln und Entkapseln des Nutzerdatenverkehrs, die Identifikation, Mapping etc.

Im RFC 7365[LBK⁺14] werden noch einige weitere Details zur Architektur und Funktionsweise eines NVO behandelt, welche für die Fragestellung dieser Arbeit jedoch nicht relevant sind.

In Kapitel 2.2.6 - *Beispielarchitektur bei VMware NSX-V* wird die Architektur von NVOs nochmal an einem praktischen Beispiel aufgezeigt.

2.2.6 Hersteller von Netzvirtualisierungssystemen

Im Bereich der Netzvirtualisierung gibt es verschiedene kommerzielle Produkte. Neben verschiedenen Forschungsprojekten, welchen für den praktischen Einsatz weniger relevant sind, gibt es ebenfalls einige Open Source Produkte. Der Markt ist auch deshalb undurchsichtig, da viele große Firmen wie HP oder VMware kleine Firmen zum Ausbau Ihres Portfolios einkaufen oder Lösungen als Firmenkooperation angeboten werden. [Hub15, Mar18, Den14, vmw16] Der Markt entwickelt sich hier noch in verschiedene Richtungen weiter, sodass es keinen Sinn macht hier auf weitere Details der Kooperationen und Schnittstellen einzugehen. Häufig werden Produkte zur Netzvirtualisierung auch nicht einzeln vermarktet, sondern sind Module von Cloud-Anwendungen.

Die angebotenen Systeme lassen sich primär in zwei Kategorien einteilen. Zum einen die Systeme, welche spezifische Netzhardware benötigen und zum anderen Lösungen, welche als reine Overlay-Technologie verwendet werden und nur aktuelle Netzhardware benötigen. Die Unterschiede wurden bereits in Kapitel 2.2.3 - *Definition und Abgrenzung Netzvirtualisierung* beschrieben. Zur Vollständigkeit werden für beide Ansätze Beispiele genannt.

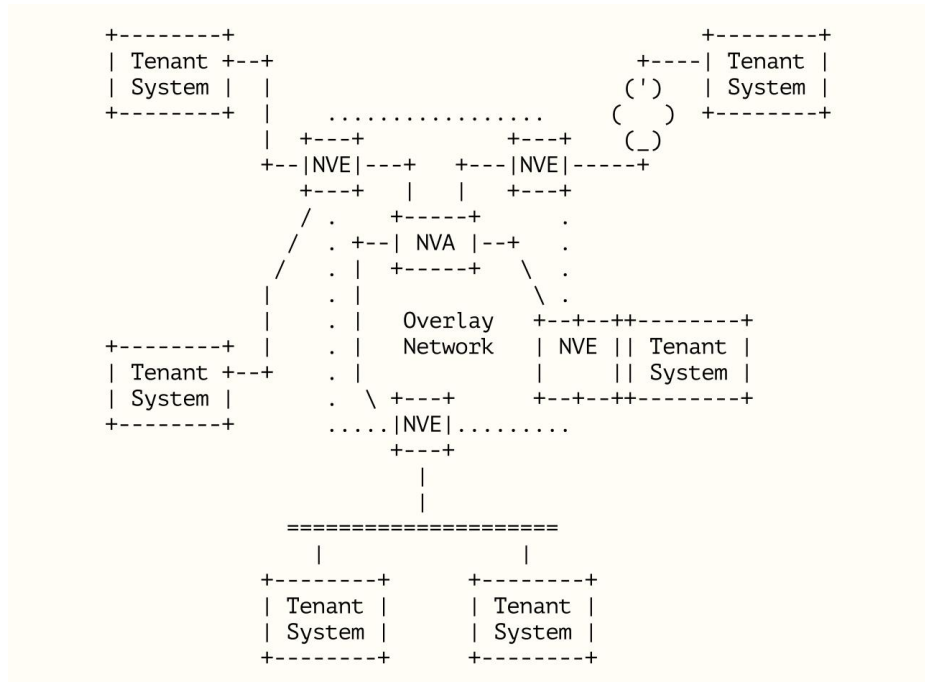


Abbildung 2.16: Generisches Referenzmodell für Network Virtualization Overlays[LBK⁺14, RFC 7365]

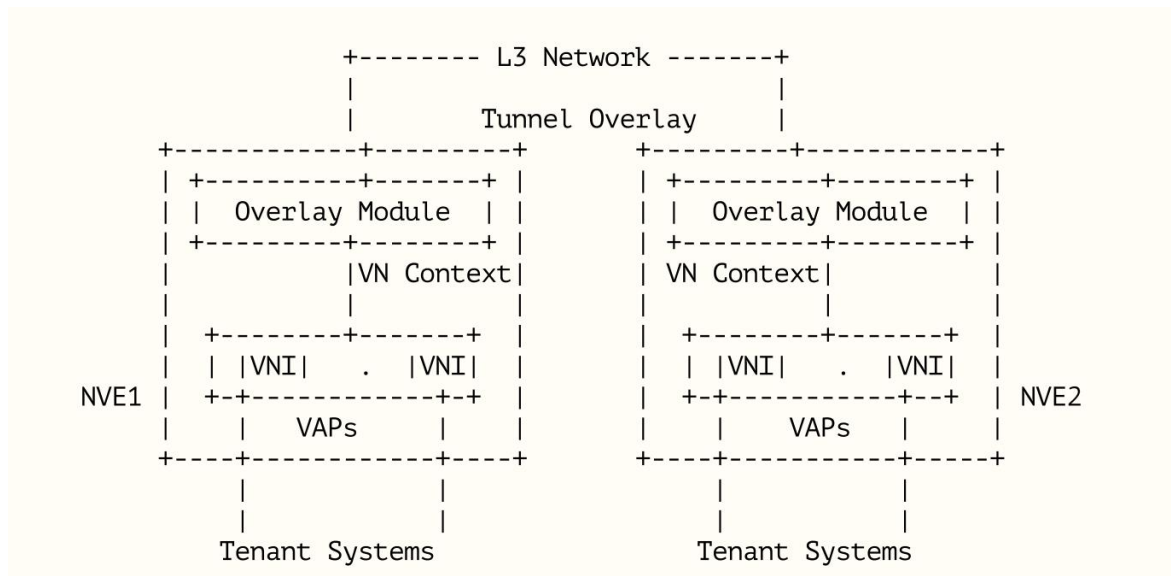


Abbildung 2.17: Generisches NVE Referenzmodell [LBK⁺14, RFC 7365]

Beispiele für Ansätze mit spezifischer Netzhardware:

- Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) [Kle16]
- Juniper Contrail Networking [jun19b]
- Cumulus Linux [Kle16]
- Arista Software Defined Cloud Networking[Ari16]

Beispiele für Ansätze mit Overlay-Technologie :

- VMware NSX [Kle16]
- OpenStack Neutron auf Basis von OpenVSwitch mit VXLAN/Geneve [Ope17, Ago16]
- Nuage Networks [Mel16]
- PLUMGrid ONS [Mel16]
- Tungsten Fabric (ehemals OpenContrail) [Mel16]
- MidoNet [Mel16]

Wie in der Einleitung der technischen Grundlagen bereits erwähnt, wird in dieser Arbeit als Beispiel primär auf das Ökosystem von VMware eingegangen.

Einführung VMware Ökosystem

Als konkretes Beispiel für eine praktische Umsetzung von Netzvirtualisierung im Enterprise-Bereich wird nachfolgend ein Teil der Produktpalette von VMware betrachtet. VMware bietet ein ganzes Ökosystem für den Bereich Rechenzentrum und Cloud an. Dazu gehören auch die Netzvirtualisierungsplattform NSX mit den zwei Versionen NSX-V und NSX-T.

NSX-Anwendungsfälle VMware NSX ist eine vollständige Netzvirtualisierungsplattform, welche auf Basis von logischen Netzen (über Overlay-Techniken) und Virtualisierung von Netz-Komponenten eine komplette Netzvirtualisierung ermöglicht. [NSX15]

VMware beschreibt für den Einsatz von NSX zum Beispiel folgende Anwendungsfälle [OK18]:

- On-demand IT Infrastructure
- Service-like experience
- Developer-centric IT

Die Anwendungsfälle profitieren vor allem durch die zentrale API zum (virtuellen) IT-Netz und von den Möglichkeiten der Automatisierung. NSX kann zum Beispiel in Kombination mit den Automatisierungswerkzeugen VMware vRealize Automation, VMware vRealize Orchestrator, VMware vCloud Director und OpenStack oder Tools wie PowerNSX, PowerCLI, PyNSX verwendet werden. [OK18]

NSX-V und NSX-T VMware NSX wird in zwei Arten angeboten. Die ursprüngliche Version NSX-V und die neuere Version NSX-T. NSX-V (V für „vSphere“) ist ein Bestandteil der vSphere Software Defined Datacenter Plattform. Als integrierte Lösung ist es speziell dafür konzipiert mit anderen Produkten, wie virtuellen Maschinen von VMware, zusammenzuarbeiten. NSX-T (T für „Transformers“) ist hingegen für andere Anwendungsfälle konzipiert und kann auch alleine als Plattform für Netzvirtualisierung verwendet werden. Insbesondere eignet sich dieses auch für die Verwendung mit Software von externen Anbietern oder Open-Source Projekten wie KVM, Openstack, Kubernetes oder Docker. Neben der Ausrichtung unterscheiden sich die beiden NSX-Versionen auch technisch. Zum Beispiel wird in NSX-V als Kapsel-Protokoll VXLAN verwendet, bei NSX-T das neuere Geneve Protokoll. [Lee18] Die technischen Details sind für die weitere Betrachtung jedoch nicht weiter von Belang.

Details zur Zusammensetzung einer vollständigen Architektur mit NSX wird in Kapitel 2.2.6 - *Beispielarchitektur bei VMware NSX-V* beschrieben.

VMware Software Defined Data Center (SDDC) Ökosystem Die Netzvirtualisierungsplattform NSX (insbesondere NSX-V) ist ein Bestandteil von VMware im Bereich des Software Defined Data Center für Rechenzentren und den Cloudbereich. Da bei den späteren Prozessen aus der Praxis zum Beispiel das VMware-Ökosystem eine Rolle spielt, werden im folgenden einige der Bestandteile [vmw19a] genannt, welche für ein Software Defined Data Center nach VMware im Einsatz sind:

- vSphere: zentrale Plattform zur Hostvirtualisierung mit eigenem Hypervisor Betriebssystem ESXi
- vCenter: zentrale Administrationsoberfläche für das VMware SDDC
- vSAN: Plattform für virtuellen Speicher
- vRealize Suite: Hybrid-Cloud-Management-Plattform z.B. mit vRealize Automation ein Automatisierungs-Tool
- NSX: Netzvirtualisierungsplattform

Beispielarchitektur bei VMware NSX-V

In diesem Abschnitt soll ein Network Virtual Overlay (NVO) mit dem Zusammenspiel von verschiedenen Komponenten anhand von einem vereinfachten Beispiel mit VMware NSX gezeigt werden. In Abbildung 2.18 ist ein Überblick über die verschiedenen Netzschichten und die dafür zuständigen Komponenten zu finden.

Bereitstellung der Management-Instanzen NSX nutzt als Basis ein physisches Netz (in Abbildung 2.18 unten grau angedeutet) und baut auf einem Fundament von virtuellen Maschinen auf. Die virtuellen Maschinen beheimaten die Management-Software (z.B. NSX Manager, NSX Controller, vRealize Automation) Die Management Instanzen werden z.B. über ein vSphere Cluster bereitgestellt. Teile der Komponenten (Distributed Logical Router, vSwitch, verteilte Firewalls sind direkt in die Hypervisor-Maschinen integriert. [vmw19a]

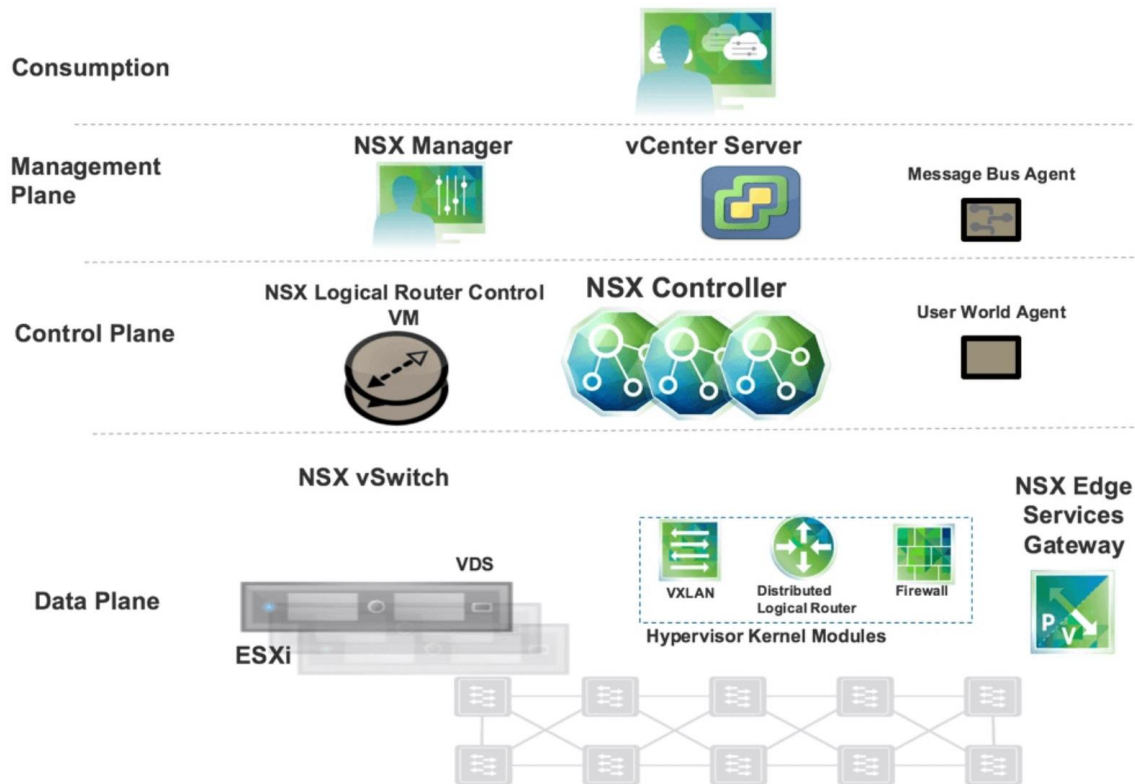


Abbildung 2.18: Praktisches NVO Beispiel mit VMware NSX und verschiedenen Komponenten [vmw19b]

Virtualisierungsschichten Entsprechend der Abbildung 2.18 befinden sich folgende Komponenten auf den verschiedenen Ebenen [vmw19a]:

1. *Management plane:*

- *NSX Manager:* Stellt die API für grafische Interfaces und zum Beispiel die Anbindung an das vCenter bereit. Dient es als Konfigurations- und Verwaltungselement für die anderen Komponenten.
- *vCenter:* Zentrales Verwaltungstool für das softwarebasierte Rechenzentrum, in das NSX-V eingebunden ist.

2. *Control Plane:*

- *NSX Controller:* Ermöglicht in Kombination mit *vSphere* und dem *vSphere Distributed Switch (VDS)* Multicast-freies VXLAN und Programmierung der Control Plane zum Beispiel den *Distributed Logical Router (DLR)*.
- *Distributed Logical Router (DLR):* Logisches Element, welches direkt mit den Interfaces der Hosts verbunden ist. Ermöglicht verteiltes Routing direkt bei den Hosts. Dafür sind Bestandteile des DLR in der Data Plane mit integriert.

3. *Data Plane:*

- *NSX Edge Services Gateways (ESGs):* Schnittstellen, zum Beispiel für die Kommunikation zwischen dem Overlay und dem externen (physischen) Netzen. Diese ermöglichen erweiterte Netzfunktionen wie NAT, Load Balancing oder VPN Anbindungen.
- *ESXi kernel modules:* Ein Set von virtuellen Komponenten, welche direkt auf den *ESXi* Hosts installiert werden, um virtuelle Funktionen auf den Host-Systemen zu ermöglichen. Zu diesen Funktionen gehören verteilte Firewalls, verteiltes Routing oder zusätzliche Security Funktionen wie *Guest Introspection*

Die Netzvirtualisierung von VMware wird von einem NSX-Control-Server verwaltet. Mit

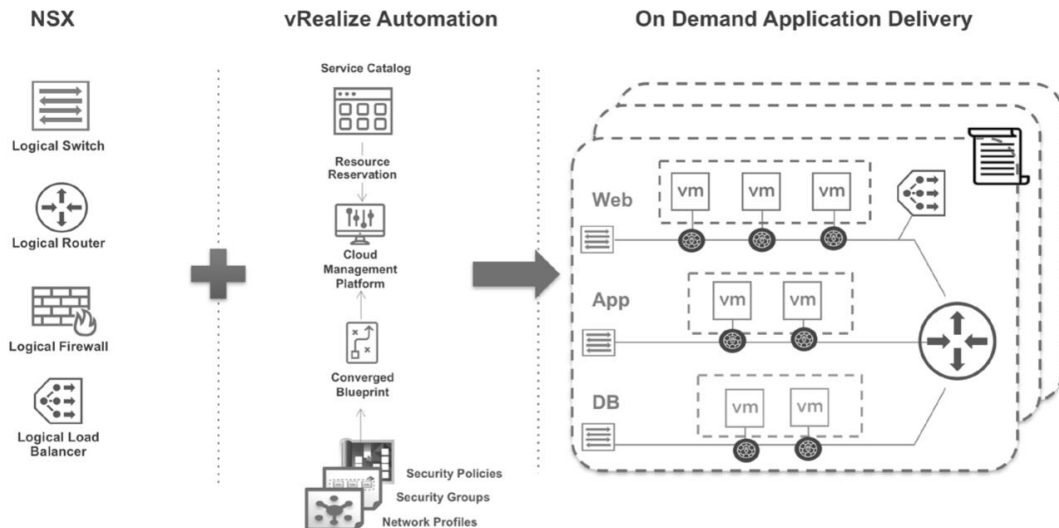


Abbildung 2.19: Automatisierung mit VMware NSX und vRealize Automation [OK18]

diesem können virtuelle LANs auf Basis des physischen Netzes aufgebaut und verwaltet werden. Die Software des NSX-Servers steuert die NSX-Komponenten, welche auf den Servern installiert sind. Dadurch besitzt NSX einen Gesamtblick auf alle virtuellen Maschinen und virtuellen Netzservices. Entsprechend kann der Controller den Netzverkehr organisieren, optimieren und verwalten. Dabei können Funktionen der virtuellen Netzservices genutzt werden. Bei der Verwaltung des virtuellen Netzes muss keine Rücksicht mehr auf das physische Netz genommen werden, da die gesamte dynamische Verwaltung virtuell funktioniert. Für die Anbindung an externe Netze werden Gateways benutzt. Andere Systeme können über die zentrale API Einfluss auf das Netz nehmen. [Big14]

Weiterführung der Netzvirtualisierung Die dargestellte Netzvirtualisierung auf Basis von NSX lässt sich zum Beispiel weiter nutzen, um automatisiert ganze Infrastruktur-Stacks bereitzustellen oder Netzservices für Nutzer innerhalb von Self-Service Portalen anzubieten. Zum Beispiel kann dies in Kombination von weiteren Komponenten wie vRealize Automation ermöglicht werden. Vereinfacht dargestellt, kann z.B. vRealize Automation über das vCenter benötigte virtuelle Maschinen erstellen und über NSX Manager die zugehörigen Netzressourcen anbinden.[OK18] Visualisiert ist dies in Abbildung 2.19

2.2.7 Bedeutung der NVO Architektur für die Verwaltung

Aus der vorangegangenen Betrachtung der Architektur und der praktischen Umsetzung lassen sich verschiedene Bedeutungen für die Verwaltung des physischen und virtuellen Netzes ableiten.

Die zusätzliche Netzschicht bedeutet ebenfalls eine weitere Schicht bei der Verwaltung, welche es erschwert die komplette Abläufe in der Infrastruktur zu durchschauen.

Die Anforderungen an das physische Netz sinken auf der Funktionsebene, da mehr dynamische Komponenten im virtuelle Netz abgebildet werden. Der Konfigurationsaufwand

des physischen Netzes kann reduziert werden. Jedoch wird weiterhin spezifisches Netzfachwissen benötigt z.B. über Routing-Protokolle, da das virtuelle Netz die Mechanismen und Protokolle von physischen Netzen übernimmt. Die Netzvirtualisierung kann deshalb keine Problemstellungen (z.B. Adressknappheit, Ressourcen-Engpässe) in den physischen Schichten direkt lösen. Jedoch wird ein Großteil der dynamischen Aspekte in die virtualisierte Schicht verschoben und kann hier besser durch die übergreifende Software-Steuerung gehandhabt werden. Trotzdem bedeutet die Netzvirtualisierung die Verschachtelung von verschiedenen Fachbereichen bei der Verwaltung: Das virtuelle Netz baut auf einem physischen Netz auf. Die Komponenten der Netzvirtualisierung arbeiten selbst auf virtuellen Maschinen. Es vermischen sich dadurch deutlich die Fachbereiche *Netz*, *Virtualisierung* und angrenzende Bereiche wie *Betriebssystem*, *Sicherheit* etc. Gerade im Fehlerfall ist davon auszugehen, dass Betrachtungen aus verschiedenen Richtungen stattfinden müssen und das Fachwissen aus verschiedenen Bereichen nötig ist.

Durch die Anbindungsmöglichkeiten über APIs lassen sich Aufgaben aus dem Netzbereich über externe Anwendungen realisieren. Die Netzvirtualisierung ermöglicht so zum Beispiel die Verwaltung der dynamischen und aktiven Nutzernetze ohne herstellerspezifisches Fachwissen für die Konfiguration einzelner Netzhardware zu haben. Das kann zu einer Verschiebung von Teilen der Verwaltungsaufgaben des IT-Betrieb in Richtung der Kunden führen. Dies ist in ausgeweiteter Form vor allem im Cloud-Umfeld von Bedeutung, welche auf der Netzvirtualisierung aufbaut und wir deshalb im Unterkapitel 2.2.8 - *Modell der geteilten Verantwortung* detailliert betrachtet.

2.2.8 Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud-Computing

Die Netzvirtualisierung spielt in der Praxis vor allem eine Rolle innerhalb größerer Gesamtsysteme. Hierzu gehören die beiden Begriffe Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud.

Definition Software Defined Data Center (SDDC) Ursprünglich stammt der Begriff *SDDC* vom Hersteller VMware. Ein alternativer Begriff mit der gleichen Bedeutung ist *Software Defined Infrastructure (SDI)*, welcher vom Hersteller Intel verwendet wird oder ganz allgemein *virtualisiertes Datencenter (VDC)*. Der Begriff SDDC ist in der Praxis jedoch häufiger zu finden. [MK17]

Das SDDC unterscheidet sich im Vergleich zu traditionellen Rechenzentren durch die zusätzliche Verwendung von virtualisierten Komponenten. Dieser Schritt bietet den Betreibern von Rechenzentren die Möglichkeiten zu verschiedenen Arten der Optimierung. Trotzdem muss beachtet werden, dass auch eine virtualisierte Umgebung auf physischen Ressourcen aufbaut, welche entsprechend betrieben werden muss. [RR18] Anders beschreiben lässt sich das SDDC mit einer ganzheitlichen Lösung für Virtualisierung in allen Bereichen des Rechenzentrums im Bereich der IT-Infrastruktur. Das SDDC besteht aus den drei primären Säulen *Software-Defined Compute*, *Software-Defined Network* und *Software-Defined Storage*. [RR18] Ergänzen lässt sich dies um weitere Säulen, wie zum Beispiel dem Themenbereich Sicherheit. Die Infrastruktur im SDDC wird aggregiert, virtualisiert und gebündelt als Services zur Verfügung gestellt. Teilweise wird hier der Begriff *IT-as-a-Service (ITaaS)* verwendet. [MK17]

Ein SDDC kann theoretisch unabhängig von möglichen Cloud-Modellen betrieben werden, wird in der Praxis aber in den meisten Fällen in Kombination betrieben. In einzelnen Fällen

findet sich entsprechend der Begriff *Software Defined Cloud Center*. [RR18]

Definition Cloud Nach der Definition der *National Institute of Standards and Technology (NIST)* [MG] beschreibt eine Cloud ein Modell zum Zugriff auf geteilte Ressourcen, welches bestimmte Eigenschaften aufweist. Die Ressourcen können zum Beispiel Netzinfrastruktur, Server, Speicher, Anwendungen und Services sein.

Folgende Eigenschaften [MG] sind für eine Cloud-Umgebung charakteristisch:

- *On-demand self-service*: Kunden können Ressourcen über ein automatisiertes System beziehen. In der Regel muss dadurch selbst weniger Zeit in das Aufsetzen und Betreiben von Infrastruktur investiert werden. Praktisch bietet das den Vorteil beispielsweise bei Entwicklungsprozessen mehr Zeit in die Business-Logik von Anwendungen investieren zu können.
- *Broad network access*: Die Services der Cloud-Umgebung sind über (interne oder öffentliche) Netze erreichbar.
- *Resource pooling*: Die Ressourcen des Providers können von verschiedenen Kunden parallel (mandantenfähige Systeme) genutzt werden.
- *Rapid elasticity*: Die Ressourcen können flexibel mit steigendem oder sinkendem Bedarf skaliert werden.
- *Measured service*: Die genutzten Ressourcen können automatisch erfasst werden.

Cloud-Bereitstellungsmodelle Der Begriff der Cloud wird häufig als Synonym für eine Nutzung von Infrastruktur über das Internet gleichgesetzt. Entsprechend der Definition und dem praktischen Einsatz im Enterprise-Bereich ist dies aber nicht immer der Fall.

Bei Cloud-Anwendungen werden verschiedene Bereitstellungsmodelle je nach Zielgruppe eingeteilt. Hierbei wird unterschieden in *Private Cloud* (z.B. firmeneigene Cloud-Umgebung), *Community Cloud* (für spezifische Gemeinschaften), *Public Cloud* (über das Internet verfügbar) und *Hybrid Cloud* (Mischsystem aus verschiedenen Modellen). [MG] Auch wenn viele Cloud-Angebote heutzutage über Public-Cloud-Anbieter, wie Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud und weitere bezogen werden, betreiben auch viele Firmen eigene Cloud-Systeme, um Services firmenintern oder für externe Kunden anzubieten. Im Private-Cloud- oder Hybrid-Cloud-Bereich kommen zum Beispiel Open Source Systeme wie OpenStack und Open Nebula oder proprietäre Lösungen, wie beispielsweise von VMware oder anderen Anbietern, zum Einsatz.

Cloud-Servicemodell Cloud-Systeme und Angebote, egal ob als privat, öffentlich oder hybrid angeboten, unterscheiden sich in ihrem Servicemodell. Das Servicemodell hat starke Auswirkungen darauf, welchen Anteil des IT-Betriebs der Provider und welchen Anteil der Kunde übernimmt. Je nach Servicemodell werden die Ressourcen auf den drei Dienstleveln *Infrastructure as a Service (IaaS)*, *Platform as a Service (PaaS)* oder *Software as a Service (SaaS)* angeboten. [MG] Abbildung 2.20 zeigt die Unterschiede zwischen den Modellen aus Sicht eines Cloud-Anbieters. Das linke Schichtenmodell „On Premises“ bezeichnet eine Nutzungsart bei dem der komplette Betrieb einer Infrastruktur selbst (vom

Nutzer/Unternehmen/Kunden) verwaltet wird. Je weiter nach rechts im Schema gegangen wird, desto mehr Verwaltung übernimmt der Cloud-Anbieter.

Wird das Modell im Kontext eines Unternehmens mit einer Private Cloud betrachtet, so würde der linke (*On-Premises*) Fall in den meisten klassischen IT-Organisationen vor der Einführung einer Cloud-Umgebung so aussehen, dass jede Schicht (z.B. Netzwerk, Speicher, Server, ...) von einem eigenen Team/Abteilung verwaltet wird. Entsprechend wird der interne Kunde im Unternehmen, welcher IT-Ressourcen benötigt, je nach Prozess über Ticket-Systeme oder andere Anfragen an die einzelnen Teams/Abteilungen der IT-Organisation seine benötigten Ressourcen anfordern und einrichten lassen. Bei der Nutzung einer Cloud-Lösung (unabhängig, ob Public, Hybrid oder Private), welche zum Beispiel den Bezug über Self-Service-Portale ermöglichen, kann entsprechend dem Servicemodell IaaS, PaaS und SaaS entschieden werden, welche Ressourcen der (interne) Kunde per Cloud-Anwendung und Automatisierung beziehen kann. Abbildung 2.20 zeigt aber nicht deutlich genug die Unterschiede zwischen physischem und virtuellem Netz. Zwar übernimmt der Cloud-Anbieter zum Beispiel beim IaaS die Verwaltung des physischen Netzes, aber nicht die Verwaltung des virtuellen Netzes. Je nach Angebot kann sich der Kunde sein eigenes virtuelles Rechenzentrum mit verschiedenen Netzen zusammenstellen. Diese müssen je nach Komplexität der Anwendung ebenfalls verwaltet werden, auch wenn die Komplexität sich unterscheidet im Vergleich zu physischen Netzen. Je nach verwendetem Modell verschiebt sich die Verwaltungshoheit und Verantwortung über die IT-Ressourcen. Ohne Cloud-Anwendung ist die Aufteilung der Verwaltungshoheit und Verantwortung meist eindeutig, da die Administratoren der Fachabteilungen/Teams die IT-Ressourcen ihres Bereiches verantworten und verwalten. Eine Verwaltungs-Verschiebung zum (internen) Kunden ist insbesondere im Netzbereich neu, wo die Verwaltungshoheit über die physische Infrastruktur klar in der Hand der Netz-Teams ist. Hier ist quasi undenkbar, dass ein (interner) Kunde Zugang zu den administrativen Tools bekommt, um sich selbst seine Netze zu konfigurieren.

Cloud als Outsourcing-Strategie Die Auslagerung von Teilen der IT-Organisation ist in der IT-Welt keine neues Konzept, schließlich ist IT-Outsourcing schon lange im IT-Betrieb ein Thema. Die Auslagerung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten bleibt aber ein schwieriges Feld. Viele Anbieter z.B. von Webshops oder IT-Services nutzen Cloud-Modelle als zentralen Bestandteil ihrer Geschäftsmodelle, um sich auf ihr Kerngeschäft konzentrieren zu können. Outsourcing ist im ersten Schritt jedoch eine verstärkte Trennung von Entwicklung und IT-Betrieb. Dieser Zusammenhang gilt für interne und externe Cloud-Provider gleichermaßen. [Pla17]

Modell der geteilten Verantwortung Die Möglichkeit, die Verwaltung von IT-Ressourcen durch die Cloud je nach Servicemodell aufzuteilen, führt zu einer geteilten Verantwortung. Das Modell der geteilten Verantwortung zeigt auf, welche technischen und organisatorischen Themen der Cloud-Provider übernimmt. Dies hat zum Beispiel große Auswirkungen auf benötigtes Fachwissen des Providers oder des Kunden im Bereich Verwaltung und Sicherheit.

Im Cloud-Bereich ist das Modell der geteilten Verantwortung vom Cloud-Anbieter Amazon Web Services (AWS) bekannt. Ähnliche Modelle sind von Microsoft in Form der „Shared Responsibilities for Cloud Computing“ [ST] und von Google in Form der „Customer Responsibility Matrix“ [Goo] verfügbar. Abbildung 2.21 zeigt das Modell von AWS.

Zu sehen ist, dass die komplette physische Verwaltung der Ressourcen vom Cloud-Anbieter

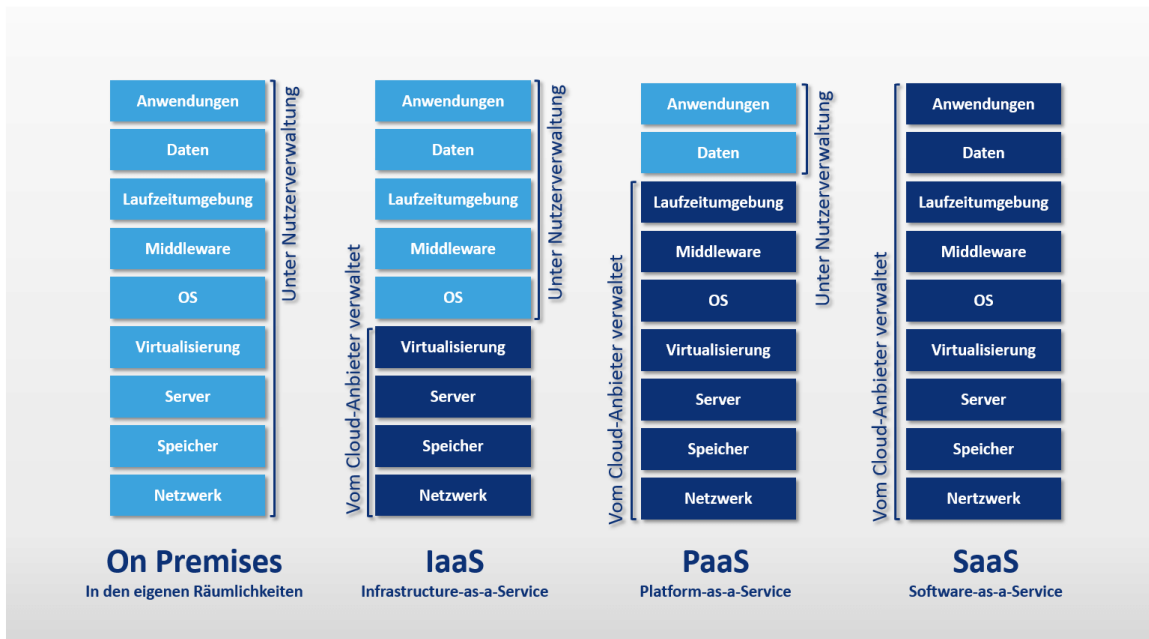


Abbildung 2.20: Die Cloud-Servicemodelle IaaS, PaaS, und SaaS im Vergleich zur Bereitstellung von Ressourcen. Die Spalte links *On-Premises* zeigt die nötige Verwaltung, wenn eine Firma/Team die komplette Infrastruktur selbst betreibt. [ION19]

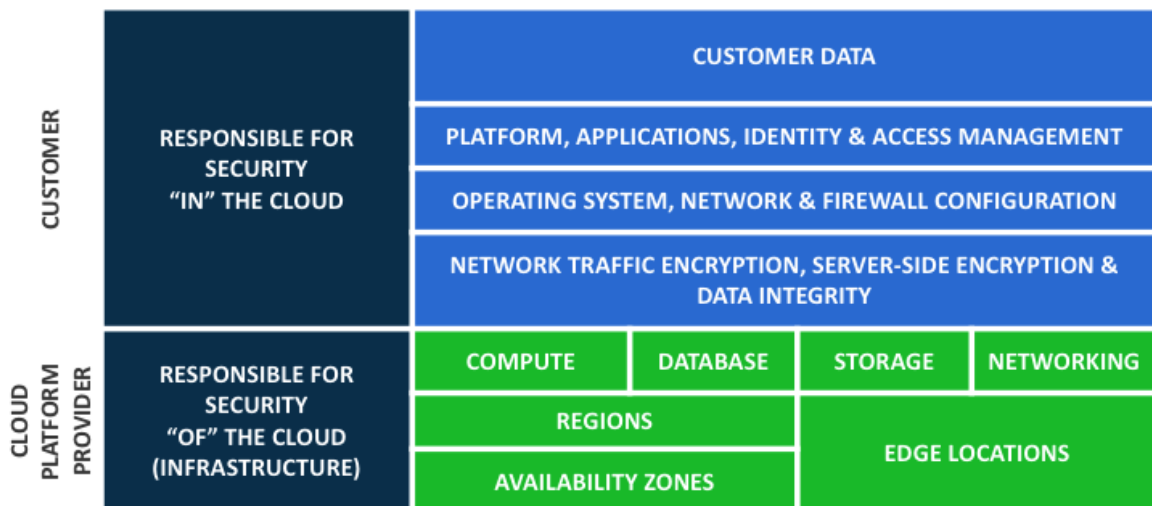


Abbildung 2.21: Modell der geteilten Verantwortung zwischen Cloud-Provider und Nutzer. [Tod19]

übernommen wird und nur der virtuelle Teil der Ressourcen, je nach Bereitstellungsmodell, in den Verantwortungsbereich des Kunden fällt. Jedoch bedeutet dies trotzdem, dass der Kunde sich um folgende Punkte [Ama20] selbst kümmern muss:

- Einspielen von Updates und Sicherheitspatches z.B. für die Gastbetriebssysteme.
- Konfiguration und Wartung der Anwendungssoftware.
- Einrichtung und Management der virtuellen Netze z.B. auch Architektur, Benennung, Dokumentation und Konfiguration.
- Erstellung und Einhaltung von Sicherheitskonzepten, Konfiguration der Firewalls und Security-Gruppen.

In klassischen IT-Organisationen wird ein Großteil der Themen durch die fachlichen Mitarbeiter der IT-Abteilungen erledigt. Die auf Netzvirtualisierung basierenden Cloud-Umgebungen ermöglichen es den (internen) Kunden Ressourcen selbst per Self-Service-Portal zu beziehen und zu verwalten. Die Cloud-Umgebung und die softwarebasierten Komponenten bieten vereinfachte Oberflächen zur Konfiguration. Neu ist aber, dass der (interne) Kunde sich unter anderem um die Konfiguration der Netze und der Sicherheit selbst kümmern muss. Diese Punkte müssen bei der Einführung von Netzvirtualisierung und Cloud-Systemen aktiv berücksichtigt werden und ist ein Teil der Forschungsfrage dieser Arbeit.

Verwaltung von Cloud-Umgebungen Durch die virtualisierte Basis von Cloud-Systemen stellt sich wie bei der Netzvirtualisierung die Frage, wie die Verwaltung in diesem sogar noch ausgeweiteten Feld realisiert werden kann. Der Hersteller VMware spricht in einem Whitepaper [Lee17] als Lösung zur Verwaltung von Cloud-Umgebungen von einem *Cloud Service Oriented Team Model*. Dieses Modell soll die charakteristischen Eigenschaften von Cloud-Umgebungen berücksichtigen und so bei einer effektiven Einführung von Cloud-Systemen helfen. Eine Übersicht über das *Cloud Service Oriented Team Model* zeigt Abbildung 2.22. Auffallend ist hier vor allem die strikte Trennung zwischen den Diensten und der Infrastruktur. Außerdem wird in den detaillierteren Beschreibungen weniger in die verschiedenen Fachbereiche, wie Netz oder Speicher, aufgeteilt. Die Rollen teilen sich vielmehr in die Unterbereiche wie *Engineer*, *Analyst*, *Administrator* und *Architect* auf. Erst hier ist wieder die Rede von Spezialisten in verschiedenen Bereichen wie z.B. Netz oder Security. Interessant ist auch die explizite Nennung der Rolle *Developer*, welcher für die Automatisierung und Integration von Anwendungen zuständig ist. An diesem Punkt stellt sich die Frage, inwieweit im Cloud-Umfeld durch Netzvirtualisierung neue Rollen geschaffen werden müssen. Mithilfe von Experteninterviews wird versucht herauszufinden, in welchem Umfang solche Verwaltungsmodelle praktisch eingesetzt werden.

2.3 Organisationsstrukturen

Organisationsstrukturen sind die Verbindungen, welche Unternehmen zusammenhalten und im IT-Bereich (neben technischen Aspekten) mit für den Erfolg oder Misserfolg von Geschäftsprozessen verantwortlich sind. Nachfolgend sollen einige klassische Strukturen und aktuell diskutierte Ansätze betrachtet werden. Ein Fokus wird dabei auf Hürden und Strategien zur erfolgreichen Einführung neuer Strukturen liegen, da diese insbesondere für die Beantwortung

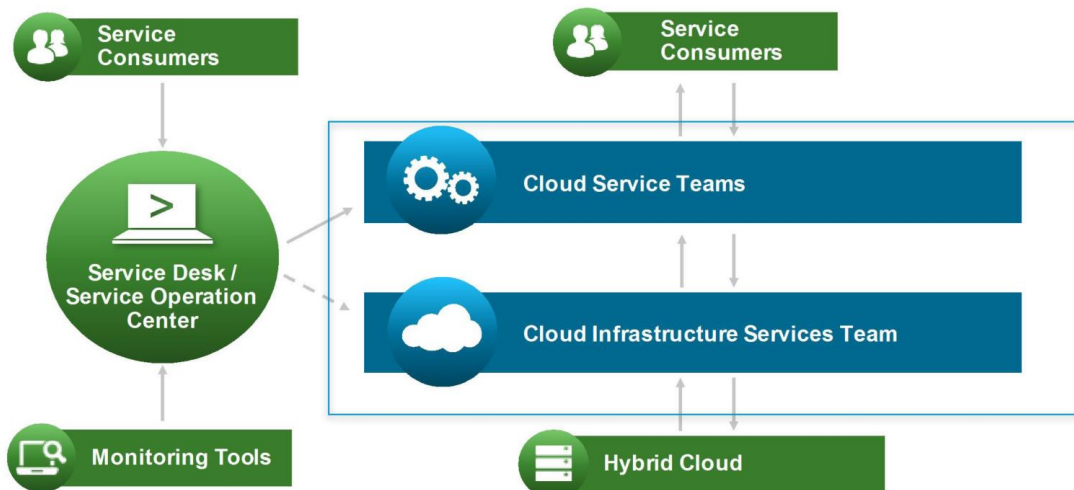


Abbildung 2.22: Übersicht über das „Cloud Service Oriented Team Model“ von VMware.[Lee17, Abbildung 1]

der Forschungsfrage relevant sind. Entsprechend der Aufgabenstellung fokussiert sich die Betrachtung dabei auf den Firmenbereich der IT-Organisation bzw. des IT-Betriebs, also einer Teilstruktur von Unternehmen und nicht die Gesamtstruktur. Aus dem IT-Bereich wird versucht verschiedene Erfahrungsberichte aus Unternehmen mit einzubeziehen, welche neben der Analyse der Experteninterviews mit zur Findung der Strategie für den Umgang mit Netzvirtualisierung beitragen können. Dabei wird auch in diesem Kapitel teilweise auf technische Strukturen eingegangen.

Definition Organisationsstrukturen bilden die Grundlage um Aufgaben zu regeln. Dies geschieht meist durch verschiedene Maßnahmen auf vertikaler und horizontaler Ebene. Den Systemen liegt dabei ein globales Organisationsmodell zu Grunde. Bei größeren oder heterogenen Organisationen lässt sich ggf. nicht alles sinnvoll mit einem Organisationsmodell regeln, entsprechend kann es Aufteilungen in Teilbereiche (Teilbereichsorganisationen) mit verschiedenen Konzepten geben. Die Eckpunkte von Organisationsstrukturen stellen meist die Entscheidungsfindung dar. Hier stellt sich die Kernfrage, ob mehr eine *Entscheidungscentralisierung* oder eine *Entscheidungsdezentralisierung* angestrebt wird. [Sch18a]

2.3.1 Klassische Organisationsstrukturen

Die Grundlage für die meisten Organisationsformen ist ein hierarchisches Modell. Der Fokus liegt hierbei auf einer Aufgabenteilung in kleine Einheiten, wobei zur Bearbeitung der Aufgabenteile Fachwissen notwendig ist und die Aufteilung von einer vertikalen Entscheidungsfindung geprägt wird. Die Einheiten gliedern sich in verschiedene fachliche Abteilungen, welche aus verschiedenen Teams zusammengesetzt sind. Vertreten werden diese Gruppen durch ihre Team- bzw. Abteilungsleiter. [Lin19b] Dies zeigt Abbildung 2.23

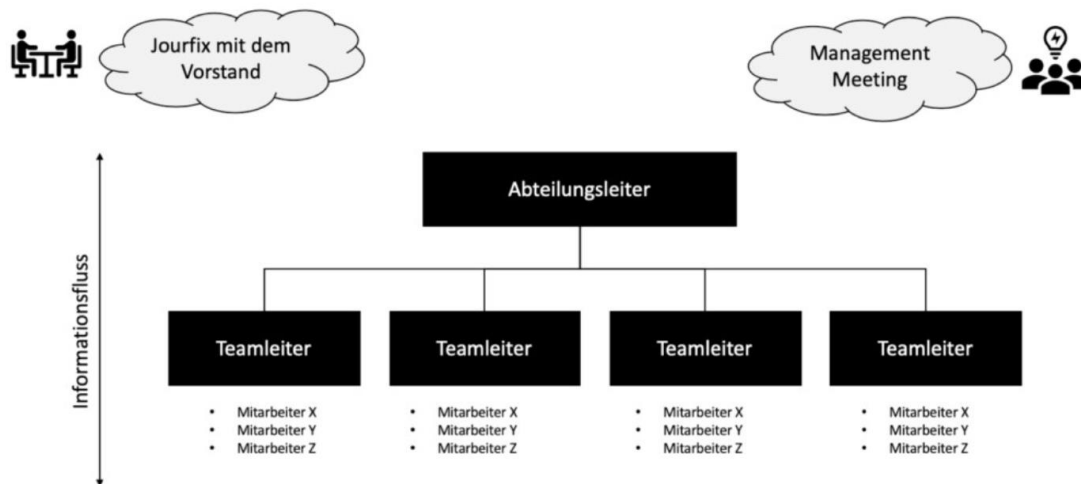


Abbildung 2.23: Hierarchisches Organisation mit verschiedenen Teams in einer Abteilung. [Lin19b]

Teams und Abteilungen Die kleinste Einheit auf Ebene der Mitarbeiter ist das *Team*. Ein Team zeichnet sich in einer modernen Definition durch folgende Merkmale [Kre16] aus:

- eine Gruppe von Mitarbeitern
- arbeitet an einer gemeinsamen Aufgabenstellung
- folgt einem oder mehreren gemeinsamen Zielen
- bündelt verschiedene Fähigkeiten
- stimmt die Arbeitsweisen aufeinander ab

Die Definition ist einfach und nachvollziehbar. In der Praxis ist die Team-Zusammenstellung jedoch im Detail komplex. Typische Fragestellungen sind: Welche Teamgröße ist am besten, sodass man Aufgaben lösen kann, aber gleichzeitig die Kommunikation gut funktioniert? Welche Spezialisten und Fähigkeiten werden am besten in einem Team gebündelt? Wie werden die verschiedenen Aufgaben aufgeteilt?

Die Antworten auf diese Fragen sind mitunter entscheidend für den Erfolg von Firmenbereichen oder Projekten. Gleichzeitig gibt es dafür keine allgemein gültigen Lösungen. Trotzdem haben sich in der Praxis bestimmte *best Practices*[Kre16] herausgebildet:

- Kleinhaltung von Teams (typische Größen im IT-Bereich liegen bei 5-9 Personen)
- Verwendung klarer Aufgabenstellung und gut definierter Ziele (bringt eine Gesamtverantwortung, welche sich an das gesamte Team richtet)
- Schaffung hoher Heterogenität
- Förderung von gruppendynamischen Verständnis

Verfolgen verschiedene Teams unterschiedliche Ziele, besitzen aber einen gemeinsamen Zweck oder eine gemeinsame fachliches Themengebiet, dann werden diese meist in *Abteilungen* zur besseren Koordination gebündelt. [Kre16] Typische Teams oder Abteilungen in IT-Organisationen sind zum Beispiel Netz, Security, Virtualisierung, Speicher oder Betriebssysteme.

Verantwortlichkeiten und Rollen Die typische Frage bei der Aufgabenverteilung lautet: Wer trägt welche Verantwortlichkeiten für eine Aufgabe bzw. ein Thema?

Um die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten einheitlicher zu Regeln gibt es den Begriff der Rollen. Nach [Fis09] wird eine Rolle im Kontext des Prozess-Managements wie folgt definiert: „Eine Rolle repräsentiert eine Menge von Aufgabentypen, die durch den Rolleninhaber zu erledigen ist.“ Zu jeder Rolle gehören bestimmte fachliche Qualifikationen und Pflichten. Ein Mitarbeiter (auch Stelleninhaber genannt) kann unterschiedliche Rollen einnehmen. Ebenso kann eine Rolle durch verschiedene Mitarbeiter besetzt sein. Bei Rollen ist diese Bindung von den Strukturen im Unternehmen abhängig, wie diese aufgeteilt und organisiert sind. [Fis09]

Typische Rollen innerhalb einer IT-Organisation sind zum Beispiel IT-Architekten, IT-Support, Systemmanager und Entwickler [Tie17b]

Trotz der Festlegung von Rollen müssen die verschiedenen Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten den einzelnen Rollen zugewiesen werden. Als Methodik für diese Aufgabe sind unter anderem Verantwortlichkeitsmatrizen gebräuchlich. Betrachtet wird dies nachfolgend anhand der verbreiteten Umsetzung als RACI-Matrix, welche später innerhalb der Interviews ebenfalls Erwähnung findet.

RACI-Matrix Die RACI-Matrix ist im Projektmanagement verbreitet und gibt Hilfestellungen, um Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten und weitere Parameter in einer Gruppe aufzuteilen. Innerhalb der Matrix werden Tätigkeiten und Rollen ausgestaltet. [Ang03]

Die RACI-Technik kennt entsprechend der Anfangsbuchstaben vier Formen [Ang03] von Verantwortlichkeiten:

- *Responsible*: Zuständig für die eigentliche Durchführung (entweder selbst oder disziplinarisch).
- *Accountable*: Verantwortlich im rechtlich und kaufmännischer Sicht (Kosten und Gesamtverantwortung).
- *Consulted*: Beratende Zuständigkeit.
- *Informed*: Muss informiert werden oder darf Auskunft erhalten.

Entsprechend der RACI-Technik wird dies so weit festgelegt, dass nur eine Person verantwortlich (accountable) sein kann, aber mehrere Personen z.B. zuständig (responsible) sein können.

Die Abbildung 2.24 zeigt eine Beispiel RACI-Matrix für den Prozess einer Software-Übergabe.

Die RACI-Matrix kann nicht nur für Projekte verwendet werden, sondern auch bei der Gestaltung von Teams helfen, zum Beispiel innerhalb von IT-Organisation.

	Leiter Entwicklung	Senior Software Engineer	Software Architect	QA	Support	Support Engineer	Sales
Übergabe vorbereiten	A	R	C	I	I		
Übergabetermin		R/A		C	I		
Protokoll erstellen		A		R	I		
Auslieferung an Kunden					A/I	R	I

Abbildung 2.24: Beispiel RACI-Matrix für den Übergabeprozess einer fertiggestellten Software [Bax11, Abb.1]

Bei Organisationsstrukturen mit Matrixorganisation und gemischten Organisationsformen kann die RACI-Matrix jedoch an ihre Grenzen kommen, wenn überschneidende Verantwortlichkeiten definiert werden müssen und die RACI-Matrix nur zu grobe Unterteilungen zulässt. [Bax11]

Trotz Techniken wie der RACI-Matrix bleibt die Fragestellung, welche fachlichen Personengruppen welche Aufgaben übernehmen.

Silo-Bildung zwischen Gruppen Durch sehr unterschiedliche Ziele von Teams und Abteilungen, besteht die Gefahr, dass jeder sein eigenen Aufgaben verfolgt und wenig Kooperation zwischen Teams entsteht. [Kre16]

Am deutlichsten ist dies meist bei Fachabteilungen, die fachlich unterschiedliche Ausrichtungen besitzen. Eine häufige Schwierigkeit ist die Bildung von horizontale Diskrepanzen. Nicht eindeutig zuordenbare Aufgaben werden von Team zu Team oder von Abteilung zu Abteilung geschoben. Direkte Kommunikation und gemeinsames lösen von Problemen fehlt. In diesem Kontext wird auch von abgegrenzten *Silos* gesprochen, zwischen denen zu wenig Austausch und Kooperation besteht. [Sch16b, KST19]

Vorteile und Limitierungen von klassischen Organisationsstrukturen Klassische hierarchische Strukturen mit fachlichen Spezialisierungen sind seit vielen Jahren bewährt und in unzähligen Organisationen im Einsatz. Diese bieten eine sehr solide Grundlage mit folgenden Vorteilen [Lin19b]:

- sehr stabil
- planbar
- optimiert auf Steuerbarkeit und Kontrolle

Klare und stabile Strukturen bringen jedoch auch bestimmte Limitierungen [Lin19b] mit sich, welche auch in anderen Bereichen gefunden werden können. Dazu gehören zum

Beispiel eine größere Komplexität und Umfang der Organisationsstruktur, da viele Ressourcen bereits für die Verwaltung der Struktur nötig sind. Die Flexibilität und Geschwindigkeit bei Veränderungen ist nicht besonders hoch, da alles klar geregelt sein muss. In vielen Fällen kann auch die Möglichkeit der Selbstorganisation für die Mitarbeiter eingeschränkt sein, welche aber eine Antriebskraft für die Motivation der Mitarbeiter ist.

Was bedeutet dies in der Praxis für die Abläufe [Lin19b]?

- Aufgaben, welche durch Prozesse definiert sind, werden schnell gelöst.
- Aufgaben ohne klar definierte Prozesse, zu deren Lösung mehrere Teams notwendig sind oder weder im Bereich des einen noch des anderen Teams liegen, werden langsamer oder später bearbeitet.

Deutlich wird der Unterschied bei jungen Unternehmen: Kleine Organisationen haben noch keine Abteilungen und arbeiten als ein Team. Viel geschieht auf Zuruf und Probleme werden tendenziell eher gemeinsam gelöst. Dies mag ein Grund sein, warum Startups agiler sind. Beim Wachstum und Übergang in eine größere Firma mit mehr Trennung in unterschiedliche Teams werden die Zuständigkeiten separiert, um Chaos zu vermeiden. Jedoch erhöht sich dadurch tendenziell das Silo-Denken.[Beh19]

Gerade die Faktoren wie Flexibilität und das schnelle Lösen von neuen Problemstellungen werden im Bereich der IT-Organisationen vermehrt benötigt. Die Limitierungen sind die Motivationsgründe für das Suchen nach alternativen Organisationsstrukturen und Konzepten, die über die bloße Strukturierung (z.B. Firmenkultur) hinausgehen, um langfristig einen Mittelweg zwischen Stabilität und Flexibilität zu finden.⁸

2.3.2 Matrixorganisation

Der Begriff Matrixorganisation findet sich in verschiedenen Ansätzen zur Optimierung von Organisationsstrukturen nicht nur im IT-Bereich wieder. Im IT-Bereich findet sich der Begriff Matrixorganisation zum Beispiel bei agilen Strukturen im anschließenden Kapitel 2.3.4 - *Agile Strukturen* wieder. Die Grundidee ist aber unabhängig von möglichen Kombinationen mit anderen Prinzipien und ist keinesfalls eine neue Idee. Betrachtungen dazu finden sich schon länger im Projektmanagement und sind zum Beispiel schon 1972 in „Flexible Organisation“ [Dul72] oder als Fortsetzung 1989 in „Projekt-Management und Matrix-Management“ [Dul89] erwähnt. Wie bei fast allen Strukturen lässt sich vorab sagen, dass es nicht „die eine Matrixorganisationsform“ geben wird, sondern hier auch Abwandlungen möglich sind.

Grundlage Matrixorganisation Die Basisidee ist eine Veränderung der hierarchischen Struktur hin zu einer Kreuzung der Dimensionen, indem Geschäftsfelder und Funktionsbereiche eine Matrix bilden. Am besten lässt sich dies anhand von Abbildungen aus den Anfängen der Ideen wie in [Dul72] visualisieren.

In Abbildung 2.23 wurde bereits eine hierarchische Organisation gezeigt. Abbildung 2.25 zeigt eine entsprechende (Projekt-)Matrixorganisation. Besonders bei der Matrixorganisation ist nun, dass jeder Mitarbeiter zwei Vorgesetzte hat. Dafür sind die Teams aus thematisch verschiedenen Fachkräften zusammengesetzt.

⁸Vergleiche dazu Kapitel 2.3.4 - *Agile Strukturen*

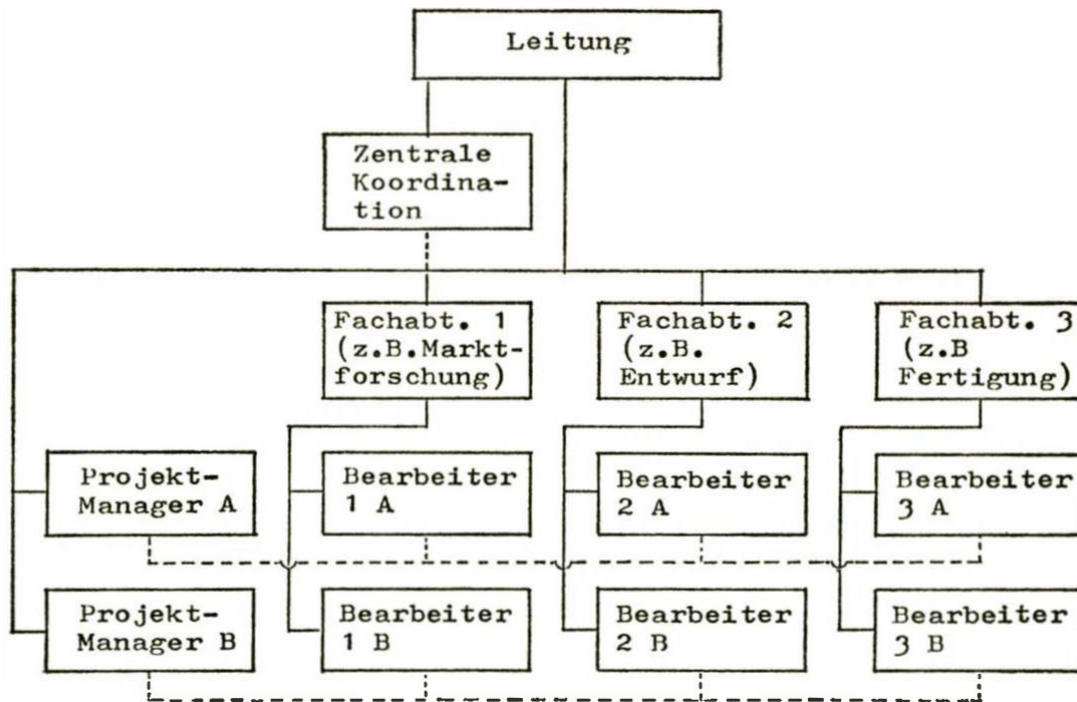


Abbildung 2.25: Projektmatrix Organisation - allgemeine Darstellung [Dul72]

Schwierigkeiten der ursprünglichen Matrixorganisation Die Anpassung eines Systems führt zu Verbesserungen in bestimmten Bereichen, bringt aber meist auch neue Schwierigkeiten in anderen Bereichen hervor. Bei der Matrixorganisation ergeben sich durch die Kreuzung von verschiedenen Ebenen zum Beispiel folgende Hürden [Nöc06], welche die primären Vorteile der Organisationsstruktur - Flexibilität und Anpassungsfähigkeit - in der Praxis gefährden:

- Durch die Schaffung von zwei Vorgesetzten haben die Mitarbeiter keinen eindeutigen Ansprechpartner für Ihre Anliegen und es ist unklar, wer entscheidet.
- Entscheidungen müssen abgestimmt werden oder im Team entschieden werden, auch bei Kleinigkeiten
- Entscheidungen können durch andere Personen wieder gekippt werden.
- Der Abstimmungsprozess wird durch verschiedene Ansprechpartner schwieriger, insbesondere bei größeren Projekten und z.B. über verschiedene Standorte hinweg.

Das Kernproblem könnte darin liegen, dass Mitarbeiter eher in „Entweder-oder“ (klare Entscheidungen) denken als in „sowohl-als-auch“ (Kompromiss oder keine klaren Entscheidungen). Mit klarer Verantwortung und Weisungsbefugnis von einem Vorgesetzten könnten Mitarbeiter entsprechend besser umgehen. [Nöc06]

Diese neuen Problemstellungen können sich durch entsprechende Schulungen der Mitarbeiter und durch Methoden zur eindeutigen Regelung von Zuständigkeiten für relevante Vorgänge

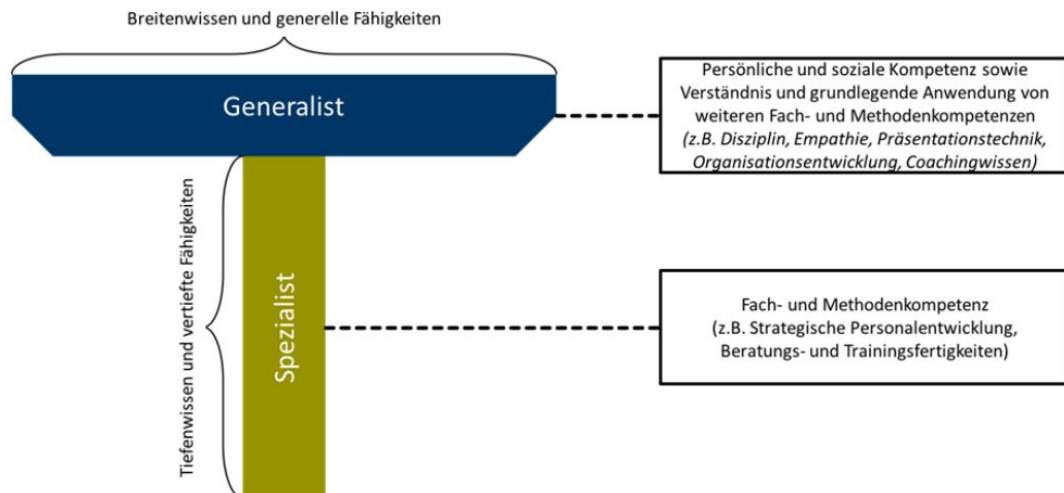


Abbildung 2.26: Wissensausrichtung von T-Mitarbeitern [Kal18]

lösen lassen. [Nöc06]. Diese zwei Punkte werden bei Weiterentwicklungen der ursprünglichen Ansätze der Matrixorganisation und bei agilen Methoden berücksichtigt.

2.3.3 Crossfunktionale Teams

Grundlagen von crossfunktionalen Teams Bei aktuellen Themen zu Matrixorganisationen auch im Kontext von agilen Strukturen, wie in Kapitel 2.3.4 - *Agile Strukturen* behandelt wird, werden Unterformen der Matrixorganisation verwendet. Im Kontext von agilen Strukturen wird häufiger auch von crossfunktionalen Teams gesprochen. Hierbei liegt der Fokus auf der Bündelung von Spezialisten aus verschiedenen Fachbereichen, sodass alle Disziplinen vorhanden sind, um ein Projekt realisieren zu können. Neben dem Spezialwissen der einzelnen Team-Mitglieder baut das Konzept darauf auf, dass alle Beteiligten ein allgemeines Verständnis besitzen, wie die entsprechenden Projekte ablaufen. Außerdem wird ein gewisses Basiswissen des gesamten Themenfeldes vorausgesetzt, sodass allgemeinere Aufgaben von allen übernommen werden können. [Kal18] Dies erfordert spezielle Mitarbeiter, welche neben ihrem Spezialwissen auch ein Grundwissen bezüglich des Kontextes eines Projekts mitbringen. In der Literatur findet sich für Mitarbeiter, welche in ihren Stärken den *Generalisten* und den *Spezialisten* vereinen, der Begriff *T-Mitarbeiter*. Wie in Abbildung 2.26 gezeigt bildet sich das „T“ aus den Stärken-Balken „Generalist“ und „Spezialist“. Aus mehreren T-Mitarbeitern setzt sich dann ein geschlossenes Team zusammen, welches selbstständig Aufgaben lösen kann. Abbildung 2.27 zeigt die Zusammenstellung mehrerer T-Mitarbeiter zu einem crossfunktionalen Team. [Kal18]

Zusammenstellung von crossfunktionalen Teams Um crossfunktionale Teams zusammenstellen zu können, ist die Grundlage die Identifikation der Stärken und Spezialbereiche der einzelnen Mitarbeiter. An die Identifikation der Stärken sollten sich nach Zusammenstellung weitere Maßnahmen im Betrieb anschließen. Diese finden sich als Empfehlung auch in anderen Organisationsmodellen wieder: Dazu gehören die Förderung der spezifischen Kompetenzen

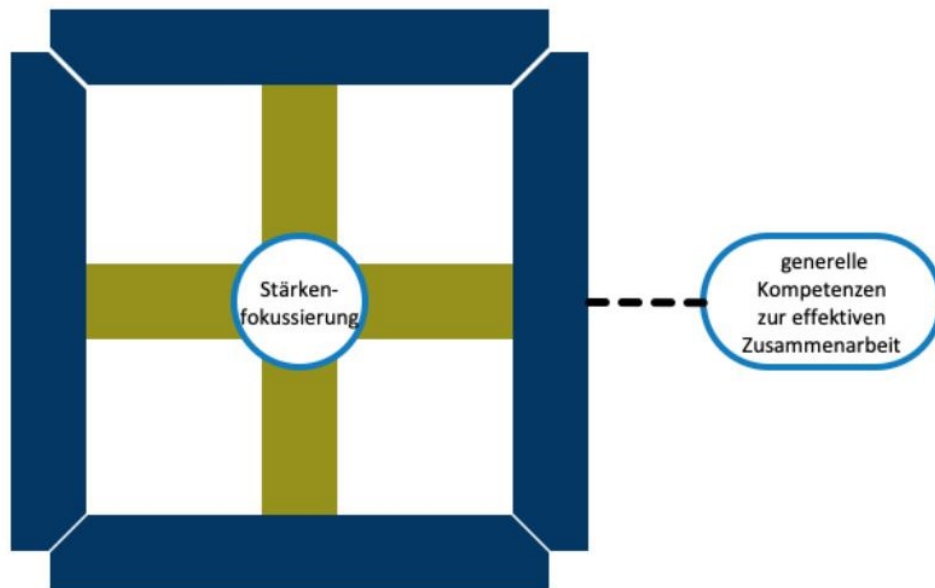


Abbildung 2.27: Mehrere T-Mitarbeitern verbinden deren allgemeine und spezifischen Fähigkeiten zu einem Team[Kal18]

(z.B. durch Fortbildungen, Schulungen und Workshops) und der Aufbau einer Transferstruktur für Firmenwissen, um Spezial- und Generalwissen zu teilen. So können sich die Mitarbeiter breiter aufstellen und bestimmtes Wissen ist nicht nur bei einzelnen Personen verankert, welche auch einmal wegen Krankheit oder Urlaub ausfallen können. [Kal18] Für die Art der Zusammenstellung der Teams gibt es verschiedene Ansätze. In Kapitel 2.4.6 - *Strategie zur Adaption des Spotify Modells* werden hier noch verschiedene Beispiele genannt, nach welcher Orientierung die Zusammenstellung laufen kann. Möglich sind zum Beispiel Branchen, Kunden, Produkte, Funktionen und Sparten [Lin19b] oder es wird die Aufteilung durch Analyse der häufigsten Kommunikationswege [Beh19] oder anhand anderer Kriterien ermittelt.

Strategien zur Einführung Die erfolgreiche Umsetzung von crossfunktionalen Teams benötigt mehr Grundlagen [Kal18] als nur die strategische Zusammensetzung von Mitarbeitern. Zum Beispiel:

- *Wertebasierte Kultur*: hohe Transparenz, Vertrauenshaltung, Selbstorganisation der Teams, Feedbackmechanismen
- *Möglichkeiten zur Potentialentfaltung*: Förderung von Talenten, Motivation und Lernagilität
- *Prozessgestaltung mit Beteiligten*: flexible Prozesse mit regelmäßiger Anpassung der Anforderungen

Diese Grundlagen sind sicherlich auch in anderen Strukturmodellen gewünscht. Im Bereich der agilen Strukturen werden diese jedoch explizit gefordert.⁹

⁹Vergleiche Kapitel 2.3.4 - *Agile Strukturen*

Ähnlich wie bei der ursprünglichen Matrixorganisation, benötigt es auch bei crossfunktionalen Teams ein strukturelles Umdenken („mindset change“), um erfolgreich zu sein. Die vorher Top-Down gesteuerte Abläufe erfordern jetzt mehr das Treffen von Entscheidungen und definieren von Zielen innerhalb des Teams. Die kommunikative Ebene wird nicht leichter, da verschiedene Rollen direkt miteinander kommunizieren müssen. Außerdem müssen sich die Team-Mitglieder an die Orientierung (z.B. Zielgruppen- und nicht fachlich orientiert) gewöhnen. [Beh19]

Entsprechend stellt sich die Frage: Welche Möglichkeiten und Strategien werden in Berichten und Literatur vorgeschlagen, um dies zu erreichen? Bei den nachfolgenden Punkten kann festgestellt werden, dass diese so oder so ähnlich in den weiteren Abschnitten zu Organisationsstrukturen immer wieder vorkommen werden, weil umfangreiche und spezialisierte moderne Strukturen auf ähnlichen Strategien beruhen. Weitere Punkte folgen dann in den nächsten Abschnitten.

Beispielstrategien zur Unterstützung der Einführung von crossfunktionalen Teams [Beh19]:

- Von den Erfahrungen anderer (verwandter) Firmen lernen.
- Wie bei der Einführung von neuen Systemen vorgehen: Testsystem starten, langsam ausweiten.
- Kontinuierliches Feedback der Teams einholen. Die offene Kommunikation mit einem ganzen Team an einem Strang ist die ideale Voraussetzung für crossfunktionale Zusammenarbeit.
- Kommunikation muss offen gestaltet sein. Bei Entscheidungen sollte die meiste Expertise entscheiden und nicht der Rang.
- Das Ökosystem im Unternehmen muss an die Struktur angepasst sein (z.B. spezielle Office-Infrastruktur, Team-Collaboration, Feedback-Prozess-Tools). Für eine gute Arbeitsstruktur kann auch ein eigens dafür zuständiges Team aufgesetzt werden.

2.3.4 Agile Strukturen

Im Kontext von agilen IT-Infrastrukturen spielen auch agile Organisationsstrukturen eine Rolle. Neben der bloßen flexibleren Ausrichtung sind auch die Verwendung von Prinzipien der Matrixorganisationen interessant.

Grundlagen agiler Methoden und Strukturen

Bevor man sich mit agilen Strukturen und Methoden befasst, sollte einem klar sein, was der Begriff agil eigentlich beschreibt: Agilität ist „die Fähigkeit eines Individuums oder Objekts flexibel auf Anforderungen zu reagieren und sich seiner Umwelt anzupassen“. [LA19]

Agile Strukturen und Methoden sind in der IT-Welt vor allem aus der Softwareentwicklung bekannt. Insbesondere die *Scrum*-Vorgehensweise zum Management von Softwareprojekten ist für viele Entwickler ein Begriff für Agilität und ein gänzlich anderer Ansatz im Vergleich zu früher verbreiteten Vorgehensmodellen, wie zum Beispiel dem *Wasserfallmodell*. Kurz beschreiben lässt sich Scrum als eine Methode für Software-Projekte, bei der kleine, crossfunktionale Teams aus acht bis zehn Mitarbeitern zusammenarbeiten und in festen Abständen von

ein bis vier Wochen funktionierende Teile Software programmieren. Dabei wird regelmäßig das Feedback der Kunden mit in die Entwicklung eingebunden. [Sch18b]

Scrum ist schon in den 90er Jahren entstanden, hat jedoch erst später einen größeren Bekanntheitsgrad erreicht.[Scr16] Scrum ist ein Methode, die Ideen und Werte der agilen Softwareentwicklung beinhaltet, welche 2001 im agilen Manifest[BBB⁺01] formuliert wurden:

1. *Individuen und Interaktionen vor Prozessen und Werkzeugen*
2. *Funktionierende Software vor umfassender Dokumentation*
3. *Zusammenarbeit mit dem Kunden vor Vertragsverhandlungen*
4. *Reagieren auf Veränderung vor Befolgen eines Plans*

Hintergrund für den Erfolg von agilen Methoden in der Softwareentwicklung sind unter anderem die Feststellung, dass bisher gebräuchliche Methoden nicht mehr ausreichen, um die Praxis der Softwareentwicklung abzubilden und unterstützen zu können, damit effektiv und effizient die gewünschten Ergebnisse erreicht werden. Dies liegt unter anderem an der Annahme, dass IT-Projekte einfach zu komplex geworden sind, als das man am Anfang alle wichtigen Aspekte schon planen könnte.

Nachfolgend finden sich Beispiele [LA19] für Methoden, welche auf agilen Vorgehensweisen basieren:

- Scrum
- Kanban
- Lean Startup
- Design Thinking
- DevOps

Die letzte Methode in der Liste *DevOps* ist auch speziell für den Bereich der IT-Infrastruktur interessant und wird im nachfolgenden Unterkapitel *2.4.5 - Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps* näher betrachtet.

Agile Organisationen Eine neuere Entwicklung ist die Adaption von agilen Prinzipien auch für Organisationsstrukturen außerhalb der Softwareentwicklung, um zum Beispiel die Limitierungen von klassischen Organisationsstrukturen, wie im vorherigen Kapitel *2.3.1 - Klassische Organisationsstrukturen* beschrieben, aufzubrechen. Prinzipien davon sind zum Beispiel Transparenz, Vertrauen, Entscheidungsfreiheiten, kurze Wege für Feedback, offene Weitergabe von Wissen, konstruktiver und offener Umgang mit Fehlern. [REF19] Dabei können zum Beispiel folgende vier Aspekte [REF19] angegeben werden, welche für Agilität eine Rolle spielen und Unternehmen zu Gute kommen sollen:

- **Geschwindigkeit:** Die Möglichkeit als Organisation schnell und dynamisch auf neue Anforderungen reagieren zu können.
- **Anpassungsfähigkeit:** Die Möglichkeit als Organisation sich an Veränderungen zügig anpassen zu können.

2 Grundlagen

- Kundenzufriedenheit: Die Fähigkeit schnell auf Kundenwünsche reagieren zu können z.B. durch kurze Bearbeitungszyklen.
- Haltung: Agiles handeln hat viel mit der Einstellung der Mitarbeiter zu tun. Ein Aufzwingen der Struktur widerspricht dieser Methodik.

Diese Punkte kann eine klassische Unternehmensstruktur auch erfüllen, jedoch ist diese strukturell in Teilen nicht ideal dafür geeignet.

2.3.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Grundlagen klassischer und moderner Organisationsformen dargestellt. Dabei wurde insbesondere auf die Vorteile, Nachteile und Strategien zur Einführung eingegangen, welche helfen die Ergebnisse der Experteninterviews zu verstehen und einzuordnen.

2.4 IT-Betrieb

Der Kern der Forschungsfrage beinhaltet die Auswirkungen der Netzvirtualisierung im IT-Betrieb. Der IT-Betrieb (engl. IT-Operations) im klassischen Verständnis verwaltet und administriert die IT-Infrastruktur, IT-Prozesse und IT-Dienste eines Unternehmens und löst Fehler und Probleme [Rou19]. Diese Rolle unterscheidet sich jedoch von Unternehmen zu Unternehmen. Eng verzahnt mit dem IT-Betrieb ist auch das Architektur-Management, welches gerade in kleineren Firmen zusammengefasst sein kann [Tie17a]. Mit wandelnder Rolle der allgemeinen IT-Organisation können die Bedeutungen des IT-Betriebs in modernen Unternehmen jedoch viel weitreichender sein [Rou19].

2.4.1 IT-Organisationen

Die klassische IT-Organisation, z.B. eine einzelne IT-Abteilung in einer Institution, verfolgt einen funktionalen Ansatz und verwaltete früher die IT-Hardware einer Institution und stellte einzelne Dienste zur Verfügung. Mit der steigenden Bedeutung der IT für Unternehmen und neuen Geschäftsfeldern erweiterte sich die Rolle der IT-Organisation. [Tie17b]

Die Rolle der IT-Organisation lässt sich auf zwei Ebenen [Tie17b] einordnen.

Zum einen in die *Art der Institution*:

- a) eine Institution *hat eine IT-Organisation*, welche die Geschäftsprozesse unterstützt.
- b) eine Institution *ist eine IT-Organisation* und vertreibt selbst IT-Produkte. Die IT-Produkte können ganz unterschiedlich aussehen, zum Beispiel diverse Services, Software oder Dienstleistungen, wie IT-Beratung oder System-Integration.

Darauf aufbauend die zweite Ebene die *Ausrichtung der IT-Organisation*:

- a) *klassischen IT-Organisation*: die IT-Organisation betreibt nur die IT-Systeme. Zum Beispiel in sensiblen Bereichen, wie dem Finance-Bereich, bei denen Stabilität im Vordergrund steht.
- b) *non-lineare IT*: die IT-Organisation ist der Motor, welcher die digitalen Innovationen im Unternehmen antreibt. Die IT übernimmt entsprechend weitere Aufgaben im Bereich Planung, Koordination und Realisierung von Digitalisierungsprojekten.

Diese Unterschiede wirken sich auch auf die Rolle des IT-Betriebs und damit auch auf die Einführung von neuen Technologien, wie der Netzvirtualisierung, aus.

2.4.2 IT-Servicemanagement (ITSM)

Das IT-Servicemanagement gehört schon seit längerer Zeit zu einer der Paradigmenwechsel von IT-Organisation. ITSM beinhaltet Konzepte zum serviceorientierten Management der IT-Organisation mit Fokus auf der Unterstützung der Geschäftsprozesse eines Unternehmens. Dabei werden werden unter anderem folgende Ziele [PZ19, KKW17] verfolgt:

- Ausrichtung der angebotenen IT-Services auf die Anforderungen der Kunden
- kontinuierliche Überwachung und Anpassung der IT-Services
- Austausch von technologiegetriebenen Prozessen hin zu serviceorientierten Prozessen
- Standardisierung von Begriffen und Prozessen

Der serviceorientierte Ansatz unterscheidet sich in dieser Hinsicht vor allem durch die deutlichere Kundenorientierung vom früheren funktionalen Ansatz von IT-Organisationen. Eine Teilausrichtung von ITSM ist bereits eine verstärkte Ausrichtung auf einen vertikalen-Service Ansatz anstatt horizontaler einzelner Technologiesilos. Es steht nicht mehr eine einzelne Technologie im Vordergrund, sondern der erbrachte Dienst an sich.[KST19] Eine verstärkte Ausrichtung in Richtung ITSM hat in vielen Bereichen Auswirkungen auf die Organisationsstruktur, die Rollen und Prozesse, z.B. durch Schaffung neuer Rollen und Institutionen innerhalb eines Unternehmens, welche gezielt die Serviceorientierung unterstützen.

ITSM-Frameworks und Einschränkungen ITSM wird häufig mit Frameworks wie ITIL oder Standardisierungen wie ISO/IEC 20000 verbunden. Diese sollen helfen qualitativ hochwertiges Service-Management zu implementieren und dies firmenübergreifend zu praktizieren. [And17]

Für die Fragestellung dieser Arbeit ist wichtig zu verstehen, was die ITSM-Frameworks und Standardisierungen leisten können. Der Fokus liegt hierbei auf der Beschreibung eines idealen Zustandes und beschreibt entsprechend *Was* alles gemacht werden sollte und nötig ist für eine serviceorientierte Struktur. In der Praxis ist die große Herausforderung jedoch die Fragestellung *Wie* etwas im konkreten Kontext der eigenen Firmenstruktur umgesetzt werden kann. [And17] Ein Beispiel dazu: Ein typischer Prozess im IT-Betrieb ist die Lösung von Störungen, meist als Incident Management bekannt. Innerhalb von Frameworks wie ITIL werden hierfür Schnittstellen und Rollen vorgeschlagen. Jedoch werden und können nicht konkrete Hilfestellungen gegeben werden, z.B. welche technischen Mitarbeiter für welche Art von Störung zuständig sind. Diese Aufteilung muss selbst gestaltet werden. Der beschriebene Prozess Incident Management kann sich auch über über alle IT-Abteilungen und Teams erstrecken, da jeder Bereich Incidents haben kann. Es fehlen in der praktischen Umsetzungen die Hilfestellungen wie bei konkreten Technologien, z.B. der Netzvirtualisierung vorgegangen werden sollte.

Nach dem Grundsatz „Adapt and Adopt“ passen die verschiedenen Teams und Abteilungen die Umsetzungen des Service-Management an Ihre eigenen Gegebenheiten an. Die Standardisierungen und Best-Practice Sammlungen fokussieren sich auch auf das abteilungsübergreifende Zusammenspiel, der Fokus liegt ja auch auf der Unterstützung der Geschäftsprozesse. Jedoch zeigt sich in der Praxis immer wieder, dass die Teams vor allem bis zu Ihren Schnittstellen die

Ergebnisse liefern und der Blick für die Gesamtzusammenhänge fehlen. [And17] Dies wirkt sich in der Praxis zum Beispiel auf Prozesse aus, welche langsamer ablaufen bei Beteiligung mehrerer verschiedener Teams und Abteilung. Damit ist unter anderem der Trend hin zu agileren Strukturen verbunden.¹⁰

Prozesse Prozesse sind die definierten Abläufe innerhalb eines Unternehmens und regeln wie aus einer Eingabe (Input) mit verschiedenen Aktivitäten ein bestimmtes Ergebnis (Output) erzielt werden soll. Sollen Prozesse inhaltlich analysiert werden, um Auswirkungen von neuen Technologien zu erschließen und Prozesse zu optimieren, treten in der Praxis folgende Schwierigkeiten auf:

- Prozesse werden in verschiedenen Firmen sehr unterschiedlich gelebt.
- Prozesse sind stark abhängig von der Umgebung, wie zum Beispiel der Firmengröße.
- Prozesse sind häufig nicht umfangreich dokumentiert oder einsehbar.

Entsprechend der vorherigen Punkte sind Analysen und vor allem Vergleiche von Prozessen eine schwierige und sehr komplexe Angelegenheit und damit auch die Optimierung von Prozessen aufwendiges Thema. Jedoch ist es wichtig Prozesse gut zu kennen und zu definieren, um zum Beispiel Vereinfachungen und Automatisierung zu ermöglichen.

2.4.3 Architekturmanagement

Ein zentraler Punkt zur Optimierung von IT-Organisation ist auch die strategische Planung der IT-Architektur. IT-Systeme müssen regelmäßig angepasst werden, um aktuellen Anforderungen zu entsprechen und die Geschäftsprozesse entsprechend zu unterstützen. Ein typisches Thema dabei ist die Hardware und Software-Konsolidierung, um komplexe meist historisch gewachsene Strukturen zu überarbeiten und so zu Vereinfachung, Kostenersparnis und neuem Funktionsumfang zu gelangen. Die typischen Schritte eines IT-Konsolidierungsprojektes zeigt Abbildung 2.28. Die vereinfachte Ausführung dieser Phasen wurde bereits in Kapitel 3.1 - *Herleitung der Betrachtungsgrundlage* als Grundlage für das Ziel dieser Arbeit verwendet. Der gesamte Prozess von der IST-Analyse bis zum erfolgreichen SOLL-Ergebnis benötigt eine Umgebungs- und Technologie-abhängige Betrachtung, welche durch die allgemeine Analyse von Einflussfaktoren auf eine Technologie und Auswirkungen von einer Technologie, wie der Netzvirtualisierung, profitiert.

Im Rahmen des Hardware-Architekturmanagement finden sich die Visionen starre und unflexible Systeme hin zu Entkoppelten und applikationsgesteuerten Systemen beispielsweise durch Virtualisierung zu erreichen. Im Netzbereich finden sich genau diese Ambitionen, zum Beispiel in Form der Einführung von Netzvirtualisierung wieder. Gerade im Netzbereich finden sich komplexe Infrastrukturen mit unterschiedlichen Diensten und sehr spezifischer Konfiguration und Software. Entsprechend kompliziert sind die existierenden Prozesse sowohl im IT-Servicemanagement und direkt im Bezug auf die Geschäftsprozesse. Außerdem sind viele händische Schritte beteiligt und es fehlt an Schnittstellen und Standardisierungen, um Optimierungen und Automatisierung zu realisieren. [Tie17a]

¹⁰Siehe auch 2.3.4 - *Agile Strukturen* und 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps*

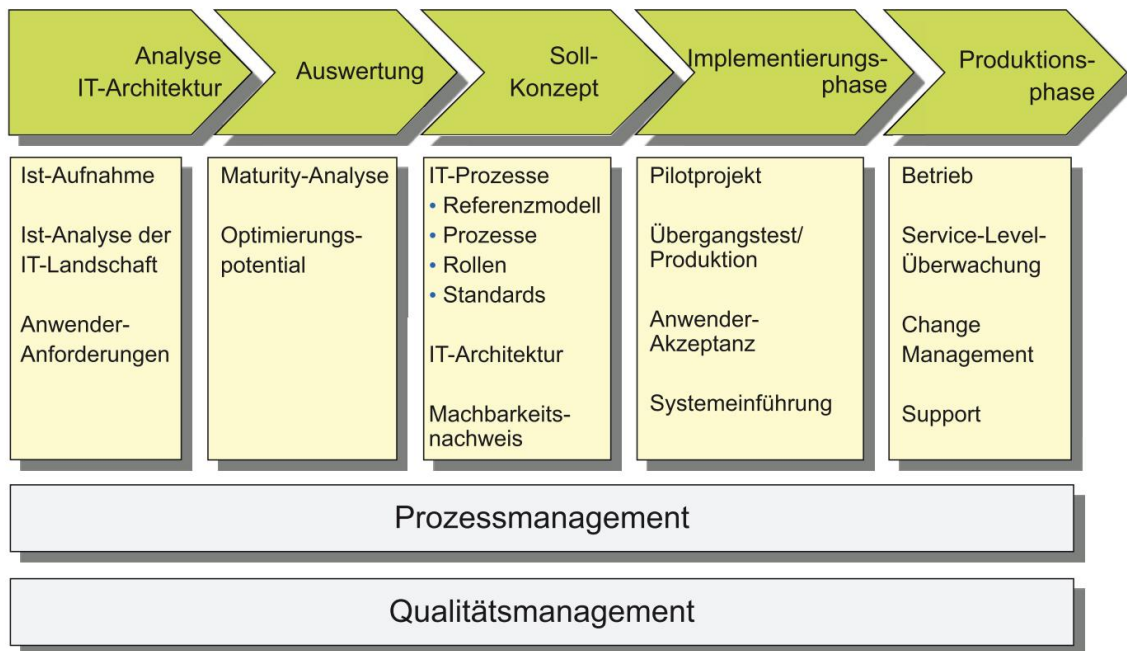


Abbildung 2.28: Typische Schritte bei der Projektierung mit IT-Konsolidierung [Tie17a, Abb. 3.18]

2.4.4 Aktuelle Herausforderungen des IT-Betrieb

Aktuelle Herausforderungen im IT-Betrieb lassen sich mit dem *Henne-Ei-Problem* beschreiben, bei dem nicht klar ist welcher der ursprüngliche Auslöser einer Kausalkette darstellt. Im Kontext des IT-Betriebes stellt sich die Frage, ob neue Herausforderungen an den IT-Betrieb adressiert werden und dieser sich weiterentwickeln muss oder ob der IT-Betrieb sich weiterentwickelt und dadurch neue Möglichkeiten schafft, welche erst wieder neue Herausforderungen schaffen. Folgende Themen [Rou19, Wol15, Tie17b] sind aktuell im IT-Betrieb präsent:

- hohe und zunehmende Abhängigkeit der Geschäftsprozesse von der IT
- aktuelle IT-Innovationen: zum Beispiel Trend zum Cloud-Computing oder Container-Anwendungen
- höherer Geschwindigkeitsbedarf in der Softwareentwicklung
- allgemeine Entwicklung zur Agilität
- steigende Komplexität durch neue und historisch gewachsene Systeme
- erwarteter Fachkräftemangel
- rasant steigende Anzahl an benötigten Diensten mit konstanter Anzahl an Mitarbeitern meistern zu müssen
- steigender Bedarf an Sicherheit mit steigender Bedeutung der IT

Die hier aufgeführten Themen fließen ebenfalls mit in die Betrachtung der Auswirkungen der Netzvirtualisierung mit ein.

2.4.5 Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps

DevOps ist eine Bewegung im Kontext von agilen Strukturen und wird aufgrund seiner steigenden Verbreitung und Bedeutung in den nachfolgenden Abschnitten betrachtet.

Grundlagen DevOps Die DevOps Bewegung entstammt, wie die allgemeinen Trends zur Agilität, aus dem Softwareentwicklungsbereich. Durch die Einführung der agilen Methoden in der Softwareentwicklung und die dadurch mögliche schnellere Ausrollung von neuen Features verschärft sich jedoch der Konflikt zwischen Entwicklung (*Development* oder kurz *Dev*) und dem Betrieb (*Operations* oder kurz *Ops*). Der Begriff *DevOps* ist also ein Neologismus aus den Begriffen *Dev* und *Ops*. Der bestehende Konflikt wird auch „Wall of Confusion“ genannt. Die agile Entwicklung fokussiert sich primär auf eine große Anzahl an Features und kurze Release Zyklen, welche Nutzen bringen, um wettbewerbsfähig zu sein. Dabei werden jedoch Faktoren des Betriebs, wie Sicherheit, Stabilität und Kompatibilität leicht vernachlässigt. Der benötigte Faktor ist die Flexibilität und muss sich entsprechend auf den gesamten Wertschöpfungsprozess erstrecken. [KK19] Der Motor für die Flexibilität wird in [KK19] damit beschrieben, dass in der modernen IT-Welt die einzige Konstante die Veränderung ist.

Die DevOps Bewegung versucht die Trennung zwischen Entwicklung und Betrieb zu lösen. Eine genaue Definition von DevOps ist jedoch nicht möglich, da keine speziellen Rollen, Teams, Abteilungen, Tools etc. definiert werden. Umfasst werden vielmehr ein zentrales Problem und ein übergreifendes Ziel. Dafür gibt es bestimmte technische und organisatorische Lösungsansätze, welche sich in bestimmten Situationen bewährt haben und jetzt verbreitet werden. [KK19] Insgesamt lässt sich DevOps wieder als eine Strategie bzw. eine Kultur zur *Silo-Überwindung* beschreiben.[Pla17]

Konfliktsituationen zwischen Abteilungen gibt es nicht nur bei der Entwicklung und dem Betrieb von Software. Entsprechend lassen sich die Ansätze auch auf andere Abteilungen übertragen, insbesondere wenn andere Bereiche, wie zum Beispiel die Abteilungen für Infrastruktur sich mehr in Richtung Softwareentwicklung bewegen.

Eckpfeiler und Grundprinzipien von DevOps Da DevOps als eine Bewegung keine ganz einheitliche Ausrichtung besitzt, es aber mehrere quasi Standards zu den Grundlagen gibt, können nachfolgende Eckpfeiler und Prinzipien helfen die Vorgehensmodelle der DevOps Bewegung zu verstehen. Einige Punkte sind bereits bekannte Ansichten aus den vorherigen Abschnitten zu Matrixorganisationen und agilen Strukturen.

Die Eckpfeiler[KK19] von DevOps:

- *Flow*: Praktiken und Prinzipien, um das Zusammenspiel zwischen Entwicklung und Betrieb zu verbessern, zum Beispiel durch Integration von Mitarbeiter des Betriebs in die Entwicklungs-Teams.
- *Feedback*: Erkenntnisse aus dem Betrieb müssen in Form von Feedback an die Entwicklung zurückgegeben werden, um den *Flow* zu verbessern. Zum Beispiel durch Maßnahmen wie das A/B-Testing oder den Ausbau des Review-Prozesses.

- *Continual Learning and Experimentation*: Etablierung einer durchgehenden Lernkultur, welche zum Experimentieren einlädt und Fehler toleriert. Ziel ist es die Feedback-Zyklen zu verkürzen, um im Ergebnis ein stabileres und sicheres Produkt zu schaffen.

Die Punkte sind jedoch nicht als Stufen zu verstehen, da DevOps eine kontinuierliche Vorgehensweise verfolgt in der es kein „Fertig“ gibt.[KK19]

Die Grundprinzipien von DevOps, welche unter dem Akronym *CAMS* etabliert sind, überschneiden sich mit den Eckpfeilern. Wie angesprochen ist eine einheitliche Definition nicht möglich. Die *CAMS* Prinzipien werden zum Beispiel bei dem praktischen Fallbeispiel der Telekom Tochter *T-Systems Multimedia Solutions GmbH* in Kapitel 2.4.6 - *Anwendungsfall a*): *Umsetzungsbeispiel DevOps: T-Systems MMS* verwendet, um Teilprojekte bei einer DevOps Einführung zu bestimmen. Folgende Punkte [AAK17b] sind unter *CAMS* zu verstehen:

- *Culture*: Kulturwandel hin zur geteilten Verantwortung von allen Beteiligten mit dem Ziel Qualitätssoftware auszuliefern. Insbesondere in der Praxis spielt hierbei eine Rolle, dass neue Releases nicht einfach zum Betrieb „über die Mauer geworfen“ werden.
- *Automation*: Um Fehler und die Durchlaufzeiten zu reduzieren und damit die Feedbackzyklus zu verringern, benötigt es eine automatisierte Prozesseketten von der Entwicklung über Tests, zur Bereitstellung bis hin zum produktiven Betrieb.
- *Measurement*: Die Leistung soll faktenbasiert ermöglicht werden, um Verbesserungen und Ziele überprüfbar zu machen.
- *Sharing*: Teilen ist ein wichtiger Faktor für die Zusammenarbeit. Deshalb sollen Wissen, eingesetzte Tools, Infrastruktur oder Erfolge neuer Releases übergreifend geteilt und gewürdigt werden.

Continious Pipeline als Bindeglied zwischen Entwicklung und Betrieb Die Auslieferung von Software, von der Entwicklung bis in den Betrieb beim Kunden, bedeutet technisch verschiedene einzelne Schritte, welche häufig sehr individuell sind und Spezialwissen erfordern. Nach dem erstellen der Software (Build) werden diverse Tests, wie Funktions, Lasts- oder Integrationstests ausgeführt. Diese Test benötigen ein Deployment in unterschiedlichen (Infrastruktur-)Umgebungen mit angepassten IT-Netzen. Anschließend wird die Software über mehrere Schritte in die Produktivumgebung ausgeliefert und „deployed“. Bei jedem Release und dem Überführen in die Produktivumgebung müssen diese Schritte erneut durchlaufen werden. Dieser gesamte Ablauf (*Pipeline*) soll bei DevOps automatisiert werden, wie bei einer fabrikmäßigen Fertigung, um schnelle und fehlerfreie Releases zu ermöglichen. Dies geschieht über die sogenannte *Continious Pipepline*. [AAK17b] In den Kontext von Continious Pipelines fallen die drei Arten *Continuous Integration (CI)*, *Continuous Delivery (CD)*, und *Continuous Deployment (CD)*. Diese unterscheiden sich wie folgt [Pit19]:

- *Continuous Integration*: Beschreibt eine Strategie von Entwicklern Änderungen am Programmcode möglichst oft in den Hauptzweig der Entwicklung zu integrieren. Dabei werden die Änderungen durch automatische Tests auf Fehler überprüft. Durch die kürzeren Integrationszyklen können Überschneidungen durch verschiedene Änderungen vermieden und Fehler im Programmcode frühzeitig erkannt werden.
- *Continuous Delivery*: Die Ausweitung von Continious Integration, sodass (auch kleinere) Releases automatisiert bis zum Kunden ausgeliefert werden können.

- *Continuous Deployment*: Die Ausweitung von Continuous Delivery, sodass Programmcode über die Pipeline mit integrierten Tests automatisch in den Produktivbetrieb übergeht.

In der Praxis ist es dann eine Entscheidung der Firma bzw. eine Auslegungssache, welcher Automatisierungsgrad angestrebt wird und ob Continuous Delivery oder Deployment zum Einsatz kommt. Der gesamte Vorgang wird auch als CI/CD-Pipeline bezeichnet. Die Beispielschritte einer CI/CD-Pipeline und die Unterscheidung verdeutlicht Abbildung 2.29.

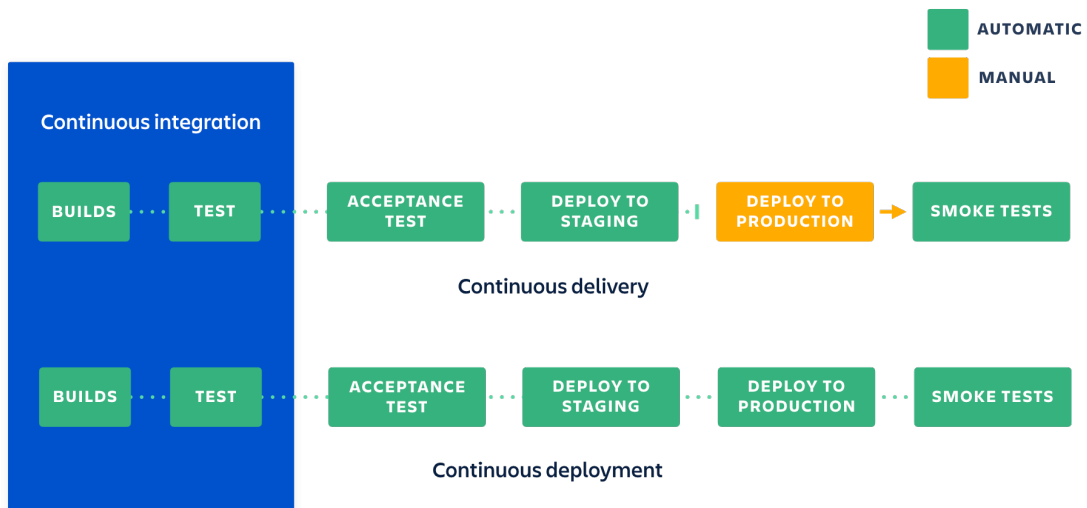


Abbildung 2.29: Überblick über die CI/CD-Pipeline und Darstellung des Unterschieds zwischen Continuous Delivery und Deployment [Pit19]

Schwierigkeiten bei der Implementierung von Continuous Pipelines Bei der praktischen Implementierung von DevOps spielen zwei Hürden eine große Rolle. Zum einen besitzen viele Unternehmen verschiedene Produkte und Services meist mit diversen Abhängigkeiten. Die Continuous Pipeline besteht entsprechend nicht nur aus einem Anfang und einem Ende, sondern besitzt ebenfalls diverse Input- und Output-Abhängigkeiten, welche berücksichtigt werden müssen. Wie bei jeder Art von Automatisierung hilft diese nicht, wenn einzelne Abhängigkeiten den Prozess aufhalten. Hierzu ein praktisches Beispiel: In der Entwicklung wird an einer Software gearbeitet, welche mit hohen Release-Zyklen weiterentwickelt werden soll. Diese Software ist jedoch von einer Datenbank abhängig, welche aufgrund von Support-Verträgen, Abhängigkeiten und Stabilität nur vierteljährliche Änderungs-Zyklen besitzt. Soll nun in der Software ein neues Feature eingebaut werden, welches Änderungen oder neue Funktionen der Datenbank benötigt, kann dieses Feature möglicherweise erst mit dem nächsten Änderungszyklus der Datenbank praktisch eingesetzt werden. Eine unabhängig Gestaltung einer Continuous Pipeline ist entsprechend bei diesem Beispiel nicht möglich. eben diesen organisatorischen Hürden, müssen für automatisierte Pipelines entsprechende Schnittstellen verfügbar sein, um die Automatisierung der Arbeitsschritte zu ermöglichen.

Bedeutung für die IT-Infrastruktur und deren Verwaltung Die Continuous Pipeline setzt voraus, dass händische Schritte beseitigt werden und die Systeme einheitliche Schnittstellen besitzen. Spezielle Tools ermöglichen die Umsetzung der Pipelines. Die Infrastruktur muss entsprechend geeignet sein, um die Installation und Konfiguration von virtuellen und physisch benötigten Ressourcen zu ermöglichen. [AAK17b] Dazu gehören auch Ansätze wie *Infrastructure as a Code (IaC)*. Dabei wird die benötigte Infrastruktur, deren Schnittstellen und Konfiguration als Programmcode angegeben. Dieser Code lässt sich zum Beispiel mit Versionierungssystemen nutzen, um Änderungen zu verfolgen oder Vorgänge wiederholbar zu machen. Die Systeme der IT-Infrastruktur können den Code dann verarbeiten und entsprechende Ressourcen aufsetzen. IaC-Ansätze sind mit dem Aufkommen des Cloud-Computings entstanden und eine der Voraussetzungen für Bereitstellungsmodelle von Infrastruktur als *Infrastructure as a Service (IaaS)*.¹¹ [AAK17b] Die Infrastruktur muss entsprechend die Schnittstellen, die Möglichkeiten zur Automatisierung und die Geschwindigkeit bieten, welche für DevOps benötigt werden. Außerdem sollten die Infrastruktur-Teams mit DevOps und den verbundenen Techniken vertraut sein, um mit den Kunden die Continuous Pipelines realisieren zu können. [AAK17b, Pom15] Dies erfordert von den Mitarbeitern ein Verständnis über den gesamten Lebenszyklus einer Software von der Entwicklung bis hin zum Betrieb. Dafür sind Mitarbeiter mit mehr generalistischen Ansätzen nötig als Fachkräfte nur mit tiefer Spezialisierung. Auch in diesem Kontext wird wieder von einem Bedarf gesprochen, die *Silos* zwischen Teams und Abteilungen aufzubrechen.[KK19]

Beispiel-Tools für die Realisierung von DevOps Die Möglichkeiten zur Realisierung von DevOps sind vielfältig. Die folgenden (Open Source) Tools sind zum Beispiel für die Automatisierung im Rahmen von DevOps im Bereich der Infrastruktur in Gebrauch. Die Funktionen der Tools überschneiden sich in den Kategorien und dienen lediglich zur Übersicht [AAK17b, Pla17, Pom15]:

- automatisierte Provisionierung: *Foreman*
- Konfigurations-Management: *Puppet, Chef, Salt, Ansible*
- Steuerung der Deployment Pipeline: *Jenkins, Thoughtworks Go*

Verbindung von DevOps zum IT-Servicemanagement Im Betrieb von IT-Infrastruktur wird häufig ein IT-Servicemanagement nach ITIL oder ähnlichen Frameworks verfolgt. Hierbei stellt sich aus Management-Sicht die Frage, wie sich bisherige Strategien im Service-Management mit DevOps verbinden lassen. Hierbei lässt sich keine eindeutige Antwort geben, da unterschiedliche Ansichten vertreten werden, ob DevOps und IT-Servicemanagement sich z.B. nach ITIL ergänzen oder DevOps ein Nachfolger ist. Beispielsweise ITIL verfolgt ebenfalls einen kundenorientierten Ansatz und Prinzipien, um die Prozesse kontinuierlich an die Anforderungen der Geschäftsprozesse anzupassen. Trotzdem fokussiert sich ITIL vor allem auf Stabilität und auf stufenweise Vorgehensweisen. Wird ITIL als Basis des IT-Betriebs angesehen und werden bestimmte ITIL-Prozesse weitgehend automatisiert, so sollte eine Kombination möglich sein. [Sch16a] Das ITSM muss dabei erweitert werden auf eine Ausrichtung hin zur kundenbezogenen Innovationsfähigkeit [AAK17b]. In [SD19] werden dafür zum Beispiel Alternativen zu ITIL in Form des leichtgewichtigeren Ansatzes vom FitSM

¹¹Vergleiche dazu auch Kapitel 2.2.8 - *Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud-Computing*

Framework vorgeschlagen, welcher sich mit DevOps besser vereinen lassen soll. Weiterhin gibt es auch Ansätze, wie ITSM Frameworks hin zu Agilität angepasst werden können, wie zum Beispiel in [AMB17] vorgeschlagen. Ausführliche wissenschaftliche Arbeiten und Berichte aus der Praxis zum Thema DevOps und IT-Service-Management fehlen in der Literatur bisher noch. Zur Beantwortung der Forschungsfrage dieser Arbeit ist das IT-Service-Management nur ein Randaspekt und bei den weiterführenden Fragestellungen angesiedelt, welche auch in Kapitel 7 - *Zusammenfassung und Ausblick* nochmal erwähnt werden.

DevOps Konzept Überblick Die Umsetzung von DevOps setzt organisatorische und technische Änderungen voraus sowie eine spezielle Unternehmens- und Abteilungskultur. Der spezifische Fokus von DevOps im Gegensatz zum allgemeinen agilen Ansatz liegt auf dem gezielten Einbezug des Kunden sowie auf der Kopplung von Entwicklung und Betrieb.[AAK17b] DevOps lässt sich damit als „die logische Weiterführung von agilen Methoden im Bereich IT-Operations“ [Pom15] ansehen. Abbildung 2.30 stellt einen Überblick über das DevOps Konzept dar.

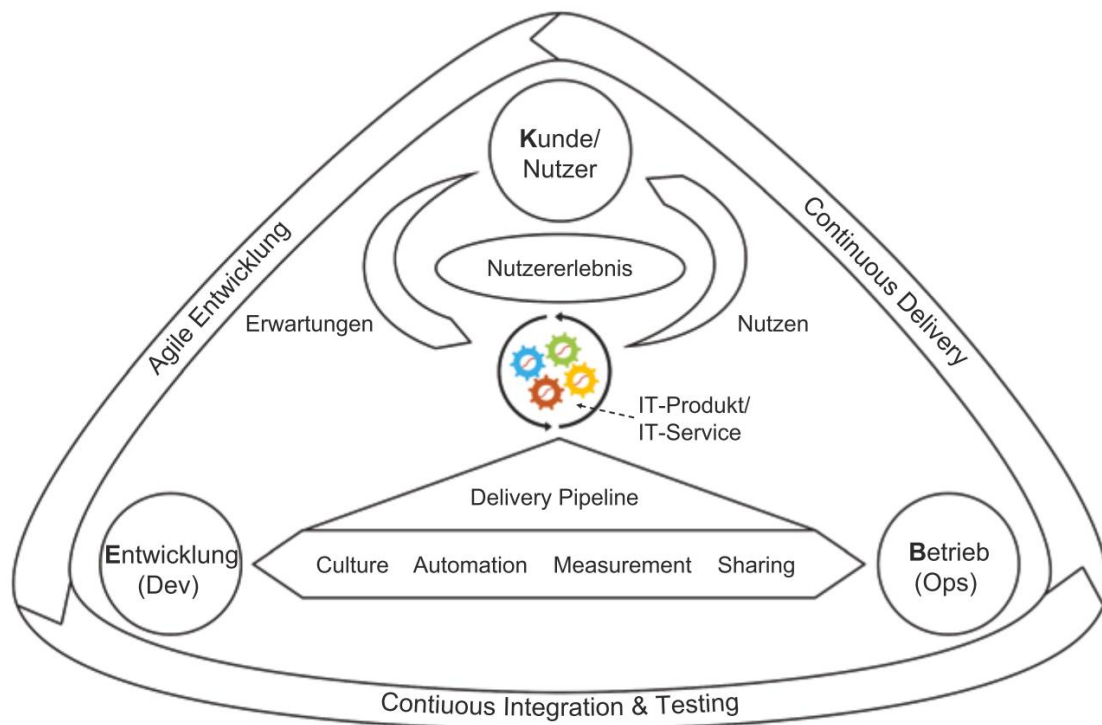


Abbildung 2.30: Überblick DevOps Konzept [AAK17b]

Anhand der Abbildung 2.30 und den vorherigen Abschnitten wird klar, dass DevOps sich nicht für jedes Unternehmen eignet. Sind die Anforderungen an Anwendungen eher statischer Natur und ist die Hauptaufgabe der einmalige Aufbau der Software mit beteiligter Infrastruktur, dann wird sich eine klassische Struktur eher rechnen. Der Aufwand agile Strukturen und technische Pipelines aufzubauen ist sonst größer als der Nutzen. Bei schnellen Release-Zyklen und/oder Firmen, welche Elastizität bei den Ressourcen benötigen oder schnelles Wachstum anstreben (z.B. Start-Ups) können von DevOps profitieren. Entsprechend

benötigen diese auch Infrastruktur-Provider, welche hier Erfahrung besitzen und die nötigen Schnittstellen bieten.[Pla17]

Auch neue Vorgehensweisen sind keine Wundermittel, um Probleme innerhalb der Organisationsstruktur und bei den Prozessen zu lösen. In den nachfolgenden Anwendungsbeispielen wird auch nochmal deutlich, dass ein System nur gut funktionieren kann, wenn es passende und angepasste Methoden verwendet und sich auch selbst in Richtung der Methoden entwickelt hat.

2.4.6 Praktische Umsetzungen agiler Strukturen

Anwendungsfall a): Umsetzungsbeispiel DevOps: T-Systems MMS

In diesem Abschnitt wird eine praktische Umsetzung von DevOps anhand der Einführung von DevOps bei der T-Systems International GmbH gezeigt, wie diese in [AAK17b] und [AAK17a] beschrieben wird. Dieses Szenario ergänzt die späteren Anwendungsfälle, welche durch die Interviews ermittelt wurden.¹² Daraus lassen sich verschiedene Aspekte und Strategien ableiten, welche auch für die Beantwortung der Forschungsfrage interessant sind.

Einleitung zur T-Systems Multimedia Solutions GmbH Die T-Systems Multimedia Solutions GmbH (T-Systems MMS) ist eine Tochter der T-Systems International GmbH und damit Teil der Deutschen Telekom. T-Systems MMS bietet Dienstleistungen im Bereich Beratung, Softwareentwicklung, Test und Deployment, sowie im Service-Management für komplexe Internetanwendungen. Ein Hauptbestandteil ist die Entwicklung webbasierter Lösungen. Das Hauptgeschäftsmodell sind kundenspezifische Projekte und Services. Die Projekte sind gekennzeichnet durch begrenzte Laufzeiten, mit festgelegten Ergebnissen und Budget. Mit den Kunden wird für jedes Projekt vereinbart nach welchen Vorgehensweisen das Projekt ablaufen soll. Neben klassischen Projektmethoden werden auch agile und kontinuierliche Ansätze wie Scrum genutzt. [AAK17b]

Die T-Systems MMS besitzt für ihre Angebote und interne Vorgänge eine eigene IT-Infrastruktur mit eigenständigem IT-Management. Diese ist in die Konzerninfrastruktur der Mutter-Gesellschaft mit eingebunden. Für die T-Systems MMS bedeutet Innovation einen Vorgang, um neues Wissen und Kompetenzen aufzubauen und eine kontinuierliche Weiterentwicklung der IT-Infrastruktur sowie der internen Prozesse zu erreichen. Dies geschieht mit dem Ziel aktuelle und sich neu entwickelnde Kundenprobleme besser lösen zu können. Diese Ausrichtung unterscheidet sich von Firmen mit Produktorientierung dadurch, dass keine Produkte am Ende des Lebenszyklus durch gänzlich neue ersetzt werden müssen, um wettbewerbsfähiger zu sein. Vielmehr liegt der Fokus auf der kontinuierlichen Verbesserung der Dienstleistungen.[AAK17b]

Entsprechend dem Schema aus Kapitel 2.4.1 - *IT-Organisationen* lässt sich dieser Anwendungsfall wie folgt einordnen: T-Systems MMS ist zwar Bestandteil eines Mutterkonzerns, agiert jedoch eigenständig und vertreibt selbst Services und Produkte im IT-Bereich. Durch die Innovations-orientierte Ausrichtung gehört der Anwendungsfall a) in die Kategorie *Institution ist eine non-lineare IT-Organisation*.

Ziele der DevOps Einführung Das DevOps Programm wurde gestartet, um den geänderten Anforderungen der Kunden gerecht zu werden. Bei diesen steigt der Bedarf nach Mobilität und

¹²Vergleiche 4 - *Umsetzung der Experteninterviews*

Agilität. Beispiele dafür können „kürzere Release Zyklen und Update Rollouts“, „automatische Bereitstellung von virtuellen Maschinen und Applikations-Rollout“ oder „unterbrechungsfreie Übernahme bestehender Websites in neue Betriebsumgebung[en]“ sein. [AAK17b] Agile Methoden werden bei der T-Systems MMS schon länger eingesetzt, um neue IT-Services oder IT-Produkte schnell und reibungslos in die Produktion zu überführen. Jedoch waren die Abläufe auf verschiedene Abschnitte, wie z.B. Entwicklung, Test und Betrieb, aufgeteilt. Mit DevOps sollen diese Abläufe vereinheitlicht werden und ein Blick auf den Gesamtprozess entstehen.[AAK17b]

Grundlage DevOps Einführung und Bedeutung der IT-Infrastruktur Die Struktur des DevOps Programms ist von den CAMS-Prinzipien abgeleitet und ist in Abbildung 2.31 aufgezeigt. Wie aus der Abbildung ersichtlich wird spielen für die Infrastruktur und den IT-Betrieb insbesondere die Punkte „2. Integriertes Testmanagement“ und „5. Bereitstellung von Tools, Berechtigungen, Plattform und Infrastruktur“ eine Rolle.

Teilprojekt	Scope
1) Zusammenarbeitsmodell	<ul style="list-style-type: none"> – Definition der Vision, Rollen, Verantwortlichkeiten, Prozesse und der Terminologie – Gemeinsames Verständnis über die Auswirkungen von DevOps auf die IT
2) Integriertes Taskmanagement	<ul style="list-style-type: none"> – Aufbau eines integrierten Managementsystems zur übergreifenden Verwaltung von Tasks, Bugs, Incidents, Changes und Problems – Einheitliche Prozesse und Werkzeuge für Entwicklung, Test und Betrieb
3) Continuous Delivery	<ul style="list-style-type: none"> – Standardisierter automatischer Aufbau, technische Prüfung und Bereitstellung – SW-compile, -build und -deploy jederzeit möglich, Agilität von Dev via Test bis Ops
4) Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> – Identifizieren notwendiger Schulungen (z. B. in Bezug auf technische Innovationen) – Investitionen in Mitarbeiter, Modelle der Zusammenarbeit, neue Werkzeuge, Neugier und Innovation
5) Bereitstellung von Tools, Berechtigungen, Plattformen und Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> – Identifizierung kleinster gemeinsamer Vielfacher, Standardisierung, Wissenstransfer Ops <-> Dev – Software defined Infrastructure und integrierte Plattform Services

Abbildung 2.31: Programmstruktur DevOps bei T-Systems MMS [AAK17a, Tabelle 1]

Auf der Ebene der Infrastruktur werden diese Punkte durch verschiedene interne und externe Cloud-Plattformen sowie weitere Tools zur Unterstützung des Betriebs der Infrastruktur umgesetzt. Die Infrastruktur kann die Services nach dem Prinzip *Infrastructure as a Code* bereitstellen. Die Automatisierungsskripte und Dokumentationen werden über ein eigenes Repository bereitgestellt. Abbildung 2.32 zeigt die Prozesskette *Requirements to Solution*, welche die DevOps Phasen implementiert. Hierbei wird deutlich, dass die Infrastruktur direkt in die automatisierte Prozesskette eingebunden ist.

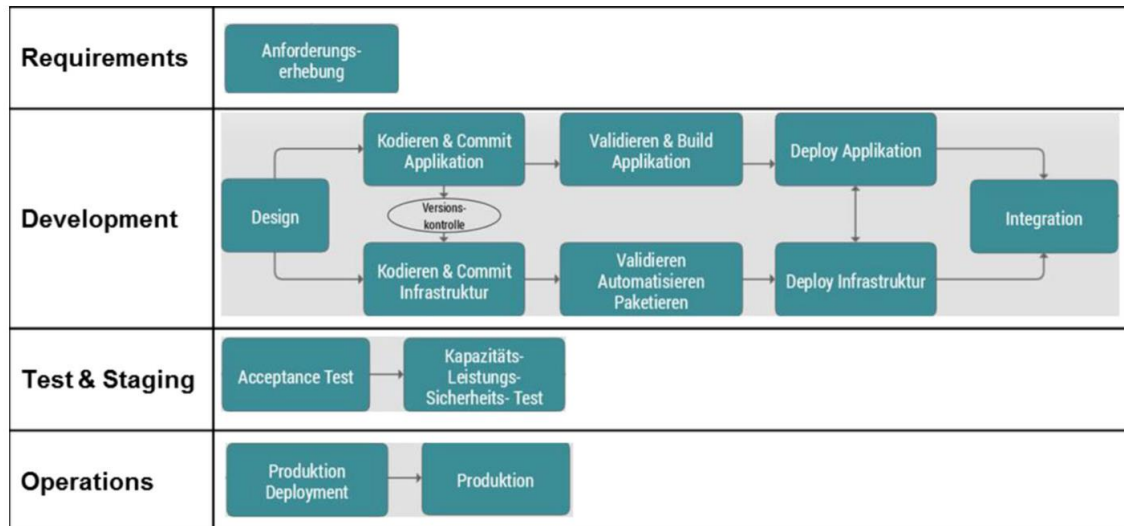


Abbildung 2.32: Delivery-Pipeline der T-Systems MMS (mittlere Architekturschicht)
[AAK17a, Abbildung 3]

Strategien zur Einführung Neben der technischen Realisierung liegt eine der größten Hürden, wie in den vorherigen Abschnitten in Kapitel 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps* allgemein beschrieben, auf organisatorischer und personeller Ebene, um das DevOps Konzept erfolgreich in der Praxis umzusetzen. Bei der T-Systems MMS umfasst dies speziell folgende Strategien [AAK17b]:

- Umsetzung eines grundlegenden Kulturwandels in allen beteiligten Bereichen in kleinen Schritten
- Anpassung der Arbeitsplätze, weg von fest zugeordneten Arbeitsplätzen, hin zu offen gestalteten Räumen für Teamarbeit in verschiedenen Größen und Einzelarbeitsplätzen, sowie Ruheräumen
- Schulung der Mitarbeiter zu DevOps durch Trainings und mit Literatur, Berichten und aktuellen Projektentwicklungen im Intranet. Trainings sowie Job-Rotation der Mitarbeiter bei geeigneten Projekten
- Ausgeweitete Kommunikationsstrategien z.B. durch selbst produzierte Schulungsvideo's, Erwartungsabfragen und regelmäßige Informationsveranstaltungen
- Neues Kernteam mit neuen Rollen zur Gestaltung der DevOps Pipeline z.B. mit DevOps Architekten, Programm Manager, Change Manager und Quality Manager

Zusammenfassung Anwendungsbeispiel T-Systems MMS Das Anwendungsbeispiel T-Systems MMS ist ein Anwendungsfall für folgenden Typ einer IT-Organisation: Unternehmen ist eine IT-Organisation, welches ein digitales Produkt (Dienstleistung IT-Beratung) selbst vertreibt und bei dem die IT-Organisation selbst der Motor für Innovationen im Unternehmen und für externe Kunden ist. Der Anwendungsfall zeigt exemplarisch wie eine DevOps Umsetzung konkret in der Praxis aussetzen kann und, dass dies verschiedene Auswirkungen auf

den IT-Betrieb hat. Weiterhin konnte aufgezeigt werden, welche Maßnahmen helfen können, insbesondere um die Herausforderungen auf personeller Ebene zu meistern.

Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify

Ein populäres Beispiel für eine agile Unternehmensstruktur ist das Unternehmen Spotify. Dabei werden verschiedene agile Methoden verwendet. Spotify betreibt den gleichnamigen Musik-Streaming Dienst über verschiedene Endgeräte. Die von Spotify verwendete Organisationsstruktur und Firmenkultur ist bekannt unter dem Namen *Spotify Engineering Culture* oder *Spotify Modell*. Besonders an diesem Firmenmodell ist, dass es detaillierte Beschreibungen [KI12, Kni14] von der Spotify Unternehmenskultur gibt und auch zahlreiche Artikel [Die19, Roo16, Mag17, Lin19b] darauf eingehen. In aller Regel sind firmeninterne Strukturen gut gehütete Geheimnisse. Aufgrund der guten Informationslage und interessanter Ansätze bezüglich der Anwendung von Matrix-Prinzipien, agilen Strukturen, DevOps-Ansätzen und Unternehmenskulturen, lohnt es sich das Modell von Spotify genauer im Detail zu betrachten. Das Szenario von Spotify wird mit als Anwendungsfall für die qualitative Analyse aufgenommen und ergänzt die späteren Anwendungsfälle, welche durch die Interviews ermittelt wurden.

IT-Betrieb von Spotify Spotify betrieb bis 2015 die IT-Infrastruktur in eigenen Rechenzentren und lagerte dann bis 2017 die kompletten Ressourcen in die Google Cloud aus, um sich mehr auf das Kerngeschäft konzentrieren zu können. [Gus19]

Einordnung von Spotify Entsprechend dem Schema aus Kapitel 2.4.1 - *IT-Organisationen* lässt sich dieser Anwendungsfall wie folgt einordnen: Spotify agiert als eigenständige Institution und vertreibt selbst Services im IT-Bereich. Durch die innovationsorientierte Ausrichtung im Kontext agiler Strukturen gehört der Anwendungsfall b) in die Kategorie *Institution ist eine non-lineare IT-Organisation*.

Aufbau der Spotify Engineering Culture

Zuerst soll auf den Aufbau und die Bezeichnungen der Organisationsstruktur eingegangen werden.

Die Basis der Spotify-Unternehmenskultur sind die kleinsten Einheiten von Teams, die sogenannten *Squads*. Squads lassen sich mit Scrum-Teams vergleichen, diese sollen ähnlich wie ein Mini-Startup arbeiten. Dazu gehören Prinzipien nach der Methode *Lean Startup* wie *Minimum Viable Product (MVP)* oder *Validated Learning* (Überprüfung und Validierung von Lernergebnissen). Innerhalb eines Squads sind alle Fähigkeiten vereint, welche benötigt werden, um ein Produkt zu generieren (*design, develop, test, release*). Die Squads organisieren sich selbst und können auch die Arbeitsweise selbst festlegen (z.B. Scrum, Kanban oder andere sowie gemischte Vorgehensmodelle). Jedes Squad hat eine Langzeitmission, welche erfüllt werden soll. Die Aufgabe eines Squads kann zum Beispiel sein: Aufbau und Verbesserung der Spotify Android App. Die Organisationsstruktur eines Squads besitzt keinen spezifischen Squad-Leiter, dafür aber einen *Product Owner*. Der Product Owner priorisiert die Arbeit im Team, gibt aber nicht vor wie gearbeitet werden soll. Die Product Owner der verschiedenen Squads arbeiten zusammen, um eine allgemeine Road-Map vom Gesamtprodukt zu verfolgen. [KI12]

Neben den Grundlagen eines Squads gibt es spezielle Strategien, damit neue Ideen [KI12] kreiert werden, wie zum Beispiel:

- Hack-Days, welche 10% der Arbeitszeit ausmachen. Dabei können ähnlich wie bei Hackathons neue Ideen ausprobiert oder neue Technologien getestet werden.
- Jedes Squad hat Zugang zu Trainern für agiles Arbeiten, welche ähnlich wie ein Scrum Master helfen die Art des Arbeitens zu verbessern.

Abhängigkeiten zwischen Squads lassen sich oft nicht gänzlich vermeiden. Das Ziel ist jedoch, jedes Squad möglichst autonom zu halten, insbesondere bei Abhängigkeiten, welche den Entwicklungsprozess verlangsamen. Dafür werden regelmäßig Abhängigkeitstabellen erstellt, welche Prozesse verlangsamen oder blockieren. Dies ist die Basis für neue Priorisierung, neue Organisation, Architekturänderungen oder neue technische Lösungen. Eine typische Abhängigkeit ist die Beziehung zwischen Entwicklung und Betrieb. [KI12]

Im Modell von Spotify gibt es ebenfalls ein Team für den Betrieb, jedoch werden hier nicht die Releases für die Entwickler verantwortet, sondern das Team Betrieb stellt alles Nötige, wie Infrastruktur, Skripte und Routinen, sodass die Entwickler selbst Ihre Produkte in den praktischen Betrieb einführen können. Dies verdeutlicht Abbildung 2.33. [KI12]

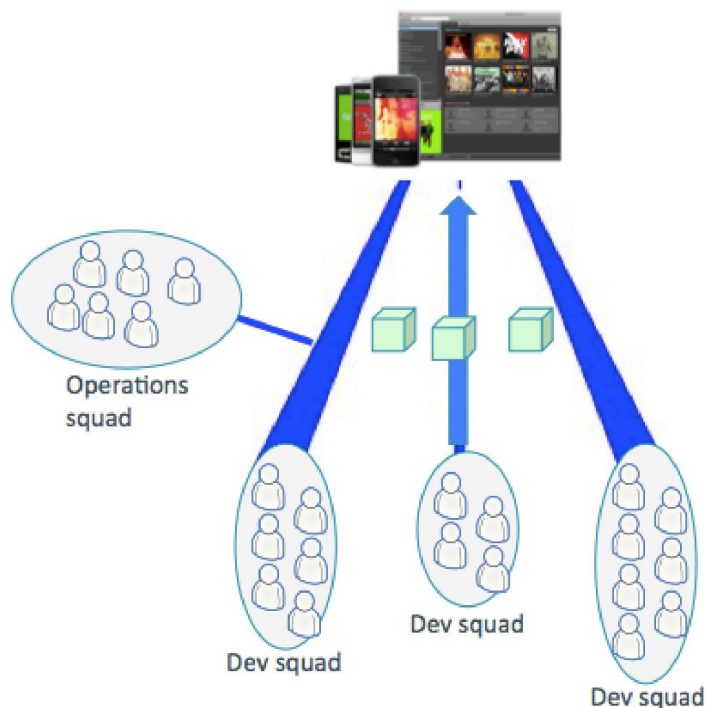


Abbildung 2.33: Rolle des Betriebs (Operation) Squads neben Entwickler (Dev) Squads für das fertige Produkt [KI12]

Verschiedene Squads, welche ähnliche Themenbereiche abdecken, werden in *Tribes* gebündelt. Im Falle von Spotify ist dies zum Beispiel die Backend-Infrastruktur sein. Jeder Tribe hat einen Leiter, welcher die bestmöglichen Arbeitsumgebungen für die verschiedenen Squads schaffen soll. Tribes sind physisch in einem Büro gebündelt. Als Richtwert gilt: Nicht mehr

als 100 Personen („Dunbar Number“) können in einem Tribe gebündelt werden, da sonst keine gute Kommunikation mehr möglich ist. Innerhalb von Tribes gibt es informelle Treffen, bei denen aktuelle Ergebnisse, neue Techniken und Tools oder Live-Demos gezeigt werden. [KI12]

Trotz der verschiedenen Bezeichnungen sind natürlich Ähnlichkeiten zwischen Squads und Teams sowie Tribes und Abteilungen gegeben. Das Rad wird nicht gänzlich neu erfunden, jedoch ist die Ausrichtung und Rolle der Abteilungen und Teams abgewandelt. Auch Tribe-Treffen lassen sich mit Abteilungs-Meetings vergleichen, sind jedoch informeller. [KI12]

Vernetzung der Squads Eine möglichst große Unabhängigkeit von Squads hat einen entscheidenden Nachteil: Ähnliche Rollen (z.B. Software-Tester) tauschen sich nicht laufend im Alltag aus, da diese auf verschiedene Squads verteilt sind. Da ähnliche Rollen aber voneinander profitieren können, zum Beispiel durch gemeinsame Systeme oder Austausch von Problemen, gibt es Vernetzungsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Squads innerhalb eines Tribes und zwischen verschiedenen Tribes. Innerhalb von Tribes gibt es dafür sogenannte *Chapters* mit Personen aus dem selben Kompetenzbereich (z.B. Tester-Chapter). Die einzelnen Chapter tauschen sich regelmäßig über Erfahrungen, aktuelle Problemstellungen und Technologien aus. Jedes Chapter hat einen eigenen Leiter, welcher vergleichbare Aufgaben hat wie ein früherer Teamleiter für einen bestimmten Fachbereich. Dazu gehören zum Beispiel fachliche und persönliche Entwicklung der Mitarbeiter, Vergütung etc. Abbildung 2.34 zeigt die Grundidee der Chapters. In der Praxis ist die Aufteilung nicht so symmetrisch wie in der Abbildung dargestellt, da bestimmte Teams zum Beispiel mehrere Tester haben und manche Teams dafür keine Tester benötigen. [KI12]

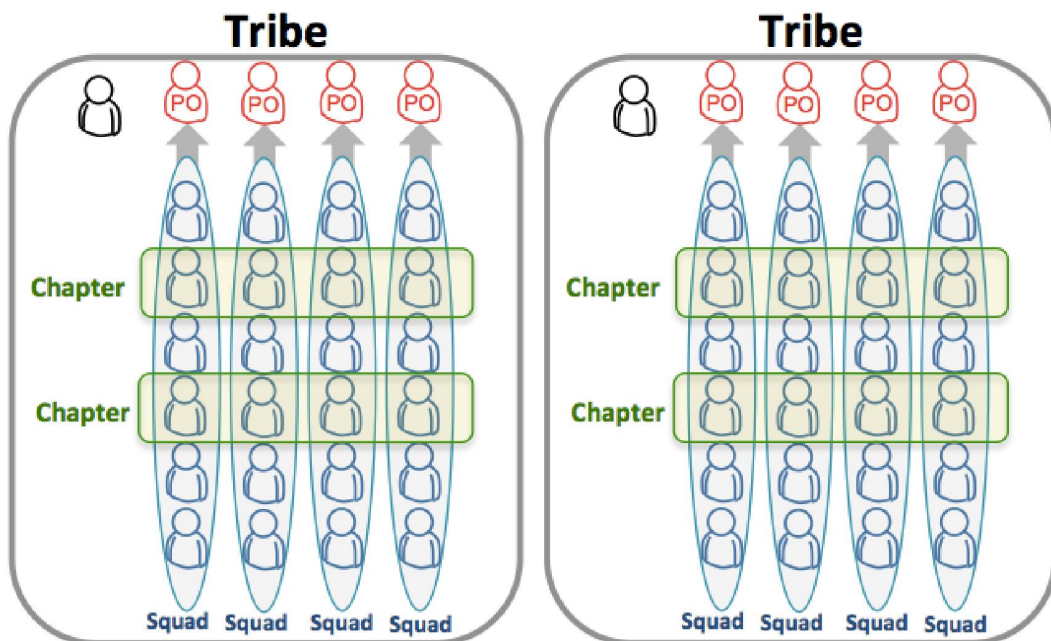


Abbildung 2.34: Zusammenarbeit zwischen Tribes durch Bildung von Chapters [KI12]

Für den Tribe-übergreifenden Austausch gibt es zusätzlich noch die *Guilds*. Diese zeichnen sich durch eine Gruppe mit gemeinsamen Interessen aus. Dies kann zum Beispiel die Guild

der Tester sein, welche sich aus allen Tester Chapters zusammensetzt. Jedoch können auch Mitglieder aus anderen Bereichen hinzustoßen, wenn der Themenbereich für diese interessant ist. Jede Guild besitzt einen Koordinator, welcher seine spezifische Guild koordiniert. Die Funktionsweise der Guilds ist in Abbildung 2.35 zu sehen. [KI12]

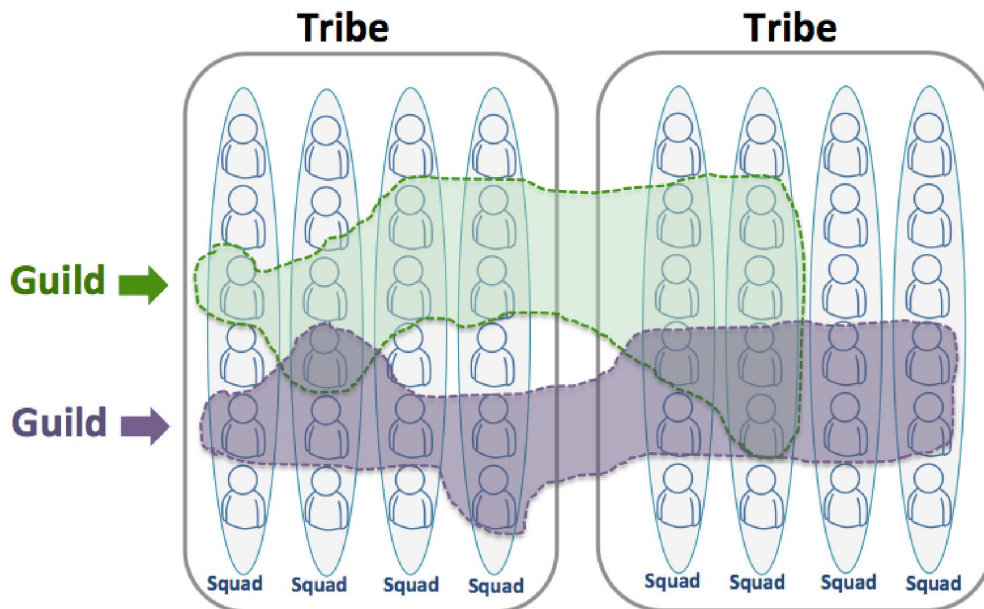


Abbildung 2.35: Wissensaustausch durch Guilds [KI12]

Koordination der Squads und Tribes Die Spotify Architektur besteht aus über 100 Systemen, welche einzeln gewartet und bearbeitet werden können. Damit ein Squad neue Features implementieren kann, müssen verschiedene Systeme aktualisiert werden, um in den Betrieb gehen zu können. Wenn jedes Squad nur an eigenen Features interessiert ist, besteht das Risiko, dass die Architektur des Gesamtsystems vernachlässigt wird und Chaos entsteht. Um dieses Risiko zu minimieren gibt es die Rolle des *System Owner*. Jedes System hat einen oder mehrere System Owner (im Idealfall einen für die Entwickler und einen für die Betriebsperspektive). Die System Owner koordinieren die Änderungen und geben Hilfestellung für die Entwickler, welche Änderungen einbringen möchten. Der Fokus der System Owner liegt auf der Qualität der Änderungen, Stabilität, nötige Dokumentation, Skalierbarkeit etc. Der System Owner erstellt in der Regel keine Änderungen selbst, sondern koordiniert diese nur. Die System Owner arbeiten in der Regel selbst als Squad Mitglieder oder Chapter Leiter. Für übergreifende Problemstellungen zu Architekturthemen, welche viele Systeme betreffen, gibt es zusätzlich die Rolle des *Chief Architekten*. Die Chief Architekten geben den verschiedenen Squads neuen Input und Feedback, welche jedoch das finale Design selbst festlegen und implementieren. [KI12]

Ergänzende Strategien zur Agilität

Neben der Organisation verfolgt Spotify weitere Strategien [Kni14], welche auch den Agilen Methoden zugeordnet werden können, womit ihr Modell und das Unternehmen erfolgreich

sind:

- *Self-Service*: Die verschiedenen Squads sollen selbst in der Lage sein ihre Aufgaben komplett zu erfüllen. Ergänzende Squads, wie Betrieb oder Infrastruktur arbeiten selbst nicht direkt am Produkt, sondern stellen Werkzeuge und Abläufe bereit, damit die Entwicklersquads arbeiten können.
- *Cross-pollination > Standardization*: In der IT wird versucht mehr und mehr auf Standardisierung zu setzen z.B. auch bei Arbeitsweisen, zur einfacheren und übergreifend Arbeit. Spotify bricht dieses Vorgehen und legt weniger Wert auf feste Standardisierungen. Vielmehr sollen sich gute Ansätze durch den übergreifenden Austausch von selbst durchsetzen (*Cross-Pollination* genannt, im Deutschen „Kreuzbestäubung“), sodass diese defacto Standards werden. Zum Beispiel, wenn genug Squads ein Tool wie GIT verwenden und dies der einfachste und beste Weg auch für andere Squads ist, dann werden diese das Tool verwenden und es wird zum defacto Standard.
- *Trust > Control*: Beim Spotify Modell liegt der Fokus auf Vertrauen gegenüber den Mitarbeitern anstatt auf Regeln. Zum Beispiel kann jedes Squad neuen Code in den Betrieb bringen ohne eine zentrale Control-Instanz. Stattdessen wird auf *Paired-Code Reviews* und ähnliche Mechanismen gesetzt.
- *Experiment-/Fail-Friendly Umgebung*: Bevor bei neuen Ideen lange diskutiert wird, auf welche Art etwas umgesetzt wird, sollten unterschiedliche Lösungen einfach ausgetestet und anhand des Feedbacks entschieden werden, welche Idee weiter verfolgt wird. Dies soll zu mehr datengetriebenen Entscheidungen führen anstatt meinungs-, ego- oder autoritätgetriebenen. Darauf baut ein weiterer Bestandteil der Spotify-Kultur auf, die *fail-friendly Umgebung*. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei der Entwicklung eines guten Produktes immer Fehler passieren und aus diesen gelernt werden kann. Wichtiger als Fehler zu bestrafen ist hierbei, dass die Fehler frühzeitig passieren, sodass man sich auch frühzeitig verbessern kann. Zu der failing-friendly Umgebung gehört, ähnlich wie bei agilen Entwicklungsmethoden, ein Feedback/Wiederholungsprozess, wobei Störungen und Fehler betrachtet werden, um daraus zu lernen und konstante Verbesserungen (continious improvement) zu erreichen.

In [KI12] wird auch beschrieben, wie die Spotify Organisationsstruktur und die verschiedenen weiteren Strategien die Agilität fördern, sich die Organisation aber immer auf einem schmalen Grad zwischen Chaos und Bürokratie bewegt. Die Arbeitsweise bewegt sich immer zwischen: Wie viel Freiheiten dürfen gegeben werden, ohne dass die Organisation in Chaos versinkt und wie viel Bürokratie ist notwendig, ohne dass die Organisation aufgrund von Bürokratie aufgehalten wird. Agilität in der Spotify-Kultur basiert auf einem Gleichgewicht zwischen Chaos und Bürokratie. Veranschaulichen soll dies Abbildung 2.36

Bedeutung der Matrixorganisation

Abgrenzung zu anderen Matrixorganisationen Die Spotify Matrix Organisation ist danach ausgerichtet Software auszuliefern. Die vertikale Orientierung durch selbstorganisierte Mini-Teams geprägt und die horizontale Ordnung ist zum fachlichen Austausch von Wissen, Tools und Problemlösungen angedacht. Typische Matrix Organisationen bestehen jedoch aus Abteilungen mit bestimmten Fachbereichen, welche für Projekte zusammengestellt werden



Abbildung 2.36: Die Spotify-Kultur als Gleichgewicht zwischen Chaos und Bürokratie [KI12]

und einem Fachleiter berichten. Die primäre Ordnung vertikal ist nach fachlicher Ausrichtung und die horizontale Ausrichtung nach Teams. [KI12]

Aspekte für Matrixorganisationen: Möglichkeiten zur Einteilung der Squads Interessant auch für die Verwaltung von modernen IT-Infrastrukturen ist die alternative Zusammenstellung von Teams zur Vermeidung von Abteilungs-Silos und zur Steigerung des Wissensaustausches. Die Schwierigkeit beim Spotify Modell ist die sinnvolle Aufteilung der Squads. Bei Spotify wird nach Funktionen der Website bzw. der Dienste aufgeteilt. [Lin19a] Siehe dazu Abbildung 2.37.

Bedeutung für andere Unternehmen

Faszination am Modell, Einschränkungen und Kritik Das Spotify Modell ist bekannt geworden [Sch18b], weil es:

- bei Spotify funktioniert
- einfach gehalten ist
- leicht verständlich ist

Entsprechend stellt sich die Frage, ob sich das Modell einfach auf eine andere Firma kopieren lässt?

Die Antwort hierbei lautet klar: Nein, zumindest nicht einfach so. Das *Spotify Modell*, wurde nie als generisches Modell, agile Methode oder Framework entwickelt. Auch der Begriff *Spotify Modell* hat sich erst gebildet. Ursprünglich war nur von einer *Spotify Engineering Culture* die Rede. [Mer19, Kni15]

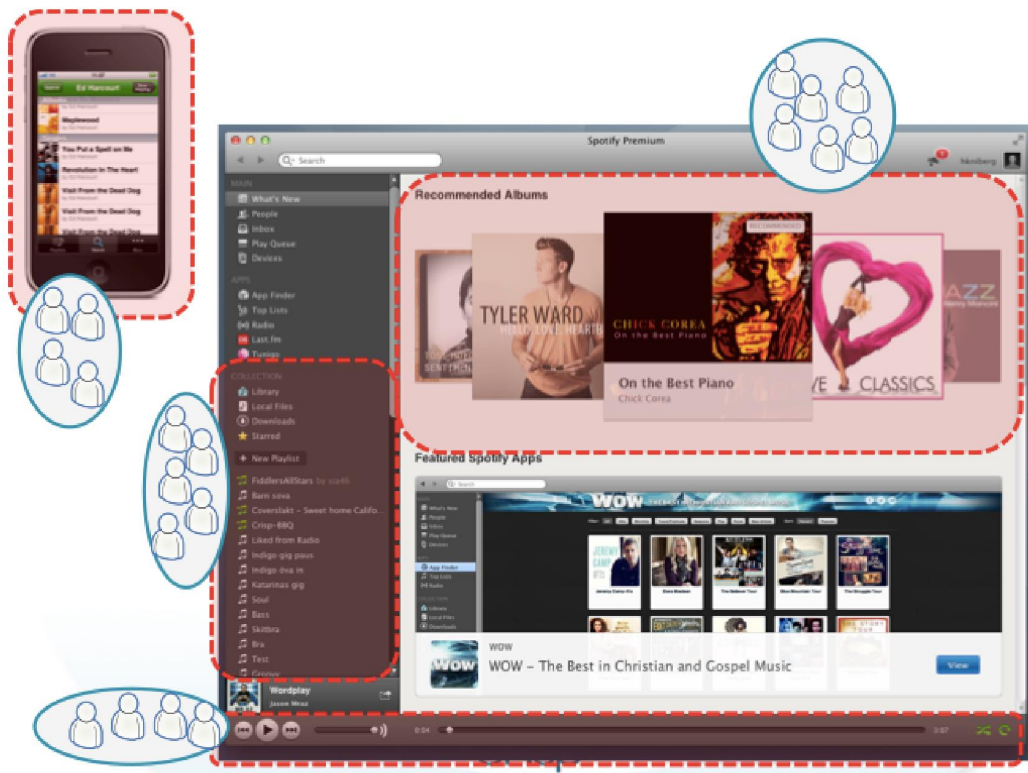


Abbildung 2.37: Aufteilung der Squads bei Spotify entsprechend der einzelnen Teil-Produkte von Spotify (z.B. Player, Zahlungslösungen oder die Android App) [KI12]

In [Lin19a] werden dafür zum Beispiel folgende Gründe angeführt:

- das Spotify Modell ist nur für Probleme von Spotify entwickelt
- das Modell ist schon älter und die IT-Welt hat mittlerweile schon wieder verändert
- Spotify hat das Modell selbst schon weiter überarbeitet

Diese Gründe lassen sich noch ergänzen durch folgende Überlegungen:

- Spotify ist eine sehr junge Firma (2006) im Vergleich zu größeren und lange etablierten Firmen, welche den digitalen Wandel erst einführen mussten.
- Das Spotify Modell wurde schon sehr früh bei verhältnismäßig kleiner Mitarbeiteranzahl eingeführt.
- Spotify ist eine reine Softwarefirma und vertreibt nur ein digitales Kernprodukt

Der Agile Coach Ralph van Roosmalen beschreibt in einem Artikel [Roo16] in allgemeinerer Form, warum einzelne Modelle, in diesem Fall das Beispiel des Spotify Modells, nicht direkt auf andere Unternehmen kopiert werden können. In seinen Augen gehören Organisationsstrukturen zu *Complex Adaptive Systems (CAS)*. Dies begründet er damit, dass

ein Unternehmen aus verschiedenen Personen besteht, welche zusammen eine Organisation formen. Das Verhalten der Mitarbeiter ist eine komplexe Themenstellung. Hinzu kommt, dass sich eine Organisation laufend an sich verändernde Umgebungen anpassen muss. Für CAS gelten allgemeine Richtlinien, welche mitunter beschreiben, warum ein einzelnes Modell nicht die Lösung für Problemstellungen in Unternehmen sein kann:

- diverse Umgebungen benötigen verschiedene Modelle, um damit umzugehen
- erfolgreiches Management von komplexen Systemen basiert darauf, Ideen von anderen Systemen zu kopieren, Dinge anzupassen und diese einzusetzen
- Systeme sind abhängig vom Kontext

Der Erfolg des Spotify Modells liegt darin begründet, dass Spotify dieses Modell selbst entwickelt und immer wieder angepasst hat. Diese Ansicht, dass Firmen bei der Adaption ein eigenes Modell nach ihren Anforderungen entwickeln müssen, wird auch bei anderen Unternehmen, wie zum Beispiel der Allianz Versicherung [Tit20, Mes17] vertreten. Deshalb bleibt bei der Adaption des Spotify Modells der Grundsatz: Je ähnlicher ein Unternehmen ist, desto eher können ganzen Praktiken ähnlich angewendet werden. Nach [Sch18b] lässt sich die Ähnlichkeit durch folgende Fragen beschreiben:

1. *Wie digital ist das Geschäftsmodell?* Spotify ist ein rein digitales Produkt. Je klassischer das Geschäftsmodell, desto schwieriger wird die Adaption von agilen Methoden.
2. *Wie vielfältig ist die Produktpalette?* Spotify hat nur ein Kernprodukt. Für weitere Produkte müsste die Tribe-Struktur entsprechend angepasst werden.
 - Lösung 1: Trennung aller Produkte in verschiedene Tribes, Gefahr von Silo-Bildung kann steigen.
 - Lösung 2: Alle Produkte werden innerhalb einer Tribe-Struktur realisiert.
3. *Wie komplex ist die IT-Struktur im Unternehmen?* Ein modularer und flexibler Aufbau lässt sich auch mit agilen Methoden kombinieren. Monolithische, altmodische, unflexible und wild gewachsene Strukturen sind eine schlechte Basis für ein Tribe Modell.
4. *Gibt es im Unternehmen Erfahrungen mit agilem Arbeiten?* Agile Strukturen haben viel mit Unternehmenskultur zu tun und benötigen passende Mitarbeiter.

Adaptionsmöglichkeiten für andere Unternehmen Trotz der Einschränkungen zur allgemeinen Anwendbarkeit der Spotify Kultur, lassen sich zumindest Ideen und Aspekte auf andere Unternehmen adaptieren, um agilere Strukturen zu erreichen. Verschiedene Artikel [Mag17, Bäu17, Lin19b, Lin19a, Sch18b, Mer19, Die19] beschäftigen sich auch mit diesem Thema.

Generell lässt sich sagen: Da Organisationen sehr unterschiedlich sind, lohnt es sich eher die Einstellungen und Ideen von Spotify in Betracht zu ziehen, anstatt das Modell zu kopieren. Kopiert man vor allem den Lern-Prozess und nicht das Ergebnis, entwickelt sich dadurch ein firmenspezifisches Modell. [Mag17] Das Spotify Modell zeigt eine andere Form des Managements und hat das Potenzial bestimmte Faktoren wie Spaß, Motivation, Eigeninitiative und Autonomie der Mitarbeiter zu fördern: [Bäu17] Dies liegt vor allem an abgewandelten

Organisationsstrukturen und den weiteren *Kulturelementen*, welche beim Aufbau des Spotify Modells bereits angesprochen wurden oder auch in [Mer19] separat aufgeführt werden.

Für den Bereich der IT-Infrastruktur sind beispielsweise folgende Aspekte interessant, weil diese auch Problemstellungen der Verwaltung von modernen IT-Infrastrukturen adressieren¹³:

- progressive Weiterentwicklung
- Zusammenstellung von Matrixorganisationen
- offenere Kommunikation
- Möglichkeit sich selbst über Themen anderer Bereiche durch geänderte Meeting-Formate zu informieren (normalerweise sind Team-Meetings abgeschlossene Bereiche)
- weniger Entscheidungsfindung durch Einzelpersonen (z.B. wie beim Chief Architekten), dafür verstärkte Aufgabe der Beratung und letztendliche Entscheidungsfindung durch die Teams bzw. die Experten in den Teams
- Förderung Selbstständigkeit durch Ende-zu-Ende Bereitstellung von Produkten oder Diensten
- integrierter Fokus auf gutes Arbeiten (z.B. spezielle Rollen wie der Tribe Leiter, welcher Hürden beseitigen soll)

Strategie zur Adaption des Spotify Modells

Obwohl das Modell von Spotify nicht direkt auf eine andere Firma übertragbar ist, so ist doch interessant, welche Strategie helfen kann, um die Spotify Engineering Culture für ein anderes Unternehmen anzupassen. Solche Vorgehensweisen helfen auch die Problemstellung dieser Arbeit zu unterstützen. In [Lin19b] wird eine Strategie vorgestellt, wie das Spotify Modell für ein fiktives deutsches Unternehmen eingeführt werden könnte. Grundlage bildet dabei die im Unterkapitel 2.3.1 - *Klassische Organisationsstrukturen* dargestellte hierarchische Struktur mit fachlich spezialisierten Teams.

Zwei Grundszenarien werden dabei angenommen:

1. Aufgaben, welche von einem Prozess erfasst sind, können zügig abgeschlossen werden.
2. Aufgaben, welche sich über verschiedene Teams erstrecken oder zwischen den Aufgabengebieten von zwei Teams liegen, verzögern sich häufig.

Die Ursache für die Szenarien wird damit beschrieben, dass keine eindeutige Zuständigkeit gegeben und kein definierter Prozess vorhanden ist.

In [Lin19b] wird eine Strategie in vier Schritten vorgeschlagen, wie eine Organisationsstruktur in diesem Fall angepasst werden kann:

¹³Vergleiche dazu auch Kapitel 2.4.4 - *Aktuelle Herausforderungen des IT-Betrieb*

1. Schritt: Aufteilung der Mitarbeiter und Anpassung der Führungsart Nach Fokus der Abteilungen werden crossfunktionale Gruppen (Squads) mit einer Mitarbeiteranzahl von 3-8 eingeteilt. Diese sollten in der Lage sein ihre Aufgaben ohne viele Schnittstellen lösen zu können. Beispielhafte Möglichkeiten nachdem Squads aufgeteilt werden können:

- Branchen (z.B. Dienstleister)
- Kunden (z.B. IT-Dienstleister)
- Produkte (z.B. Produkthaus)
- Funktionen (z.B. Softwarehaus)
- Sparten (z.B. einem Konzern)

Ziel muss sein einen ganzheitlichen Blick auf Aufgaben zu bekommen. Wurde beispielsweise eine Bestellung in einem Webshop bisher von drei Teams bearbeitet, kann eine Umgestaltung so aussehen, dass die Bestellung komplett in einem Team abgewickelt wird. Dadurch ist das Team für alle Aspekte der Bestellung verantwortlich und es stellt sich nicht die Frage der Zuständigkeiten zwischen den Teams. Um die Unternehmensführung an dieses Konzept anzupassen, wird vorgeschlagen die Führungsrollen, nicht wie bei klassischen Teamleitern auf eine Person zu bündeln, sondern ein Squad aus Führungskräften zu bilden, welches einen globalen Ansprechpartner für alle Squads darstellt. Je nach Typ der Führungskräfte können dann unterschiedliche Aufgaben der Führung aufgeteilt werden. Durch die Führung des Squad kann der Abteilungsleiter mehr die Rolle eines Coach für die Organisationsentwicklung übernehmen. Die Maßnahmen im ersten Schritt sollen helfen, dass Abteilung/Teams zu starken selbstständigen Einheiten mit minimierten Schnittstellen werden.

2. Schritt: Einführung von Querschnittsrollen Einzelne Teams können nicht komplett unabhängig agieren, dies würde auch für eine extreme Silo-Bildung beitragen. Um die Teams zu verbinden und organisieren wird ein Squadlead ernannt, welcher der Ansprechpartner für die einzelnen Squads ist. Wie die normalen Squads hat auch der Teamleiter Squad einen Squadlead. Daraus lassen sich die Chapters bilden, wie in Abbildung 2.38 gezeigt wird. Diese dienen dem fachlichen Austausch, zum Beispiel zur Überwachung der verwendeten Technologien oder der Einhaltung von Standards. Je nach Größe der Firma können die Squads und Chapters weiter als Tribes mit Tribe-Leadern zusammengefasst werden.

3. Schritt: Informationskultur anpassen Der Austausch von Informationen auf fachlicher und organisatorischer Ebene ist einer der wichtigsten Bestandteile auch bei agilen Strukturen. [Lin19b] schlägt das Modell nach Abbildung 2.39 für eine neue Meeting Kultur vor. Ziel ist dabei die Informationen direkt an die einzelnen Mitarbeiter zu adressieren und Informationen horizontal zu verteilen anstatt vertikal über einzelne Personen, um Informationshoheiten zu reduzieren und Einbringungsmöglichkeiten zu erweitern.

4. Schritt: Controlling anpassen Für das Controlling sollten ebenfalls neue Methoden angewandt werden, um diese an die agilen Strukturen anzupassen. Dies können zum Beispiel spezielle Dashboards sein, welche auch bei Scrum und Kanban eingesetzt werden. Weitere Details über einzelne Möglichkeiten sind ebenfalls in [Lin19b] zu finden, diese spielen im Kontext dieser Arbeit aber weniger eine Rolle.

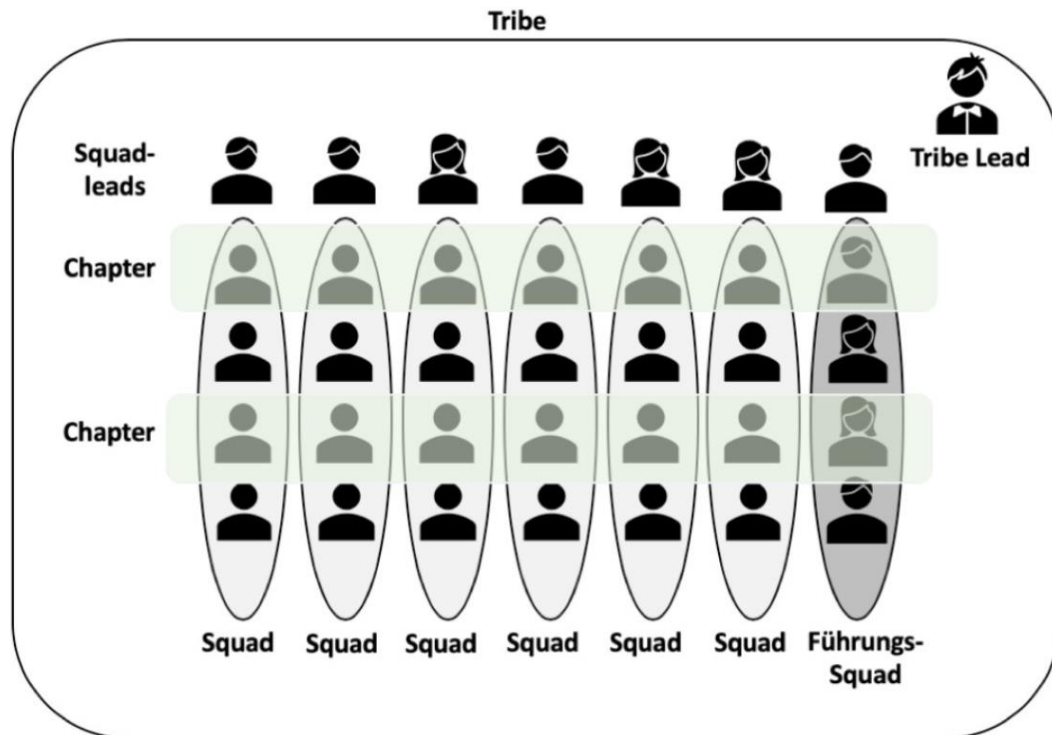


Abbildung 2.38: Adaptiertes Spotify Modell für eine Einführung in einer vormals klassischen Firmenstruktur) [Lin19b]

Praktische Umsetzung Auch wenn in [Lin19b] von einem ganzen Unternehmen die Rede ist, lässt sich gut vorstellen, dass eine Anpassung für einzelne Abteilungen oder Bereiche einer Firma möglich ist, wenn entsprechende Schnittstellen zu anderen Unternehmensteilen geschaffen werden.

Trotzdem werden in der Praxis einige Fragestellungen zu lösen sein. Beispielsweise kann zwar ein Team eine Aufgabe jetzt selbstständig lösen, weil keine oder nur wenige Abhängigkeiten zu anderen Teams bestehen. Trotzdem müssen die Abhängigkeiten dann intern zwischen den Mitarbeitern aufgeteilt werden. Die Zuständigkeit verschiebt sich dadurch von der Team-Frage mehr zu der Mitarbeiter-Frage. Gleichzeitig muss in der Praxis ein Mittelweg gefunden werden, zwischen selbständig arbeiteten Teams und einer Abschottung von Teams, aufgrund von fehlenden Kontaktpunkten zu anderen Teams.

Zusammenfassung Anwendungsbeispiel Spotify

Durch die ausführlichen Informationen und die große Resonanz auf die Spotify Engineering Culture, ist die Organisationsstruktur von Spotify ein interessanter Anwendungsfall für den Bereich: Unternehmen ist eine IT-Organisation, welches ein digitales Produkt selbst vertreibt (Service-Dienstleister Endkundenbereich) und bei dem die IT-Organisation selbst der Motor für Innovationen im Unternehmen ist.¹⁴ Der Anwendungsfall von Spotify zeigt sehr deutlich

¹⁴Vergleiche Kapitel 2.4.1 - IT-Organisationen



Abbildung 2.39: Vorgeschlagene Meeting-Formate für eine Adaption des Spotify Modells [Lin19b]

wie andere Bereiche, wie die Software-Entwicklung den IT-Betrieb prägen können. Auf Ebene der Organisationsstruktur ist Spotify ein Beispiel für die Einführung einer abgewandelten Form einer Matrixorganisation mit crossfunktionalen Teams mit Trennung von fachlichen und Führungsrollen sowie Umsetzungs- und Beratungsrollen. Gleichzeitig wird aber auch deutlich wie groß die Abwägung zwischen freier Kulturentwicklung und gezielter Steuerung sein muss. Zuletzt wird deutlich, wie wichtig ein angepasster und lernorientierter Ansatz ist, wenn Unternehmen andere Organisationsstrukturen adaptieren möchten.

3 Voranalyse zum Themenbereich Netzvirtualisierung

3.1 Herleitung der Betrachtungsgrundlage

Um die Voranalyse systematisch zu gestalten, die nachfolgende Grundüberlegung angestellt, welche in Abbildung 3.1 zu sehen ist. Diese basiert auf den Grundlagen allgemeiner IT-Konsolidierungsprojekte, welche in Kapitel 2.4.3 - *Architekturmanagement* noch genauer aufgezeigt wurde.

① Vor der Einführung einer neuen Technologie gibt es immer einen IST-Zustand mit Problemstellungen und damit verknüpfte Ziele, welche mit der Neuerung gelöst bzw. erreicht werden sollen, um den SOLL-Zustand zu erreichen. Eine Problemstellung kann zum Beispiel der Bereitstellungsprozess von virtuellen Maschinen bis zur finalen (Ende-zu-Ende) Bereitstellung sein.

② Entsprechend ist die neue Technologie (in diesem Fall die Netzvirtualisierung) der Lösungsansatz oder zumindest ein Schlüssel-Teil davon.

③ Die neue Technologie erfordert in Teilen Anpassungen der Prozesse, Organisationsstrukturen und Tools, um die zuerst aufgestellten Ziele zu erreichen, da sich Sachverhalte anders gestalten, als dies mit der ursprünglichen Technologie der Fall war. In theoretischen Betrachtungen ist dies als nacheinander ablaufende Phasen dargestellt. In der Praxis wird jedoch die erste Implementierung häufig nicht erfolgreich sein, da die Erfahrung mit der neuen Technologie und deren Auswirkungen auf die Organisationsstruktur und Prozesse in diesem spezifischen Kontext fehlt.

④ Durch die Neuerungen, insbesondere bei der Netzvirtualisierung, steigt im ersten die Schritt die Komplexität des Gesamtsystems¹. Damit verbunden sind neue Problemstellungen und Ziele, welche zusätzliche Lösungsansätze benötigen, damit die Einführung der neuen Technologie erfolgreich ist.

⑤ Nach der Optimierung ist im Idealfall das Ergebnis positiv (mehr Nutzen als Aufwand), sodass die Komplexität des Gesamtsystems gesunken ist.

Hinter dieser Überlegung steht die Annahme, dass versucht wird Problemstellungen mithilfe von Technologien zu lösen und dann die Prozesse dafür angepasst werden. Hier kann das Beispiel zur Bereitstellung von virtuellen Maschinen wieder aufgegriffen werden. Die Infrastruktur soll für die Kunden dynamischer bereitgestellt werden. Theoretisch wäre es logischer, erst die Prozesse anzupassen und anschließend eine entsprechende Infrastruktur zu entwickeln, welche dazu passt. Praktisch lässt sich dies jedoch nicht so realisieren, weil ohne eine entsprechende dynamische Infrastruktur in der Regel kein dynamischer Prozess bereitgestellt werden kann. Eine dynamische Infrastruktur kann jedoch auch statisch betrieben werden, auch wenn dies nicht ideal ist. In der Praxis wird es deshalb häufig der Fall sein, dass eine dynamische Infrastruktur eingeführt wird und sich darauffolgend dafür die Prozesse

¹Vergleiche auch Kapitel 2.2.3 - *Definition und Abgrenzung Netzvirtualisierung* und [BFM10]

3 Voranalyse zum Themenbereich Netzvirtualisierung

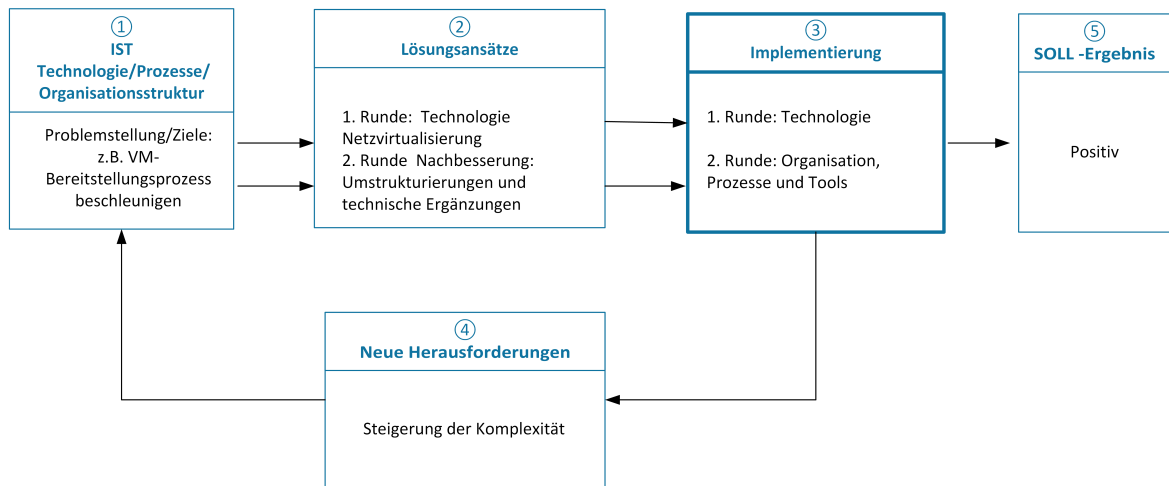


Abbildung 3.1: Betrachtungsgrundlage für die Voranalyse: Vom IST-Zustand zum SOLL-Zustand in der Praxis

bilden, insbesondere weil zu diesem Zeitpunkt auch die technischen Details mit einbezogen werden können. Dieses Vorgehen ist in der Praxis erst einmal leichter zu realisieren, aber nicht ideal: Organisationsstrukturen sind oft historisch gewachsen und deren Gelingen ist auch stark vom Faktor Mensch abhängig. Entsprechend benötigt es immer genügend Vorlauf und Einbezug der Mitarbeiter, wenn an etablierten Strukturen etwas geändert werden soll. Eine Änderung der bestehenden Teams und Abteilungen von einem auf den nächsten Tag wird in den seltensten Fällen erfolgreich oder möglich sein. Die Einführung einer neuen Technologie stellt hier zumindest einen für die Mitarbeiter nachvollziehbaren Grund für nötige Änderungen an den Organisationsstrukturen dar, zumindest wenn die Akzeptanz der Mitarbeiter für eine neue Technologie gegeben ist. Werden die Organisationsstrukturen erst im Nachhinein geändert, besteht die große Gefahr, dass die ursprünglichen Strukturen aus Gründen der Einfachheit beibehalten werden und das Potential der neuen Infrastruktur nicht ausgeschöpft werden kann.

Grundsätzlich besteht jedoch die Möglichkeit, die zukünftigen Organisationsstrukturen und -prozesse bei der Planung der Infrastruktur parallel zu entwickeln. In der Praxis ist es deshalb erstrebenswert die Auswirkungen einer neuen Technologie zu kennen, um sie bei der Einführung direkt berücksichtigen zu können. So könnte im Idealfall ein verkürzter Weg bis zum positiven Ergebnis, wie in Abbildung 3.2 gezeigt, erreicht werden. Bei organisatorischen Änderungen ist ein frühzeitige Auseinandersetzung mit möglichen Maßnahmen in der Zukunft immer erstrebenswert.

Um zurück zu möglichen Lösungen der Problemstellung dieser Arbeit zu kommen: Einfache Abhängigkeitsbeziehungen zwischen einzelnen Problemstellungen, Zielen, Lösungsansätzen und Auswirkungen lassen sich praktisch nicht bewerkstelligen, da die Abhängigkeiten und Einflüsse zu vielfältig sind. Ansonsten wäre der Ansatz dieser Arbeit auch überflüssig. Jedoch lassen sich einzelne Punkte aus dem Themenkomplex aus bestehender Literatur herausgreifen und daraus die Leitfragen ableiten, welche die Grundlage zur weiteren Erschließung des Themenfeldes und der Gestaltung der Interviews dienen. Bei der Analyse der Auswirkungen spielt weiterhin eine große Rolle, dass die Netzvirtualisierung in einem Kontext eingesetzt wird, bei dem viele Neuerungen im Bereich Technologie, Architektur und Organisation aktuell

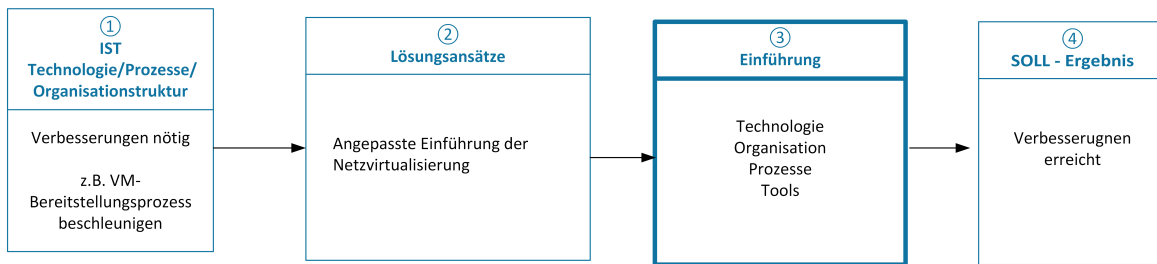


Abbildung 3.2: Betrachtungsgrundlage für die Voranalyse: Verkürzter Weg vom Ist-Zustand zum Soll-Zustand unter Berücksichtigung der umgebungs- und technologieabhängigen Faktoren.

sind.

3.2 Ableitung des Categoriesystems und der Leitfragen

Für die Interviews zu den Anwendungsfällen und die Auswertung benötigt es ein Categoriesystem, wie die Inhalte der Untersuchung strukturiert werden können. In diesem Fall besteht das Categoriesystem aus verschiedenen (Ober-)Kategorien, welche mehrere Unterkategorien besitzen. Das Categoriesystem bzw. vor allem die Unterkategorien lassen sich in der Handhabung wie *Tags/Schlagwörter* verstehen. Über die Zusammenstellung der Schlagwörter aus den verschiedenen Kategorien lässt sich in der Auswertung nach bestimmten Antwortgruppen filtern. Die Leitfragen dienen als Grundlage, die Interviewinhalte zu entwickeln. Details zu den Leitfragen und dem Categoriesystem werden in Kapitel 4 - *Umsetzung der Experteninterviews* weiter behandelt.

Durch die Themenstellung der Arbeit steht die erste Kategorie zur Untersuchung bereits fest.

Kategorie Auswirkungsbereich:

- *Organisationsstruktur*
- *Prozesse*
- *übergreifend*

Neben den spezifischen Kategorien zur Fragestellung müssen innerhalb des Interviews zur Einordnung der Situation bei den Interviewpartner auch Informationen über sie selbst und deren Rolle, sowie die dort betriebene Infrastruktur gesammelt werden. Letzteres ist insbesondere wichtig, da die Auswertung anhand einer Fallanalyse (vergleiche Kapitel 2.1.2 -*Methodik zur Auswertung*) geschehen soll.

Daraus ergeben sich folgende Leitfragen:

3 Voranalyse zum Themenbereich Netzvirtualisierung

Leitfragen zur Beschreibung der einzelnen Fälle:

- *Welche Rolle hat der/die Interviewpartner im Unternehmen und in welcher Abteilung/Team ist dieser angehörig?*
- *Welche Abteilungen/Teams gibt es im IT-Betrieb?*
- *Welche Dienste werden von der Firma betrieben?*
- *Welche Infrastruktur wird zur Bereitstellung der Dienste betrieben?*

Außerdem benötigt es für die spätere Auswertung die nachfolgenden Kategorien und Unterkategorien, um diese Informationen extrahieren zu können und so die Rahmenbedingungen des Falles aufzuzeigen:

Kategorie zur Beschreibung der einzelnen Fälle. Informationen zu:

- *Interviewpartner*
- *Organisationsstruktur*
- *Infrastruktur/Dienste*
- *Problemstellung*
- *übergreifend*

Netzvirtualisierung als Technologie bietet verschiedene Möglichkeiten für die Handhabung von IT-Netzen und die Lösung von verschiedenen Problemstellungen. Dies schließt natürlich nicht aus, dass andere Technologien ebenfalls in der Lage sind auf andere Weise ähnliche Ergebnisse zu erzielen. Im Bezug auf die Forschungsfrage kristallisierten sich innerhalb der Voranalyse vor allem die Punkte aus den nachfolgenden Unterkapiteln heraus. Diese sind von der Netzvirtualisierung in unterschiedlicher Ausprägung betroffen. Jedoch lassen sich diese nicht einfach strukturieren, da meist verschiedene Aspekte berücksichtigt werden müssen. Eine erste Kategorisierung erfolgt im nachfolgenden Schritt.

3.2.1 Trennung der Funktionsebenen und zusätzliche Virtualisierungsschicht

Virtualisierungsgrad Auf Basis der Architektur ist die primäre Neuerung der Netzvirtualisierung die Trennung der Funktionsebenen *Management*, *Control* und *Data* mithilfe der Einführung einer zusätzlichen Virtualisierungsschicht. Dies wurde bereits in Kapitel 2.2.5 - *Architektur und Technik von Netzvirtualisierung* aufgezeigt. Entsprechend muss man der Untersuchung von praktischen Fällen unterscheiden, welcher Virtualisierungsgrad im Netzbereich erreicht wurde. Gleichzeitig lässt sich die Einteilung des Virtualisierungsgrades auch nutzen, um eine Vorher- und Nachher-Untersuchung anzustellen, welche für eine Analyse von Auswirkungen nötig ist. Entsprechend werden folgende Unterkategorien verwendet, welche den Virtualisierungsgrad der Netz-Architektur einer Infrastruktur beschreibt.

Kategorie Netzvirtualisierungsgrad:

- *physisches Netz (rein physisch ohne Netzvirtualisierung)*
- *Mischvirtualisierung (z.B. Hostvirtualisierung)*
- *Netzvirtualisierung (physische Netze mit einem Netzvirtualisierungssystem als Overlay)*
- *SDDC/Cloud*
- *übergreifend*

Die Unterkategorie *rein physisches Netz* ist eher ein theoretisches Konstrukt, da in der Praxis keine größere Firma mehr nur physische Server betreibt. Der Grad der Virtualisierung beinhaltet unter anderem auch die bereits etablierte Virtualisierung von Servern (virtuelle Maschinen). Die Einführung der Hostvirtualisierung vor einigen Jahren wirft im aktuellen Kontext die Frage auf, ob damals schon ähnliche Entwicklungen im Bereich der Organisationsstrukturen, Prozesse oder Tools zu beobachten waren, welche sich auf die Einführung der Netzvirtualisierung übertragen lassen. Daraus lässt sich folgende Leitfrage ableiten:

Leitfrage zu Rückschlüssen aus früheren Entwicklungen: Lässt sich die Einführung der Netzvirtualisierung mit der Einführung der Hostvirtualisierung vergleichen?

Zuständigkeit für die Schichten der Infrastruktur Die zusätzlich eingefügte Virtualisierungsschicht benötigt eine spezielle Betrachtung bei der Verwaltung. Klassische Strukturen im Rechenzentrum basieren in der Regel auf einem separat verwalteten physischen Netzbereich, der den Großteil des IT-Netzes ausmacht. Daneben existieren teilweise kleine virtualisierte Teil-Netze innerhalb der Virtualisierungssysteme. Die Hoheit des Netzes liegt jedoch bei den herkömmlichen Anlagen klar bei den Netzabteilungen, welche das Design und die operativen Tätigkeiten durchführen. Je nach Aufteilung und Anzahl der beteiligten Abteilungen können Prozesse (zum Beispiel die Ende-zu-Ende Bereitstellung von virtuellen Maschinen) sehr lange dauern, da verschiedene Aufgaben von verschiedenen Personen in verschiedenen Teams abgearbeitet werden müssen. Dieser Prozess wird bei jeder Firma mit eigener Bereitstellung von Infrastruktur vorhanden sein und jeweils etwas unterschiedlich aussehen. Die zunehmende Virtualisierung im Netzbereich vermischt hier z.B. die Grenze zwischen Netz- und den Virtualisierungs-Teams.²

Deshalb stellt sich in diesem Punkt die zentrale Frage:

Leitfrage zur Verwaltung: Wie wird die Verwaltung von physischem und virtuellem Netz aufgeteilt?

Dafür bietet es sich an bei der Auswertung eine eigene Kategorie anzulegen, um bei den Interviews trennen zu können, auf welchen Teil des Netzes sich einzelne Aussagen konzentrieren.

²Vergleiche auch Kapitel 2.2.7 - Bedeutung der NVO Architektur für die Verwaltung

3 Voranalyse zum Themenbereich Netzvirtualisierung

Kategorie zum Verwaltungslayer der IT-Netze:

- *physisches Netz*
- *Plattform Netzvirtualisierung*³
- *virtualisiertes Netz*
- *übergreifend*

Neben der reinen Verwaltungshoheit ist insbesondere noch entscheidend, wie die Rollen gestaltet werden, wie sich das Fachwissen zu Verwaltung verschieben muss und welche Änderungen an den Organisationsstrukturen und Prozesse vorgenommen werden müssen.

Diese Punkte führen zu folgenden Leitfragen:

Leitfragen Team-Zusammenstellung:

1. *Welche fachliche Ausrichtung benötigen zukünftige Mitarbeiter im Bereich des Rechenzentrums?*
2. *Wie werden die Aufgaben zwischen oder in gemischten Teams aufgeteilt?*
3. *Welche Änderungen von Organisationsstrukturen, Prozessen und Werkzeugen sind für den Einsatz von Netzvirtualisierung nötig?*

3.2.2 Einfluss von virtualisierten Rechenzentren und dem Cloud Computing

Im Bereich der Software Defined Datacenter und Cloud-Umgebungen stehen flexiblere Netze und zentrale Schnittstellen als Basis im Fokus [Hut15]. Die gewonnene Flexibilität lässt sich hier nutzen für verschiedene Kombinationen aus: Automatisierung, Self-Service-Portalen (zum Bezug von Infrastruktur)[MS18], Test- und Entwicklungsumgebungen [BFM10] sowie die Einbindung in andere Enterprise-Anwendungen [NSX15].⁴ Ein Teil dieser Lösungen ist die Nutzung von Netzvirtualisierung. Entsprechend erfolgt die Einführung der Netzvirtualisierung häufig im Rahmen eines SDDC oder einer Cloud-Umgebung. Bei der Betrachtung der Auswirkungen von Netzvirtualisierung wird deshalb der Kontext, in welchen diese eingesetzt wird, eine Rolle spielen. Folglich muss bei der Datenerfassung durch die Experteninterviews beachtet werden, welche Rolle andere Neuerungen in dem entsprechenden Untersuchungsfall darstellen:

Leitfrage zum Kontext der Netzvirtualisierung: Können genannte Auswirkungen eindeutig der Netzvirtualisierung zugeordnet werden oder entstehen diese durch ein Gesamtsystem, zum Beispiel im Rahmen einer Cloud-Anwendung?

³Diese Unterkategorie wurde erst im Rahmen der Auswertung hinzugefügt, da hierbei herauskam, dass der Verwaltungslayer differenzierter betrachtet werden muss. Vergleiche dazu auch 6 - Ergebnisse

⁴Für Details siehe Kapitel 2.2.8 - Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud-Computing

Automatisierung Eine Motivation für den Einsatz der Netzvirtualisierung sind die vereinfachten Möglichkeiten zur Automatisierung.⁵ Soll die neue Infrastruktur nicht ähnlich statisch benutzt werden, wie die vorherige Infrastruktur ohne Netzvirtualisierung, dann benötigt es entsprechende Automatisierungen. Diese müssen im Rahmen der Einführung der Netzvirtualisierung oder nach und nach umgesetzt werden.

Aus dem vorherigen Abschnitt ergeben sich folgende Leitfragen:

Leitfragen zu weiteren Einflüssen auf die Organisationsstruktur:

- *Welchen Einfluss hat eine vermehrte Automatisierung auf die Organisationsstrukturen?*
- *Wie weit sind die Anwendungen des Geschäftsbereichs der Firmenumgebung direkt mit der Infrastruktur verknüpft?*
- *Ist eine Entwicklung in Richtung DevOps, agile Vorgehensweisen oder verwandten Richtungen zu beobachten?*

Rollen im Software Defined Datacenter und Cloud-Umgebungen Aufbauend auf den vorherigen Abschnitten und dem Grundlagenkapitel 2.2.8 - *Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud-Computing* stellt sich die Frage, ob sich bei dem Betrieb einer Cloud-Umgebung nicht insgesamt die Organisationsstruktur ändern muss, welche auch die Verwaltung der Netzvirtualisierung betrifft.

Die vorherigen Ausführungen führen zu folgenden weiteren Leitfragen:

Leitfragen zu Einflüssen durch Cloud-Umgebungen:

- *Werden im Kontext von Software Defined Data Center und Cloud-Umgebungen im Bezug auf die Netzvirtualisierung neue Rollen benötigt?*
- *Welche Punkte müssen bereits vor der Einführung von Netzvirtualisierung bzw. Cloud-Systemen auf organisatorischer Ebene bedacht werden?*

Aus den folgenden Fragen bietet sich noch die Ergänzung des Categoriesystems an, um die typischen Aufgabenbereiche zu erfassen:

Kategorien zum Aufgabenbereich einer neuen Technologie:

- *Planung und Integration*
- *Betrieb und Verwaltung*
- *Störungsbehebung*
- *übergreifend*

3 Voranalyse zum Themenbereich Netzvirtualisierung

Oberkategorie	Unterkategorie 1	Unterkategorie 2	Unterkategorie 3	Unterkategorie 4	Unterkategorie 5
Auswirkungsbereich	Organisationsstruktur	Prozesse	-	-	übergreifend
Unterteilung der Abhängigkeiten	technisch	organisatorisch	-	-	übergreifend
Beschreibung der Fälle	Interviewpartner	Organisationsstruktur	Infrastruktur/ Dienste	Problemstellung	übergreifend
Virtualisierungsgrad	physisches Netz	Mischvirtualisierung	Netzvirtualisierung	SDDC/Cloud	übergreifend
Verwaltungslayer	physisches Netz	Plattform Netzvirtualisierung	virtualisiertes Netz	-	übergreifend
Umsetzungsphase Netzvirtualisierung	Planung und Integration	Betrieb und Verwaltung	Störungsbehebung	-	übergreifend
Aussagetyp*	Beschreibung	Einschätzung	Strategie	-	übergreifend

* Kategorie im Rahmen der Auswertung ergänzt

Tabelle 3.1: Zusammenfassung der Kategorien

3.3 Zusammenfassung der Betrachtungskategorien und Leitfragen

In der Tabelle 3.1, *Zusammenfassung der Kategorien* und in Tabelle 3.2, *Zusammenfassung der Leitfragen* sind nochmal die Ergebnisse der vorherigen Abschnitte zusammengefasst. Die Leitfragen können um weitere Fragen ergänzt werden, wenn sich weitere Aspekte während des Interviews ergeben. Weitere Details dazu in Kapitel 4.1 - *Umsetzung des Leitfadens*. Das Categoriesystem kann ebenfalls weiter ergänzt werden, wenn bei der späteren Auswertung Inhalte zu keiner Kategorie zugeordnet werden können. Erst bei der Auswertung wird sich dann im Detail zeigen, wie gut das Categoriesystem gewählt wurde. Vergleiche dazu auch Kapitel 2.1.2.

⁵Vergleiche Kapitel 2.2.2 - *Software Defined Network*

3.3 Zusammenfassung der Betrachtungskategorien und Leitfragen

Themenbereich	Leitfragen
Beschreibung der einzelnen Fälle	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Rolle hat der Interview-Partner im Unternehmen und welcher Abteilung/Team ist dieser angehörig? • Welche Abteilungen/Teams gibt es im IT-Betrieb? • Welche Dienste werden von der Institution betrieben? • Welche Infrastruktur wird zur Bereitstellung der Dienste betrieben?
Frühere Entwicklung	Lässt sich die Einführung der Netzvirtualisierung mit der Einführung der Hostvirtualisierung vergleichen?
Verwaltung	Wie wird die Verwaltung von physischem und virtuellem Netz aufgeteilt?
Team Zusammenstellung	<ul style="list-style-type: none"> • Welche fachliche Ausrichtung benötigen zukünftige Mitarbeiter im Bereich des Rechenzentrums? • Wie werden die Aufgaben zwischen oder in gemischten Teams aufgeteilt? • Welche Änderungen von Organisationsstrukturen, Prozessen und Werkzeugen sind für den Einsatz von Netzvirtualisierung nötig?
Kontext der Netzvirtualisierung	Können genannte Auswirkungen eindeutig der Netzvirtualisierung zugeordnet werden oder entstehen diese durch ein Gesamtsystem, zum Beispiel im Rahmen einer Cloud-Anwendung?
Weitere Einflüsse auf Organisationsstrukturen	<ul style="list-style-type: none"> • Welchen Einfluss hat eine vermehrte Automatisierung auf die Organisationsstrukturen? • Inwieweit sind die Anwendungen des Geschäftsbereiches der Firmenumgebungen direkt mit der Infrastruktur verknüpft? • Ist eine Entwicklung in Richtung DevOps oder Infrastructure-as-a-Code oder verwandten Richtungen zu beobachten?
Einflüsse durch die Cloud-Umgebungen	<ul style="list-style-type: none"> • Werden im Kontext von Software Defined Data Center und Cloud-Umgebungen in Bezug auf die Netzvirtualisierung neue Rollen benötigt? • Welche Punkte müssen bereits vor der Einführung von Netzvirtualisierung bzw. Cloud-Systemen auf organisatorischer Ebene bedacht werden?

Tabelle 3.2: Zusammenfassung der Leitfragen

4 Umsetzung der Experteninterviews

4.1 Umsetzung des Leitfadens

Die verschiedenen Interviewfragen sind thematisch in bestimmte Phasen gegliedert, um ein systematisches Interview zu ermöglichen und um den Interviewpartner logisch entlang eines roten Fadens führen zu können. Die Untersuchung von Auswirkungen ähnelt der Vorgehensweise bei Interviews in IT-Projekten: Zuerst wird die gegenwärtige oder frühere Situation untersucht und anschließend eine neuere oder zukünftige Situation. Entsprechend orientiert sich der Leitfaden in dieser Arbeit dem allgemeinen Leitfaden von Projektinterviews aus [Weß10], wie in Tabelle 4.1 dargestellt.

Phase	Teile
Einleitung	Die Organisation (Visionen, Ziele, Strukturen, Geschäftsaktivitäten) Der Interviewte (beruflicher Hintergrund, Aufgaben, Arbeit) Begriffsklärungen
Exploration der gegenwärtigen Situation	Relevanz IT und andere Werkzeuge Arbeitskontext (Prozesse, Kommunikation, ...) Vorbedingungen, Einschränkungen, Probleme
Exploration zukünftiger Situationen	Erwartungen und Wünsche Wünsche zu neuen Werkzeugen und Anwendungen Weitere Ideen
Abschluss	Zusammenfassung durch den Interviewer Feedback zur Vollständigkeit durch den Interviewten Nutzen für den Interviewten Dank und Abschied

Tabelle 4.1: Phasen bei Interviews für IT-Projekte [Weß10, Tabelle 2]

Inhaltlich wurden die Phasen jedoch nochmal weiter unterteilt, um eine bessere Struktur zu schaffen. Für die Untersuchung der Auswirkungen sind zum einen die technischen und zum anderen die organisatorischen Gesichtspunkte wichtig. Die entsprechenden Fragen sind in separate Frageblöcke aufgeteilt. Die eigentlichen Fragen sind bewusst offen gehalten.

Durch zeitlich nacheinander ablaufende Interviews, Auswertungen und Nachfragen mit verschiedenen Interviewpartnern entwickelt sich das Forschungsfeld kontinuierlich weiter.

Entsprechend entwickelt sich das Grundlagenkapitel und der Leitfaden mit hinzukommen von Ansichten und Informationen ebenfalls weiter. In der praktischen Vorbereitung auf jedes einzelne Interview wird der Leitfaden zusätzlich mit weiteren Detailfragen ergänzt, welche sich zum Beispiel aus vorab bekannten Informationen ergeben und sinnvoll erscheinen, um umfassende Informationen zu erhalten. [BLM14]

Entsprechend zeigt die Tabelle 4.2 den finalen Leitfaden mit den Kernfragen, welche inhaltlich die Interview-Situationen widerspiegelt. Vor den Interviewterminen stellt sich die Frage, ob der aktuelle Leitfaden bzw. der Fragenkatalog an die Interviewpartner verschickt wird. Nach [BLM14] empfiehlt es sich als Faustregel Interviewleitfäden nur zu verschicken, falls es dafür gute Gründe gibt. Dies kann zum Beispiel der ausdrückliche Wunsch des Interviewpartners oder die Notwendigkeit zur Vorbereitung sein. Bei Interviews zu Informationszwecken ist es häufiger der Fall, dass eine Vorbereitung nötig ist, weil nicht immer alle Details und Informationen auf Abruf verfügbar sind. Bei Interviews mit einem höheren Deutungsanteil kann das Vorverschicken der Fragen dazu führen, dass die Interviewpartner nicht so spontan und natürlich antworten, weil Fragen vorüberlegt werden. Ebenfalls könnte es passieren, dass sich der Ablauf des Interviews nicht frei entwickelt, weil der Interviewpartner versucht ist, sich strikt an die Reihenfolge des Leitfadens zu halten. [BLM14] Da das Interview in dieser Arbeit sowohl aus informativen als auch aus Fragen mit Deutungscharakter besteht, wurden der Leitfaden nur auf Wunsch der Interviewpartner vorab verschickt. Der Leitfaden besteht dann auch nur aus den Hauptfragen ohne spezielle Unterfragen. Bei der praktischen Gestaltung der ablaufenden Interviews hatte dies keinerlei Einflüsse auf den Gesprächsablauf, weil sich die Interviewpartner voll und ganz auf das Gespräch konzentrierten und nicht auf die Punkte im Leitfaden.

4.2 Praktische Auswahl der Interviewpartner

Wird der Leitfaden in Tabelle 4.2 betrachtet, lassen sich daraus die primären Anforderungen an die Interviewpartner ableiten:

- Der Interviewpartner hat Einblicke in die organisatorischen Ebenen der Netz- und Virtualisierungsbereich.
- Der Interviewpartner hat Einblicke in die technischen Architekturen.
- Der Interviewpartner arbeitet in einem Umfeld mit einer bestimmten Größe, bei dem die Rollen im Netz- und Virtualisierungsbereich auf verschiedene Personen aufgeteilt ist.
- Der Interviewpartner arbeitet in einem Umfeld, in welchem herkömmliche Netz-Architekturen und Netzvirtualisierung eingesetzt oder geplant sind.

Gerade die letztere Anforderung ist nicht einfach zu finden, da die Netzvirtualisierung noch nicht so weit im Produktivumfeld verbreitet ist. Durch die häufige Aufteilung von Netz- und Virtualisierungsbereichen in verschiedene Abteilungen und die Ansiedlung von Detailwissen bei spezifischen Personen, muss in der Praxis teilweise neben dem Gespräch mit dem Hauptinterviewpartner zusätzlich zur Ergänzung auch auf das Wissen weiterer Kollegen zurückgegriffen werden.

In der Vorbereitung auf die Interviews hat es sich ebenfalls als Schwierigkeit erwiesen, dass zu Beginn der Recherche nach Experten, dass die genauen Ziele der Interviews zu Beginn der

4.2 Praktische Auswahl der Interviewpartner

Phase	Bestandteile
Einleitung	<p>Vorstellung, Erklärung des Kontextes, Begriffserklärung, Hinführung zum Thema</p> <p>Frageblock 1: Vorstellung des Experten und der Institution (Einordnung Kontext):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welche Rolle hat der Interviewpartner in der Institution und welcher Abteilung/Team ist dieser angehörig? • Welche Abteilungen/Teams gibt es im IT-Betrieb? • Welche Dienste werden von der Institution betrieben?
herkömmliche Abläufe und Techniken	<p>Frageblock 2: Aktuelle Infrastruktur und Erfahrungen mit Virtualisierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welche Infrastruktur wird zur Bereitstellung der Dienste betrieben? • Gibt es unterschiedliche Architekturen?* • Inwieweit sind die Anwendungen des Geschäftsbereiches direkt mit Infrastruktur verknüpft?* <p>Frageblock 3: Gestaltung von Prozessen, Rollen und Teams:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wer gestaltet in der Abteilung die Prozesse? * • Welche weiteren Schwierigkeiten bzgl. Abläufe, Verantwortlichkeiten, Rollen und Abteilungen gibt es häufig im Alltag - auch in Bezug auf andere Abteilungen? * • Lässt sich die Einführung der Netzvirtualisierung mit der Einführung der Hostvirtualisierung vergleichen?
neue Abläufe und Techniken mit Netzvirtualisierung	<p>Frageblock 4: Technische Neuerungen mit Netzvirtualisierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gibt es Virtualisierung im Bereich der Netztechnik in der Institution? * • Welche Beweggründe führen Ihrer Meinung nach zu Techniken wie Netzvirtualisierung? * • Welche technischen Entwicklungen sind mit der Netzvirtualisierung verknüpft? * • Ist Netzvirtualisierung ein fester Bestandteil von Cloud-Systemen? * • Welche fachliche Ausrichtung benötigen zukünftige Mitarbeiter im Bereich des Rechenzentrums? • Gibt es neue Anforderungen an die eingesetzten Werkzeuge? * <p>Frageblock 5: Organisatorische Entwicklungen durch die Netzvirtualisierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wie wird die Verwaltung von physischem und virtuellem Netz aufgeteilt? • Wie werden die Aufgaben zwischen oder in gemischten Teams aufgeteilt? • Lassen sich physische und virtuelle Ressourcen getrennt verwalten? * • Welche organisatorischen Entwicklungen sind mit der Netzvirtualisierung verknüpft?* • Welchen Einfluss hat eine vermehrte Automatisierung auf die Organisationsstrukturen? • Werden im Kontext von Software Defined Data Center und Cloud-Umgebungen in Bezug auf die Netzvirtualisierung neue Rollen benötigt? • Ist eine Entwicklung in Richtung DevOps oder Infrastructure-as-a-Code oder verwandten Richtungen zu beobachten? • Welche Punkte müssen bereits vor der Einführung von Netzvirtualisierung bzw. Cloud-Systemen auf organisatorischer Ebene bedacht werden?
Abschluss	<p>Abschlussfrage: Gibt es aus Ihrer Sicht noch etwas zu ergänzen?</p> <p>Verweis auf weitere Nachfragen im Nachgang</p> <p>Dank und Abschied</p>

Tabelle 4.2: Leitfaden für die Interviews. *Nach der Voranalyse ergänzte Fragen

Expertensuche noch nicht im Details ausgearbeitet waren und noch nicht klar war, welche Rollen die besten Ansprechpartner für Interviews innehaben. Wie bereits angesprochen sind leitfadengestützte Interviews ein sich stetig weiterentwickelnder Prozess. Entsprechend ging die Kontaktaufnahme teilweise über mehrere Stationen bis zum eigentlichen Interviewpartner oder es stellte sich im Vorgespräch heraus, dass ein Interviewpartner nicht geeignet ist.

Zusätzlich kommen bei der Suche nach Interviewpartnern erschwerend die Faktoren hinzu, dass die Interviewpartner:

- bereit sein müssen, ein Interview zu führen
- zeitlich verfügbar sind in dem Sinne, dass sie nicht durch Projekte ausgelastet oder wegen Urlaubszeiten nicht verfügbar sind
- die Möglichkeit haben über ihr spezifisches (Firmen-)Wissen offen zu reden
- bereit sein müssen auch über Probleme bei Umsetzungen und Prozessen zu reden

Die konkrete Anzahl der einzuholenden Interviews und Anwendungsfälle lässt sich nicht pauschal bestimmen. Es empfiehlt sich jedoch immer Informationen über einen Sachverhalt über mehrere Interviewpartner einzuholen, da sonst die persönliche Perspektive des Interviewpartners nur schwer einzuschätzen ist. Außerdem ist ansonsten keine vergleichende Fallanalyse möglich. Die Anzahl der Interviewpartner muss auch nicht mit dem Beginn des ersten Interviews feststehen, sondern kann mit fortschreiten der Interviews entsprechend nach Bedarf angepasst werden. [GL10] Bei Interviews zur Informationsgewinnung, wie im Falle dieser Arbeit, ist die theoretische Informationsbasis wohl unendlich. Entsprechend muss ein Mittelweg gefunden werden, zwischen der möglichen und der tatsächlich nötigen Anzahl an Interviewpartnern, um die erforderlichen Informationen zu sammeln und den zeitlichen Rahmen einzuhalten. Die konkreten Interviewpartner und Firmen werden im nächsten Kapitel vorgestellt. Aufgrund des begrenzten zeitlichen Rahmens einer Masterarbeit, der Recherche nach geeigneten Anwendungsfällen und dem Aufwand, welches jedes Interview mit Vorbereitung und Auswertung mit sich bringt, wurde die Anzahl der Anwendungsfälle auf drei beschränkt. Leider konnte auch kein Interviewpartner gefunden werden, welcher einen Anwendungsfall betreut, bei dem die Netzvirtualisierung nicht in Kontext einer Cloud-Umgebung läuft. Es wurde versucht, diesen Anwendungsfall und weitere Einflüsse der Netzvirtualisierung über die erweiterte Vorabrecherche und recherchierte Anwendungsfälle, wie in Kapitel 2.4.6 - *Praktische Umsetzungen agiler Strukturen* mit einzubeziehen. Zur deutlichen Trennung zwischen Interviews und recherchierten Anwendungsfällen sind die recherchierten Anwendungsfälle mit „a), b), ...“ und die Anwendungsfälle aus den Interviews mit „1., 2., ...“ bezeichnet.

4.3 Aufbereitung der Interviews

Für die Auswertung der Interviews wurden alle Gespräche in Einvernehmlichkeit mit den Interviewpartnern aufgezeichnet. Ansonsten wäre eine systematische Auswertung nicht möglich gewesen, da in sehr kurzer Zeit viele Informationen ausgetauscht wurden. Die Interviews wurden anschließend auf Basis der inhaltlichen Aussagen transkribiert. Abkürzungen von Abteilungen oder bestimmten technischen Anlageteilen, welche ansonsten nur im Kontext des Gesprächsflusses eindeutig zugeordnet werden können, werden einheitlich ausgeschrieben. Auf eine wörtliche Transkription wurde aus Aufwands-Gründen verzichtet, da dies in diesem

Kontext auch nicht zweckmäßig wäre. Zur Nachvollziehbarkeit wurden die Antworten mit entsprechenden Timecodes markiert und über den kompletten Prozess der Aufbereitung Auswertung mitgeführt. Da die Interviews sich alle frei entwickelten und der Leitfaden nicht komplett eingehalten wurde bzw. Antworten verschiedene Teilfragen abdeckten, wurden die Antworten entsprechend der Fragen im Leitfaden sortiert und eingeordnet, um inhaltliche Sprünge zu beseitigen. Dies ähnelt schon den Anfängen einer Auswertung, geschieht jedoch rein auf Basis der ursprünglichen Frageblöcke und kategorisiert noch nicht inhaltlich entsprechend des Categoriesystems. Im Prozess der Transkription und der Auswertung kamen im Nachgang noch Fragen an die Interviewpartner auf. Diese wurden per E-Mail an die Interviewpartner versandt und anschließend mit entsprechender Markierung mit in die Interviews eingebettet.

Das weitere Vorgehen erfolgte entsprechend der vorher beschriebenen Methodik zur Auswertung.

4.4 Praktische Auswertung

Die praktische Auswertung der Interviews erfolgte über eine Tabellenkalkulation. Die einzelnen Absätze der Interviews wurden Stück für Stück in die Tabelle mit Metainformationen eingetragen. Bei der Auswertung ließen sich so über die Sortier- und Filteroptionen die Antworten bezüglich der einzelnen Leitfragen filtern. Zu den Metadaten gehören die Fragenummer, der Interviewpartner, die zugehörige Institution, der Zeit-Code des Abschnittes und eine Reduktion des Inhaltes. Dazu kamen während der Auswertung die verschiedenen zugeordneten Unterkategorien, nach denen bei der Auswertung gefiltert wurde. Durch die Filterung ergaben sich die jeweiligen Extraktionstabellen.

Anbei zwei Beispiele, wie sich die Extraktionstabellen für verschiedene Fragestellungen mit Filterung nach bestimmten Kategorien zusammensetzen lässt:

1. *Beschreibung der technischen Infrastruktur der Netzvirtualisierung für einen Anwendungsfall:*
 - *Anwendungsfall/Interviewpartner:* Anwendungsfall x
 - *Beschreibung der Fälle:* Infrastruktur/Dienste & übergreifend
 - *Virtualisierungsgrad:* Netzvirtualisierung & Cloud
 - *Aussagetyp:* Beschreibung
2. *Auswirkungen auf die Organisationsstruktur:*
 - *Auswirkungsbereich:* Organisationsstruktur
 - *Themenbereich:* organisatorisch
 - *Virtualisierungsgrad:* Netzvirtualisierung & SDDC/Cloud

Innerhalb der Extraktionstabellen konnte je nach Fragestellung und Interpretationsschritt nochmal nach bestimmten Unterkategorien sortiert/gefiltert werden, um gezielt einzelne Aspekte zu untersuchen. Zum Beispiel innerhalb der Extraktionstabelle *Auswirkungen auf die Organisationsstruktur* nach den verschiedenen Phasen „Planung und Integration“, „Betrieb und Verwaltung“ sowie „Störungsbehebung“.

5 Auswertung und Vergleich der Anwendungsfälle

Im Folgenden werden die Firmen bzw. Personen vorgestellt, welche sich für ein Interview bereitgestellt haben und die oben genannten Anforderungen¹ erfüllen. Neben den Experten wird auch der Kontext und die Umgebung der Firma vorgestellt. Die folgenden Informationen stammen allesamt von den Interviewpartnern und werden zur besseren Lesbarkeit nicht in indirekter Rede sondern im Indikativ wiedergegeben. Wie in der Methodik beschrieben sind die Informationen entsprechend des Kategoriesystems extrahiert, zusammengefasst, gekürzt und sortiert, sodass die Teilaspekte der Forschungsfrage adressiert werden. Ein Teil der Beschreibungen sind pseudonymisiert, um den Datenschutzerfordernissen der Interviewpartner zu entsprechen. Daran anschließend werden die Ergebnisse der Einzelnen Interviews aufgezeigt. Die einzelnen Fallanalysen behandeln die Problemstellungen der einzelnen Firmen, deren Lösungsstrategien und weitere Einschätzungen auf Basis der Erfahrungen der Interviewpartner bezüglich der Forschungsfrage. Die Ansichten beschreiben die vor Ort umgesetzten Strategien oder spiegeln subjektive Einschätzungen wieder. Durch die unterschiedlichen Firmensituationen und die kontinuierliche Weiterentwicklung des Leitfadens, sind die inhaltlichen Beschreibungen in manchen Teilen der Anwendungsfälle ausführlicher als bei entsprechenden Abschnitten der anderen Anwendungsfälle.

5.1 Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)

5.1.1 Vorstellung der Institution und der Interviewpartner

Details zur Institution Das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) ist Provider im wissenschaftlichen Umfeld und der Betreiber des Münchner Wissenschaftsnetztes (MWN). Neben dem zentralen Rechenzentrum in Garching bei München für die Technische Universität München (TUM), die Ludwigs-Maximilian-Universität München (LMU) und die Akademie der Wissenschaft, werden zahlreiche weitere wissenschaftliche Institutionen durch das LRZ an das MWN angeschlossen und für diese weitere Dienste bereitgestellt. Teile der Infrastruktur werden auch dezentral bei den Institutionen vor Ort betrieben. Das LRZ ist Teil der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Die Kunden des LRZ sind primär im wissenschaftlichen Umfeld angesiedelt oder gehören zu hochschulangehörigen Institutionen. Die Interviewpartner beschreiben das Umfeld im wissenschaftlichen Bereich als sehr speziell, da die verschiedenen Kunden sehr individuelle Anforderungen haben. Dies wirkt sich insgesamt auch auf die Prozesse aus, da viele Abläufe sehr individuell sind und sich nicht in einheitlichen Prozessen abbilden lassen. Außerdem unterscheidet sich das technische Know-How und der Verwaltungsanspruch der Kunden. Viele verwalten die vom LRZ bezogene Infrastruktur komplett selbst, andere hingegen überlassen die Verwaltung den Mitarbeitern des LRZ. Neben den Tätigkeiten als Provider ist das LRZ an verschiedenen Forschungsprojekten beteiligt.

¹Vergleiche Kapitel 2.1.2 - *Experte als Begriff*

Details zur Infrastruktur und Organisationsstruktur Das LRZ betreibt im Rechenzentrum in Garching unter anderem folgende Anlagen:

- Hochleistungsrechner
- Linux-Cluster für Bare Metal Server, ca. 1500-2000 Systeme
- VMware Anlage für virtuelle Server (ca. 90% Linux, 10% Windows)
- Cloud-Anlage (OpenStack)
- physisches Netzinfrastruktur zur Verbindung der Systeme
- diverse Speichersysteme

Unabhängig von der Netzvirtualisierung oder dem Cloud-System werden im klassischen Netz bereits NFV in Form einer verteilten Firewall (basierend auf pfSense) angeboten.

Die Infrastruktur im Rechenzentrum wird zum einen dafür genutzt, Dienste für Kunden bereitzustellen und zum anderen wird Infrastruktur direkt von den Kunden gemietet und verwendet.

Das LRZ ist in vier Abteilungen aufgeteilt:

- Zentrale Dienste: Verwaltung
- Kommunikationsnetze: z.B. physische Netze
- Benutzernahe Dienste und Systeme: z.B. Web-Auftritt und Client-PCs
- Hochleistungssysteme und Server: Hochleistungsrechner, Server, Server-Cluster und Cloud-Anlagen

Details Interviewpartner: Beim Leibniz-Rechenzentrum wurde das Interview zusammen mit drei Interviewpartnern geführt, um alle nötigen Informationen zu sammeln. Das Interview wird mit einem Gruppenleiter und zwei Administratoren geführt. Der Haupt-Interviewpartner ist Leiter der Gruppe Servermanagement, welche die Linuxsysteme und das Cloud-System verwaltet. Die zwei weiteren Interviewpartner sind die Administratoren des Cloud-Systems und für deren Einführung, Erweiterung und den Betrieb verantwortlich. Diese unterstützen, um auf Detailfragen aus deren Bereich eingehen zu können.

5.1.2 Problemstellung und Ziele

Im Allgemeinen wird die Virtualisierung als Antriebsfeder gesehen, um die Infrastruktur bei steigender Größe und zunehmender Anzahl von Diensten mit nahezu konstanter Personalanzahl verwalten zu können. Durch das Cloud-System kann diese Strategie weiter fortgesetzt werden. Eine hohe Automatisierung und die Erstellung zum Beispiel eines Self-Service Portals hatte in früheren Anläufen jedoch nicht funktioniert, da die bestehenden Systeme nicht die benötigten Schnittstellen besitzen und die Abläufe vor allem im Netz-Bereich zu viele manuelle Schritte benötigten. Die Netzvirtualisierung ist dabei die Grundvoraussetzung, um die Cloud-Anwendung technisch realisieren zu können. Nach der Ansicht der Interviewpartner können dadurch erst Self-Service Portale realisiert werden, welche den Kunden ermöglichen ihre Netze selbst zusammenzustellen. Das Cloud-System kann hierbei helfen, weil Ressourcen

langfristig besser ausgenutzt, Kosten (z.B. für Lizenzen) gespart und die Verwaltung der Infrastruktur automatisierter und zentralisierter umgesetzt werden können. Verwaltungstechnisch kann es auch andere Abteilungen in der Institution entlasten, da nicht für einzelne Änderungen z.B. an Ports oder VLANs extra Aufgaben über Tickets an andere Teams und Abteilungen gestellt werden müssen. Natürlich lässt sich dies an den Edges der Cloud nicht gänzlich vermeiden, jedoch reduziert sich der Aufwand durch Bündelung auf eine Anlage anstatt auf einzelne Systeme.

Nach der Meinung der Interviewpartner sollte die IT-Infrastruktur theoretisch die Rolle des Administrators überflüssig machen, weil alles über Self-Service möglich wird. Die Mitarbeiter beraten dann nur noch ihre Kunden. Praktisch funktioniert das nicht, da IT-Systeme noch weit davon entfernt sind, ohne regelmäßige Eingriffe durch Administratoren, z.B. für Updates, laufen zu können.

5.1.3 Einführung Netzvirtualisierung

Die Netzvirtualisierung ist bisher nur in der Abteilung Hochleistungssysteme und Server in Form einer Cloud-Anlage ein Thema. In der Netzabteilung Kommunikationssysteme sind Systeme mit SDN noch nicht in Anwendung. Hier besteht eher Interesse an SDN mit physischer Hardware, welche in Zukunft bei bestehender Hardware auch getestet werden soll. Im Moment gehen die Bestrebungen eher in Richtung eines einheitlichen Netz-Management-Tools, welche die Netz-Hardware zentral verwalten kann.

Details zur Infrastruktur mit Netzvirtualisierung Zum Sammeln von Erfahrungen wurde bereits über mehrere Jahre eine Anlage mit Open Nebula auf ausgemusterter Hardware betrieben. Diese wurde aber vor Kurzem außer Betrieb gesetzt. Dafür betreibt das LRZ jetzt eine Cloud-Anlage mit dedizierter Hardware mit dem Open Source System OpenStack. OpenStack wurde aufgrund der hohen Verbreitung und der Verwendungsmöglichkeit ohne kostenpflichtige Lizenzen ausgewählt. Die Basis der Netzvirtualisierung ist OpenVSwitch, welcher die virtuellen Netze mit VXLAN realisiert. Die ursprüngliche Einrichtung geschah mit Kolla[Ope19], dessen Default-Konfigurationen für die Verwendung von VXLAN ausschlaggebend war. Die Hostvirtualisierung geschieht mit KVM.

Die physische Basis bildet separat angeschaffte Server- und Switch-Hardware. Die Netz-Hardware besitzt, im Gegensatz zur sonst verwendeten Netz-Hardware beim LRZ, einen einfacheren Funktionsumfang, da für die Netzvirtualisierung weniger Verwaltungsfunktionen in der physischen Schicht benötigt werden. Das physische Netz der Cloud-Plattform ist fast ausschließlich statisch konfiguriert.

Das Cloud-System befindet sich aktuell noch in der Einführungsphase und wird den Kunden primär für Testsysteme kostenlos angeboten. Bei dem Cloud-System wird nach aktueller Strategie der Best-Effort Ansatz verfolgt und ist aktuell auch (noch) nicht redundant ausgelegt. Die kritischen Infrastruktursysteme laufen nach wie vor auf dedizierten physischen Servern oder virtualisiert in der Anlage auf Basis von VMware vSphere. Die Interviewpartner sprechen in diesem Kontext auch von Pets (gepflegte virtuelle Maschinen auf der VMware-Anlage) und Cattles (schnell kommende und gehende Maschinen in der OpenStack Cloud).

Das Cloud-System wird stetig mit verfügbaren Funktionen erweitert, kann aber bisher noch lange nicht in bestimmten Bereichen wie Live Snapshots, High Availability den Leistungsumfang der Anlage für Hostvirtualisierung bringen. Die Dienste (z.B. IaaS) des Cloud-Systems können von den Kunden über ein Self-Service Portal bezogen werden.

Möglichkeiten mit der Netzvirtualisierung Die Netzvirtualisierung ist in diesem Anwendungsfall die Grundvoraussetzung für die Cloud-Anwendung OpenStack. Durch das Cloud-System und die Netzvirtualisierung wird es den Kunden des LRZ ermöglicht, ihr eigenes kleines Rechenzentrum mit Administrator-Rechten zu erstellen, wie zum Beispiel auch von Public-Cloud-Anbietern bekannt. Theoretisch können diese dort völlig frei entsprechende virtuelle Infrastruktur aufbauen ohne andere Nutzer zu stören. Beim LRZ könnte dies langfristig ermöglichen, dass die Kunden aus den wissenschaftlichen Einrichtungen keine eigene physische Server-Infrastruktur mehr selbst betreiben müssen und dafür auch nicht gezwungen sind auf einen externen Public-Cloud-Provider auszuweichen. Im Detail unterscheiden sich die Angebote von Cloud-Services und lassen sich nicht einfach direkt vergleichen, auch wenn der Name dies auf den ersten Blick suggeriert. In Fall des LRZ werden innerhalb der Cloud zum Beispiel von einzelnen Kunden wieder kleine High Performance Cluster gebaut. Weiterhin ermöglicht OpenStack, erweiterte Produkte durch Automatisierung bereitzustellen, wie zum Beispiel fertige Webserver. Aus Sicht der Interviewpartner ist die Netzvirtualisierung indirekt eigentlich ein Angebot der Netz-Abteilungen für besseren Service für die Virtualisierungsteams, da diese nicht für jede Aufgabe eine Anfrage bei den Netz-Mitarbeitern stellen müssen. Am Rande fügten die Interviewpartner noch hinzu, dass die Automatisierung auch eine Möglichkeit ist der Überlastung der IT-Mitarbeiter (zum Beispiel durch den Fachkräftemangel) entgegenzusteuern.

Auswirkungen auf die Organisationsstrukturen

Aufteilung der Verwaltung Die Cloud-Anlage mit der Verwaltung der physischen und virtuellen Ressourcen obliegt der Abteilung Hochleistungssysteme und Server. Das Cloud-Kern-Team besteht aus zwei Administratoren und einem zusätzlichen Mitarbeiter, welcher jedoch auch noch andere Rollen inne hat. Innerhalb der bestehenden Anlage für Hostvirtualisierung ist bereits ein Teil mit virtueller Netzadministration in Hand des Virtualisierungsteams. Bei der Einführung der Cloud-Anwendung war dadurch das Vertrauen schon vorhanden, dass die Mitarbeiter der Virtualisierung auch den Netz-Anteil innerhalb der neuen Cloud-Anlage mit übernehmen können. Jedoch hat sich praktisch gezeigt, dass die erweiterte Netzvirtualisierung wesentlich komplexer ist als zuerst angenommen. Insbesondere die komplizierte verteilte Basis mit OpenVSwitch und die spärliche Dokumentation von OpenStack erschwerten den Einstieg hierbei sehr stark.

Durch die separate Netz-Hardware der Cloud-Anlage, welche auch nicht in das Portfolio der Abteilung Kommunikationssysteme passt, stand von Anfang an fest, dass die physische Verwaltung ebenfalls beim Cloud-Team liegt. Die Anbindung an das restliche Rechenzentrum verwalten dann wieder die Administratoren der Abteilung Kommunikationssysteme. Ein großer zusätzlicher Vorteil der kompletten Verwaltung der physischen und virtuellen Netze durch die Cloud-Administratoren ist bisher aber noch nicht festzustellen. Aufgrund der Teamgröße gibt es bisher nur die neuen Rollen der Cloud-Administratoren, welche ein sehr breites technisches Gebiet abdecken müssen.

Umfangreiche Prozesse sind zumindest teamintern noch nicht nötig. Zertifizierungen wie ISO20000 spielten bei der Gestaltung der Prozesse, wie auch bei den klassischen Abläufen, nur eine untergeordnete Rolle. Die in der Norm geforderten Abläufe waren zum Großteil bereits etabliert. Im Bezug auf die Arbeitsbelastung ist die Einführung der neuen Anlage in gewisser Hinsicht ein Teufelskreislauf. Je besser diese wird, desto mehr Leute nutzen diese und je weniger Zeit bleibt diese weiter zu optimieren, um weniger Fehler und Standard-Arbeiten

zu haben. Entsprechend müsste das Cloud-Team mittlerweile weiter wachsen und bräuchte insbesondere Mitarbeiter, welche konkret Erfahrungen mit den verwendeten Technologien besitzen.

Auswirkung auf die Prozesse

Erweiterung von Aufgabenbereichen in den Virtualisierungsteams Der Anteil der Netzthemen wird durch die Netzvirtualisierung im Virtualisierungsteam deutlich größer, da mehr Aufgaben aus diesem Themenbereich selbst bearbeitet werden. Für die Interviewpartner ist diese Entwicklung, dass Themenfelder sich zunehmend vermischen, nicht unbedingt ungewöhnlich. Diese Entwicklung lässt sich schon länger in verschiedenen Bereichen beobachten, wie zum Beispiel auch in der Abteilung Kommunikationssysteme. Für das Management der physischen Netze werden immer mehr Dienste benötigt (z.B. Monitoring oder Security-Systeme), welche über verschiedene (virtuelle) Server bereitgestellt werden. Viele servernahe Aufgaben werden hier von den Netzteams selbst verwaltet. Die zusätzlichen fachlichen Themen sind für das Cloud-Team insgesamt aber eine große Herausforderung. Hierbei ist speziell im Fall von OpenStack ein großes Problem, dass bei OpenStack manche Module kaum dokumentiert sind. Entsprechend schwierig ist die Konfiguration und Fehlersuche. Sobald Features aber vollständig implementiert sind funktionieren diese sehr zuverlässig. Insbesondere ist auch die Nutzerfreundlichkeit für die Kunden über das angebotene Self-Service-Portal sehr einfach und gut zu handhaben. Auf Ebene der unterstützenden Tools für das Management der Netzvirtualisierung berichten die Cloud-Administratoren vor allem von der Herausforderung, geeignete Tools zu finden und auszuwählen. Bei der Arbeit zur Einrichtung der Netzvirtualisierung und beim alltäglichen Betrieb fehlen zum Beispiel bessere Tools zum dezentralen Debugging oder Monitoring. Durch die verteilten Komponenten der virtuellen Netzumgebung müssen Informationen wie Paket-Dumps oder Logfiles aus verschiedenen Quellen zusammengeführt und aufbereitet werden. Außerdem führt die Virtualisierung dazu, dass viele Informationen auf der Hardware gar nicht mehr direkt sichtbar sind. Zum Beispiel laufen nicht mehr alle Daten direkt die Netz-Interfaces der Geräte, sondern können auch über interne Schnittstellen der Switching-Module weitergereicht werden.

Verschiebung von Aufgaben zum Kunden In den Augen der Interviewpartner ist die menschliche Komponente mit einer der wichtigsten Faktoren bei der Änderung von Konzepten. Je weniger ein Mitarbeiter/Kunde fachlich auf einen Bereich spezialisiert ist, desto weniger kompliziert dürfen die Tools sein. Entsprechend muss gerade der Self-Service Bereich am einfachsten zu handhaben sein. Die Einführung von Cloud-Umgebungen benötigt jedoch auch die Einbeziehung der Kunden. Um Self-Service und gesteigerte Automatisierung zu ermöglichen, müssen die Kunden mehr in das angebotene Produktportfolio gezwungen werden. Gleichzeitig müssen Wege gefunden werden die Anforderungen der Kunden zu erfüllen und neue Produkte einzubringen, wenn diese in der Zukunft wichtig sind. Bei der Cloud-Umgebung ist der Kunde zukünftig selbst für den Inhalt verantwortlich. Für die Interviewpartner sind deshalb zwei Betriebsmodelle in der Zukunft denkbar:

- a) Der Kunde kennt sich aus und verwaltet die bezogenen Infrastruktur-Ressourcen selbst.
- b) Der Kunde kennt sich nicht aus und Mitarbeiter des LRZ übernehmen wie bei früheren Konzepten die Einrichtung und Verwaltung.

Neben dem Betriebsmodell, bringen die Möglichkeiten des Self-Service-Angebotes und der Infrastruktur-Verwaltung durch den Kunden neue Fragestellungen bezüglich Sicherheit mit sich, da die Kunden in diesem Bereich ggf. nicht so erfahren sind.

Einschätzung zu alternativen Strategien

Die Verwaltung der Cloud-Umgebung würde voraussichtlich leichter fallen, wenn die Teams mehr in Richtung Projektteams gehen würden, welche Mitarbeiter aus verschiedenen Bereichen bündelt. Diese fachlich übergreifenden Themen bei den verschiedenen aktuellen Aufgaben sind heute in vielen Bereichen präsent und würden von gemischten Teams profitieren. Am Ende sollten sich in der Praxis mehr kleine Zellen bilden, welche fast autonom arbeiten können.

5.1.4 Zusammenfassung der Fallanalyse 1

Das LRZ arbeitet als Provider im wissenschaftlichen Umfeld. Mit der Einführung des Cloud-Systems OpenStack auf Basis von Netzvirtualisierung wird eine Strategie verfolgt, um weiterhin eine wachsende Menge an Infrastruktur und Services bereitzustellen, ohne dass die Betriebskosten und der Mitarbeiterbedarf in gleichen Maße zunimmt. Die Netzvirtualisierung ist dabei einer der Grundvoraussetzungen, um Möglichkeiten wie Self-Service-Angebote zu schaffen. Organisatorisch liegt der Schwerpunkt bei der Umsetzung auf der Schaffung eines Cloud-Teams, welches sich um die komplette Verwaltung des Cloud-Systems kümmert. Die Mitarbeiter, ursprünglich aus dem Virtualisierungsbereich stammend, übernehmen dabei das gesamte Management der virtuellen und physischen Strukturen. Dies erfordert gerade im Bereich der Netz-Technik eine deutliche Erweiterung des Wissens. Zukünftig wird angestrebt, die Teams fachlich gemischer aufzustellen oder zumindest mehr Mitarbeiter mit einem breiten Infrastruktur-Schwerpunkt aus verschiedenen Themenbereichen zu finden. Die Prozesse verändern sich durch die Cloud-Einführung zum Einen durch die Verschiebung von Netz-Aufgaben in Richtung des Cloud-Teams. Zum Anderen können frühere Aufgaben der Infrastruktur-Teams jetzt direkt von den Kunden selbst übernommen werden. Dies muss bei der weiteren strategischen Ausrichtung mit berücksichtigt werden.

5.2 Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider

5.2.1 Vorstellung des Unternehmens und der Interviewpartner

Details zum Unternehmen Das Unternehmen aus Anwendungsfall 2 wird aufgrund von Datenschutzbestimmungen nicht namentlich genannt. Das Unternehmen ist der technische Betreiber und eine Tochterfirma eines deutschen Telekommunikations-Providers. Neben internen Beratungstätigkeiten plant, installiert und betreibt das Unternehmen die meisten technischen Anlagen des Mutterkonzerns. Dies reicht vom Mobilfunkturn über das Backbone, den Rechenzentren bis hin zu verschiedenen Services. Historisch entstand das Unternehmen aus den technischen Bereichen von drei getrennten Firmenteilen, welche heute noch die grundlegenden Säulen darstellen:

- klassisches Festnetz
- Mobilfunk
- Online-Dienste

Auch wenn die verschiedenen Säulen mittlerweile innerhalb einer Firma gebündelt sind, konnte bis heute noch keine komplette Vereinheitlichung der verschiedenen Architekturen erreicht werden.

Details Interviewpartner Der Interviewpartner ist Senior Experte für Enterprise Architect Data. Sein Bereich hat den Schwerpunkt Rechenzentrum, in dem er unter anderem für den Bereich Virtualisierung und Automatisierung zuständig ist. Auch Container-Technologien (z.B. Docker) spielen hierbei eine Rolle. Neben der technischen Einführung von neuer Infrastruktur, wie einer Anlage mit Netzvirtualisierung, hat er ebenfalls viel mit den verknüpften Organisationsstrukturen und Prozessen zu tun.

Details zur Infrastruktur und Organisationsstruktur klassischer Bereiche Das Unternehmen betreibt in verschiedenen Rechenzentren eine Vielzahl von Servern, Netzen und Services. Dabei werden große Virtualisierungslösungen zum Beispiel auf Basis von VMware vSphere eingesetzt. Die bisherigen Netz-Strukturen basieren primär auf physischen Netzkomponenten in Kombination mit logischen Netzen wie z.B. VLANs und Weiterentwicklungen. Die Betreuung der Infrastruktur ist auf verschiedene Abteilungen und Teams aufgeteilt. Die Abteilungen sind fachlich organisiert und hierarchisch vernetzt.

5.2.2 Problemstellung und Ziele

historische Organisationsstruktur und Architektur

Das Unternehmen hat durch seinen Zusammenschluss aus drei einzelnen Firmen bis heute mit historischen Strukturen zu kämpfen. Dies betrifft auf der organisatorischen Seite die fachliche Überschneidung von verschiedenen Abteilungen. Dadurch mangelt es an Transparenz bei Angeboten und Möglichkeiten innerhalb des Unternehmens bzw. an einer offenen Kommunikation zum Austausch bei ähnlichen Problemstellungen in verschiedenen Bereichen („Silo-Bildung“). Durch die Fusion und die thematischen Überschneidungen scheinen auch Ängste von Teamleitern und Mitarbeitern vorhanden zu sein, dass Aufgaben und Teammitglieder wegfallen könnten. Darüber hinaus fehlt oft das Service-Denken bei den Abteilungen

und Mitarbeiter. Produkte und Lösungen werden deshalb oft nicht aktiv den anderen Teams angeboten und viel Potential bleibt dadurch auf der Strecke. Das Unternehmen arbeitet als Cost-Center für die anderen Bereiche und den Mutterkonzern, deshalb ist es schwierig hier trotzdem ähnliche Motivation und einen Service-Gedanken wie auf dem freien Markt zu etablieren.

Die Angst von Mitarbeitern durch Automatisierung ersetzt zu werden ist nach wie vor ein Thema. Der Interviewpartner ist aber fest der Meinung, dass Automatisierung in seinem Berufsfeld eher eine Erleichterung ist, da die händischen Routineaufgaben reduziert werden können und die Mitarbeiter mehr Zeit für komplexere Aufgaben bekommen. Die Arbeitslast ist normalerweise immer höher als die Mitarbeiter bewältigen können. Trotzdem spielt diese Angst natürlich eine Rolle bei Veränderungen.

Auf technischer Ebene gibt es viele Fallstricke durch unterschiedliche Systeme, wenig einheitliche Schnittstellen und Überschneidungen zum Beispiel bei Adressierungen oder der Vergabe von Hostnamen und anderen Bezeichnungen. Diese technischen Umstände schlagen sich auch auf die Prozesse wieder. Die Prozesse sind über das Unternehmen hinweg sehr unterschiedlich je nachdem wie auch der historische Hintergrund des Prozesses ist. Durch verschiedene Schnittstellen und Inkompatibilitäten zwischen verschiedenen Systemen können Prozesse dabei sehr komplex werden.

Der Ende-zu-Ende Bereitstellungsprozess von virtuellen Maschinen und Services zeigt die Probleme der komplexen Prozesse sehr deutlich: Die Bereitstellung der virtuellen Maschinen funktioniert bisher über Hostvirtualisierung technisch auch schon innerhalb kürzester Zeit. Jedoch benötigen die Freigaben, Freischaltung der Verbindungen und weitere Einrichtungsschritte (z.B. IP-, DNS oder VLAN-Vergabe) insgesamt bis zu sechs Wochen. Dies liegt daran, dass der Prozess sich über vier oder mehr Abteilungen mit vielen händischen Schritten erstreckt. Erschwerend kommt hinzu, dass Ende-zu-Ende-Tests erst abschließend durch den Kunden durchgeführt werden können. Durch die verschiedenen Rechte und Systeme können die Mitarbeiter des IT-Betriebs Tests zur Überprüfung der funktionierenden Gesamtkonfiguration nur eingeschränkt selbst durchführen.

Neben den direkten Netz- und Freischaltungsthemen gibt es noch weitere Schwierigkeiten, welche am Rande mit eine Rolle spielen, zum Beispiel bei der Auslastung von Servern. Viele Anwendungen lassen sich schlecht skalieren und laufen deshalb auf groß dimensionierten Servern, um für gelegentliche Lastspitzen gerüstet zu sein.

Bestrebungen zu agilen Strukturen

Insgesamt gibt es im Unternehmen und im Mutterkonzern die Bestrebungen mehr Agile Strukturen zu schaffen, um den Anforderungen der Kunden gerecht zu werden. Das Unternehmen gehört zu einem der ersten großen Unternehmen, welche diese Versuche offen kommuniziert

Ziele

Aktuell werden verschiedene verknüpfte Ziele verfolgt. Dazu gehören die Vereinheitlichung von Architektur und Teams, Schaffung von mehr Synergien, ein höherer Grad an Automatisierung sowie die Beschleunigung von Prozessen. Dafür wird auch an einem Tool gearbeitet, welches mehr Automatisierung und Testmöglichkeiten in den bestehenden Anlagen ermöglichen soll. Dies ist aber wegen der unterschiedlichen Schnittstellen ein schwieriges Projekt. Parallel dazu wird eine neue Anlage, eine Cloudplattform mit Netzvirtualisierung eingeführt, welche die

Ziele adressieren soll.

5.2.3 Einführung der Netzvirtualisierung

Beim Anwendungsfall 2 ist die Einführung der Netzvirtualisierung fest mit der Einführung eines Cloud-Systems verbunden und kann nur im Gesamtkontext betrachtet werden. Die Betrachtungen zur Organisationsstruktur und zu den Prozessen lassen sich in diesem Fall nicht einfach trennen, da das eine auch immer Auswirkungen auf das andere hat.

Details zur Infrastruktur mit Netzvirtualisierung Das Unternehmen ist in der Einführungsphase einer privaten Cloud-Umgebung mit Netzvirtualisierung auf Basis von Overlay-Technologien. Eingesetzt wird dabei die Cloud-Plattform *VMware vCloud NFV* mit NSX. Die Architektur basiert auf dem VMware Reference Design. Die Netzvirtualisierung ist hierbei einer der *Enabling-Technologien* für die Realisierung eines Cloud-Systems. Die Cloud-Umgebung setzt auf Bestandteile des Angebotes von VMware, wie zum Beispiel vSphere oder vRealize-Tools.²

Die physische Basis der Anlage basiert auf der Software Defined Network Plattform *Application Centric Infrastructure* von Cisco.³ Es handelt sich bei der Anlage also um zwei kombinierte SDN-Ansätze. Dies hat laut dem Interviewpartner aber weniger technische Gründe. Hierbei ging es dem Unternehmen vor allem darum, gleichzeitig Erfahrungen mit verschiedenen SDN-Ansätzen zu erlangen.

Zum Zeitpunkt des Interviews befand sich die Umsetzung der Netzvirtualisierung in der Einführungsphase. In dieser Phase wurde die Anlage vor allem für *Friendly-User* als Nutzer der Cloud-Dienste freigeschaltet. Die Einführung soll Stück für Stück ausgeweitet werden. Viele Prozesse im Bereich der Cloud-Umgebung werden im Moment erst gebildet. Das Unternehmen hat sich jedoch schon ausführlich mit den Problemstellungen und Strategien zur Verwaltung der Netzvirtualisierung bzw. der Cloud-Umgebung beschäftigt. Die Kunden können die Dienste der Cloud-Umgebung zum Beispiel über ein Self-Service Portal beziehen.

Möglichkeiten und Einschränkung der Netzvirtualisierung Durch die Vereinheitlichung der Infrastruktur und den hohen Automatisierungsgrad beschleunigt die Cloud-Umgebung auf Basis der Netzvirtualisierung den Bereitstellungsprozess bei allen Standard-Use-Cases. Für die Bereitstellung von Ressourcen mit Verbindungen zu anderen Diensten außerhalb der Cloud-Anlage muss wieder ein manueller Prozess für Freigaben angestoßen werden, wie in der herkömmlichen Infrastruktur. Diese Freigaben lassen sich durch vordefinierte Adress- und Freigabe-Bereiche und z.B. Proxy-Server auf ein Minimum reduzieren. Trotz der neuen Möglichkeit mit der Netzvirtualisierung auf Basis von Overlay-Technologien kann diese jedoch nicht alten Probleme der TCP-/IP-Protokollfamilie, wie die IPv4-Adressen-Knappheit, einfach lösen. Entsprechend müssen hierfür nach wie vor Workarounds gefunden werden bis andere Lösungen, wie am Beispiel der IP-Adressierung die durchgehende Einführung von IPv6-Adressen, umgesetzt werden.

²Genauere Details zu den Komponenten siehe Kapitel 2.2.6 - *Einführung VMware Ökosystem*

³Vergleiche auch Kapitel 2.2.6 - *Hersteller von Netzvirtualisierungssystemen*

Auswirkungen auf die Organisationsstrukturen

Verwaltung der Netzvirtualisierung Die Verwaltung der Cloud-Anlage zusammen mit der Netzvirtualisierung übernimmt ein neu geschaffenes Cloud-Team. Die Verwaltung erstreckt sich über das physische bis hin zum virtuellen Netz. Das Team ist ein crossfunktionales Team aus verschiedenen Bereichen wie Netz und Virtualisierung zusammengestellt. Bei Störungen übernimmt ein Spezialist im Team aus dem entsprechenden Bereich. Standard-Use-Cases werden dem Team durch Dokumentation (durch die Spezialisten) allgemein zugänglich gemacht. Die Verwaltung des physischen und virtuellen Teil der Anlage mit Netzvirtualisierung in einem Team, bringt den Vorteil, dass sich durch die verschiedenen Spezialisten in einem Team Fehler leichter finden lassen. Außerdem werden abteilungspolitische Hürden entfernt, zum Beispiel bei den Monitor-Möglichkeiten. Monitorsysteme können ohne Einschränkungen übergreifend betrieben werden. Dadurch muss die andere Abteilung für einfache Aufgaben nicht mehr kontaktiert werden, z.B. bloß um den Status eines Ports (virtuell oder physisch) zu überprüfen. Die kombinierte Verwaltung der drei Säulen Speicher-, Host- und Netzsysteme in einem Cloud-Team orientiert sich auch an der Ausrichtung der Virtualisierungs-Tools. Hier werden die drei Säulen in einer Anlage verschmolzen, sodass sich rechtmäßig bestimmte Aufgabenbereiche nicht mehr trennen lassen, ohne dass man wieder starke Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Teams schafft. Eine Möglichkeit die kombinierte Verwaltung umzusetzen ist entsprechend die Abbildung der benötigten Fähigkeiten durch gemischte Teams, sodass die Basics von allen Team-Mitgliedern erledigt werden können, auch wenn es immer noch Experten für verschiedene Bereiche gibt. Dies hat jedoch Folgen für die Sicherheit, da die einzelnen Mitarbeiter des Cloud-Teams durch die Mächtigkeit der Plattform mehr Zugriffsmöglichkeiten und Log-Einsicht besitzen, als davor. Hier müssen dann auf andere Art, z.B. durch definierte Rollen in den Tools, Einschränkungen bewusst konfiguriert werden. Bei guter Zusammenarbeit beim Aufbau einer Anlage mit Netzvirtualisierung sollte nach Meinung des Interviewpartners ein getrenntes Betreiben von physischem und virtuellem Netz möglich sein. Im Fehlerfall erschwert eine Trennung die Fehlersuche jedoch wie auch bei früheren Konzepten.

Team- und Strukturgestaltung Das Unternehmen hat sich in Teilen die Matrixstruktur mit Squads/Chapters aus der Spotify Engineering Culture⁴ adaptiert und verfolgt Ansätze in Richtung agile Strukturen und DevOps. Ob die Adaption der neuen Organisationsform erfolgreich ist, wird sich voraussichtlich erst in ein bis zwei Jahren zeigen. Praktisch bleibt es weiterhin schwierig komplette Themenbereich innerhalb eines IT-Teams abzubilden. Gründe dafür sind zum Beispiel teamexterne Faktoren, wie Mindest- und Maximalgrößen von Teams. Deshalb wird es auch weiterhin Überschneidungen geben. Die neue Technologie und Umstrukturierung war mit ein Auslöser für verschiedene Synergien.

Hürden der Umstrukturierung Die Hürden der Einführung werden primär auf Ebene der Mitarbeiter gesehen. Die agilen Strukturen funktionieren nicht, wenn nur in starren Prozessen gedacht wird. Außerdem begrenzen Schnittstellen zu anderen Abteilungen die Möglichkeiten, wenn diese klassisch strukturiert sind. Hierbei gibt es schneller Probleme bei der Abstimmung als bei herkömmlichen Strukturen. Deshalb werden Matrix-Organisationen bisher meist nur in Projektteams eingesetzt. Ein Einsatz im IT-Betrieb ist aber nach aktuellen

⁴Vergleiche Kapitel 2.4.6 - Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify

Ansichten machbar, auch wenn schnell wieder *wasserfallartige* Strukturen entstehen. Weiterhin bleiben auch bestimmte Einschränkungen bei der Einführung von mehr Agilität durch die Notwendigkeit von Planbarkeit z.B. bezüglich fester Termine.

Bei der inhaltlichen Umsetzung wurde zusätzlich auf externe Beratung gesetzt, um:

- fehlendes Know-How zu bekommen
- bisherige Anwendungsfälle auf die neue Umgebung abzubilden
- Vorurteile zu beseitigen
- die Integration reibungslos und effizient umzusetzen

Auswirkung auf die Prozesse

Anpassung der Prozesse Der Interviewpartner beschreibt aus seiner Erfahrung allgemein, wie sich die Prozesse ändern müssen und wie es bei ihrem Anwendungsfall angestrebt wird. Die Prozesse müssen sich von den bisherigen Silos (Compute, Storage, Netz) trennen sowie flexibler und schneller werden. Dies geschieht vor allem durch Automatisierung. Betroffen sind davon vor allem die Bereitstellung von Leistungen (z.B. virtuelle Maschinen, Netze, Loadbalancer, DNS-Einträge etc.) und angrenzende Bereiche wie die Inventarisierung. Zum Beispiel muss die Inventarisierung angepasst und automatisiert werden, um auf die geänderten Lebenszeiten (z.B. bei sehr kurzlebigen Containern) der Ressourcen zu reagieren. Insgesamt müssen die Prozesse und Systeme auf ein gleiches Level angehoben werden. Wenn jetzt der Kunde über ein Self-Service Portal seine virtuelle Maschine mit ein paar Klicks erstellt, darf es nicht mehr mehrere Tage dauern, bis dann der eigentliche Zugriff möglich ist. Es gestaltet sich jedoch schwierig die Prozesse im Netz-Bereich zu ändern, da diese seit langer Zeit immer sehr ähnlich abgelaufen sind und auch die Konfigurationsart über frühere Tools sehr spezifisch ist. Die anderen Bereiche haben sich hier schon wesentlich stärker weiterentwickelt. Die Entwicklung bewegt sich auch von Prozess-Verantwortlichen in dedizierten Bereichen hin zu übergreifenden Prozess-Verantwortlichen.

Erweiterung von Aufgabenbereichen in den Virtualisierungs-Teams Bei der Einführung der Netzvirtualisierung wurden von den Virtualisierungs-/Server-Teams im Betrieb mehr Aufgaben aus dem Netzbereich übernommen. Dadurch hat sich deren Wissensschwerpunkt deutlich verschoben. Die Netzvirtualisierungs-Lösungen setzen nach wie vor voraus, dass man weiß was man tut. Der hauptsächliche Unterschied zu bisher liegt vor allem in der Geschwindigkeit, da viele Geräte einfacher gemanaged werden können und die für den Netz-Bereiche eher ungewohnte grafische Bedienung im Betrieb. Entsprechend muss das gesamte Know-How eines Teams breiter aufgestellt sein. Bei einer guten Mischung ist das gesamte benötigte Wissen im Team vorhanden, da jeder Mitarbeiter durch seine vorherigen Tätigkeiten einen Schwerpunkt besitzt. Jedoch müssen bei jedem Team-Mitglied für den Betrieb noch weitere Grundlagen aus anderen Bereichen dazugelernt werden, damit das Konzept aufgeht.

Verschiebung von Aufgaben zum Kunden Die verstärkte *as-a-Service* Ausrichtung der Infrastruktur mit praktischen Umsetzungen, wie Self-Service Portale für die (internen) Kunden zum Bezug der IT-Leistungen, führt zu einer Verschiebung von Aufgaben zu den Kunden. Hat ein Kunde früher seine benötigten Leistungen z.B. Virtuelle Maschine (Anzahl, Core,

RAM, Disk etc.), Betriebssystem oder Netz-Anbindung (Loadbalancer, besondere DNS Wünsche, Firewall etc.) per Ticket-System beantragt, waren in diesen Vorgang immer fachliche Mitarbeiter involviert, welche die Anforderungen überprüft und entsprechend eingerichtet haben. Mit den Self-Service Portalen kann der Kunde dies nun entsprechend des Service-Katalogs selbst zusammenstellen. Dies hat den Vorteil, dass nicht die fachlichen Mitarbeiter bei jeder Anfrage involviert sind. Jedoch muss der Kunde selbst entsprechendes Know-How besitzen, um die Zusammenstellung zu erledigen. Alternativ kann der Kunde wieder an die Teams herantreten und sich von diesen beraten lassen. Von Seiten der IT-Betrieb-Teams bleibt bei der Übernahme der Konfiguration für den Kunden die allgemeine Fragestellung, wie viel für die Kunden speziell gemacht werden kann, wenn der IT-Betrieb als reines Cost-Center arbeitet. Wenn ein unerfahrener Kunde die Beratung jedoch nicht von sich aus annimmt, gibt es hier Potenzial für Störungen und Sicherheitlücken, da der Kunde ggf. nicht mit den Konzepten des professionellen IT-Betriebs vertraut ist und trotzdem die Möglichkeiten zum Bezug der Ressourcen hat. Für das Unternehmen besteht die Gefahr, dass Dienste dadurch schlechter laufen, wenn die Anlagen nicht richtig vom Kunden gepflegt werden. Ist erst einmal ein Chaos entstanden, können auch die Fachleute kurzfristig keine Lösung bringen. Dies muss bei der Planung strategisch berücksichtigt werden. z.B. indem die Self-Service Anlage doch soweit wie nötig sicher gestaltet wird und Hilfsmittel, wie zum Beispiel Schulungen für die Mitarbeiter bereitgestellt werden.

Vergleich mit der Einführung der Hostvirtualisierung Die Einführung der Hostvirtualisierung lässt sich entsprechend des Interviewpartners nur bedingt mit der Einführung der Netzvirtualisierung vergleichen. Das Know-How unterscheidet sich hierbei zu stark zwischen der Netzinfrastruktur und der Serverinfrastruktur. Gerade im Netz-Bereich gibt es zu viele spezielle Techniken (z.B. Routing-Protokolle) und die Art der Konfiguration ist sehr spezifisch. Jedoch wurde auch bei der Einführung der Hostvirtualisierung versucht, dass die physische und virtuelle Serverhardware durch die gleichen Leute oder zumindest Kollegen aus einer Abteilung betreut werden. Ein Übergang von Aufgaben vom Netzteam zum Virtualisierungsteam ist damit aber nicht einfach vergleichbar.

5.2.4 Zusammenfassung der Fallanalyse 2

Das Unternehmen aus Anwendungsfall 2 versucht mit einem Cloud-System und der damit enthaltenen Netzvirtualisierung homogenere Strukturen zu schaffen. Ziel ist die Beschleunigung von Prozessen und die flexibleren Gestaltungsmöglichkeiten. Organisatorisch ist dabei ein Schlüsselement die Adaption von agilen Strukturen wie aus dem Spotify-Modell bekannt. Dies hat unter anderem zur Folge, dass ein cross-funktionales Cloud-Team gegründet wurde. Das Know-How der Team-Mitglieder muss dafür breiter werden, um den IT-Betrieb der Cloud zu ermöglichen. Die Prozesse und deren Verantwortlichkeiten verschieben sich mehr in Richtung ganzheitlicher Ansätze. Viele Prozesse, wie die Bereitstellung oder die Änderung von Ressourcen, welche früher manuell von fachlichen Mitarbeitern über Ticket-Anfragen erledigt wurden, können jetzt durch Automatisierung von den Kunden selbst per Self-Service-Angebot ermöglicht werden. Dadurch verschieben sich die Aufgabenbereiche auch bei den Kunden und müssten entsprechend strategisch berücksichtigt werden.

5.3 Anwendungsfall 3: V-TServices

5.3.1 Vorstellung zum Unternehmen und der Interviewpartner

Details zum Unternehmen Die Value Transformation Services SpA (V-TServices) ist technischer Dienstleister im Bankensektor und ein Joint-Venture aus UniCredit Services und IBM. Die Unicredit ist eine Großbank zu der zum Beispiel die Hypovereinsbank und die Bank Austria gehören. Die V-TServices betreibt IT-Infrastruktur und bietet Dienstleistungen für interne Kunden an. Unter anderem gehören dazu der Betrieb von Rechenzentren mit Netzen, Speicherlösungen und Servern für Finanzinstitute der Bank. Innerhalb dieser Infrastruktur werden wichtige Bankanwendungen, wie zum Beispiel Internet- und Mobilebanking und andere Risk-Systeme gehostet. Viele der Anwendungen müssen hohe Verfügbarkeit aufweisen und sind höchst sicherheitskritisch.

Details Interviewpartner: Der Interviewpartner arbeitet in der Abteilung WINTEL Services im Hypervisor-Team als Technical Solution Architect für die VMware Umgebung. Er beschreibt seinen Aufgabenbereich als 40% Architektur bzw. Organisation und 60% praktisch technische Themen. Seine Rolle steht zwischen Management, Organisation und Technik und behandelt entsprechend einen Mix aller Probleme.

Details zur Infrastruktur und Organisationsstruktur Die Infrastruktur der V-TServices besteht aus vier großen strategischen Rechenzentren und mehreren kleinen Rechenzentren und Serverräumen, in denen mehrere tausend Server und Netzgeräte betrieben werden. Diese sind auf die Länder Italien, Deutschland, Österreich, Slowakei, Ungarn und China verteilt. Hierbei gibt es je nach Plattform, z.B. Mainframe-Systeme, Virtualisierung-Lösungen, Speicher-Systeme, Netz-Infrastruktur, Middleware Anwendungen und weiteres. Aufgrund der Größe und Historie besteht die Umgebung zum Teil auch aus mehreren verschiedenen Architekturen. Die Virtualisierung basiert primär auf VMware mit etwa 1.000 ESXi-Hosts und über 20.000 VMs. davon werden circa 2.500 VMs in einer strategischen, hochautomatisierten private Cloud-Umgebung betrieben.

Die Aufteilung der Teams im Bereich Server und Cloud am Standort des Interviewpartners gliedert, sich wie folgt:

- Abteilung WINTEL-SERVICES:
 - Hypervisor Team (ca. 15-20 Mitarbeiter)
 - Linux-Team (ca. 40 Mitarbeiter)
 - Windows-Team (ca. 10 Mitarbeiter)
 - Hardware-Team (ca. 5 Mitarbeiter)
- Abteilung Netzwerk:
 - Datacenter-Netzwerk (ca. 15-20 Mitarbeiter)
 - Domnestic Netzwerk (ca. 10-15 Mitarbeiter)
 - WAN-Team (ca. 5 Mitarbeiter)
- Abteilung Automation:

- Cloud-Team (ca. 5 Mitarbeiter)
- HP Server Automation-Team (ca. 2-3 Mitarbeiter)
- Innovation-Team (ca. 5 Mitarbeiter)
- Configuration-Management-Team (ca. 5 Mitarbeiter)

5.3.2 Problemstellung und Ziele

Durch Einführung eines Cloud-Systems mit Netzvirtualisierung verspricht sich die V-TServices neben den technischen Vorteilen, wie z.B. erhöhte Sicherheit durch verteilte Firewalls und mehr Flexibilität, vor allem Server und Services schneller bereit zu stellen. Außerhalb der Cloud-Umgebung können virtuelle Maschinen bereits automatisiert installiert werden. Jedoch müssen viele weitere Schritte händisch von verschiedenen Teams bzw. Abteilungen erledigt werden. Dazu gehört zum Beispiel die Reservierung von IP-Adressen, anlegen von Netzen sowie das Konfigurieren von Switch-Ports, bevor die virtuellen Maschinen bereitgestellt werden können. Diese Vorgänge sind aufwendig und zeitintensiv und benötigen diverse Anfragen über das Ticketsystem. An diesem Prozess sind zum Beispiel die Teams Linux/Windows, Virtualisierung, Storage, Middleware und Netz beteiligt. Der Vorgang kann je nach Priorität drei bis vier Wochen benötigen.

5.3.3 Einführung Netzvirtualisierung

Details zur Infrastruktur mit Netzvirtualisierung Die Cloud-Umgebung besteht aus verschiedenen Komponenten. Das Backend stammt dabei fast ausschließlich aus dem Hause VMware. Hier werden zum Beispiel vSphere, NSX, vRealize Automation, vRealize Orchestration eingesetzt. Das Frontend ist die Anwendung IBM Brokerage, welche das Self-Service Portal für die Kunden bereitstellt und direkt von IBM betreut wird. Innerhalb der Cloud-Umgebung wird viel mit vorkonfigurierten statischen Netzen gearbeitet. Die praktische Separierung der Netze erfolgt über eine verteilte Firewall. Seit 2 Jahren wird versucht, vermehrt Server in die Cloud umzuziehen, aber dies ist teilweise ein sehr aufwendiger Prozess, zum Beispiel, wenn die Server durch diesen Vorgang in ein anderes Land umziehen müssen. Einige Anwendungen, beispielsweise mit Real-Time Traffic für Call-Center Anrufe, wenn Bank-Karten gesperrt werden müssen, können nicht in der Cloud betrieben werden. Für diese Anwendungen gibt es Regeln, dass diese nicht automatisch zwischen verschiedenen Hosts verschoben werden dürfen. Außerdem gibt es auch für bestimmte Anwendungen die Regel, dass kein CPU-Overprovisioning verwendet werden darf. Diese Szenarien gehören jedoch zu einer der technischen Strategien eines Cloud-Systems. Entsprechend wird es wohl immer Services geben, welche nicht in der Cloud laufen werden ohne technische Grundsätze entsprechend rechtlicher Anforderungen angepasst werden oder umgekehrt. Neben der Server Infrastruktur gibt es auch erste Versuche mit Container-Anwendungen in Kombination mit der Netzvirtualisierung NSX. Diese befinden sich jedoch noch am Anfang und sind noch nicht produktiv im Einsatz.

Möglichkeiten und Einschränkung der Netzvirtualisierung Die Netzvirtualisierung kann in diesem Fall zum Großteil nicht alleine betrachtet werden. Erst Kombination mit der Cloud-Umgebung konnten die Schnittstellen entstehen, um Abläufe zu beschleunigen. Die Netzvirtualisierung ist dafür aber einer wichtigen Neuerungen. Jedoch wird unabhängig von der Cloud, zum Beispiel durch die Netzvirtualisierung und die Möglichkeit zur Erstellung von

einheitlichen Netzen über verschiedene Standorte hinweg, das Disaster Recovery erleichtert. Die Cloud-Umgebung mit der Netzvirtualisierung ermöglicht einfachere technische Prozesse mit weniger Zwischenstationen zu realisieren. Ein typisches Beispiel ist zum Beispiel das Updaten der Configuration Management Database (CMDB), welches für über verschiedene Importe und Exporte aus verschiedenen Anwendungen heraus passieren musste. Jetzt können Änderungen automatisch und direkt in die CMDB übernommen werden. Der Prozess der Bereitstellung von Infrastruktur hat sich sehr verkürzt. Innerhalb der Cloud-Umgebung darf entsprechend der SLAs die Bereitstellung z.B. von virtuellen Maschinen nicht länger als 24 Stunden benötigen. Die Realisierung der Sicherheit wird jetzt über neue Konzepte der verteilten Firewalls und den Security Groups realisiert. Für Anwendung gibt es zum Beispiel die typischen Security Groups Frontend, Backend und Datenbank. Beim Deployment-Prozess werden die Server automatisch den entsprechenden Gruppen zugewiesen. Früher wurde dies mit traditionellen zentralen Firewalls geregelt.

Auswirkungen auf die Organisationsstrukturen

Einrichtung der Netzvirtualisierung Bei der initialen Installation der Netzvirtualisierung und des Cloud-Systems haben die Teams aus den Bereichen Netz und Virtualisierung intensiv zusammengearbeitet um Wissen auszutauschen.

Aufteilung der Verwaltung Die Aufteilung der Verwaltung der physischen und virtuellen Netze der Cloud-Anlage folgt zwei Strategien:

1. Das Netz-Team verwaltet die physischen Geräte und berät die Virtualisierungsteams bei der Gestaltung des Designs der virtuellen Netze (innerhalb der Netzvirtualisierung)
2. das Virtualisierungsteam übernimmt den operativen Betrieb der Netzvirtualisierung und die anderen Virtualisierungsbereiche wie die Host-Virtualisierung oder die Storage-Virtualisierung.

Zum Betrieb der Netzvirtualisierung wird im Detail ein tieferes Netz-Know-How (auch in der Netz-Administration über Management-Konsolen) benötigt. Dies ist besonders für die ausgeweiteten Aufgaben des Virtualisierungsteams von Bedeutung. Durch das Zusammenwachsen der vorher getrennten Bereiche gestaltet sich die Aufteilung der Verantwortungen schwieriger. Die Aufteilung der Verantwortung wird deshalb über RACI-Matrizen⁵) detailliert geregelt. Helfen kann hier auch die Abbildung der Verantwortung in entsprechenden Rollen im Verwaltungstool der Netzvirtualisierung. Hierbei wird auch eine Funktionstrennung (*Separation of Duty*) angewandt, entsprechend ist ein Administrator nur der Verantwortliche für eine Plattform, weil ansonsten über verschiedene Tools ein zu großer Zugriff möglich wäre. Die Zugriffsmöglichkeiten sind durch die Cloud-Anlage/Netzvirtualisierung insgesamt trotzdem ausgeweitet. Mit der bisherig entwickelten Organisationstruktur hat V-tServices nach Anfangsschwierigkeiten gute Erfahrungen gemacht. Mit zunehmender Expansion des Cloud-Systems wird es später wohl auch ein eigenes Team für die Netzvirtualisierung geben. Die genaue Ausgestaltung ist aber zum Zeitpunkt des Interviews noch nicht fertig.

Durch die Automatisierung in der Cloud werden für die Workflows der Infrastruktur auch Entwickler benötigt. Für Workflows wurde ein separates Cloud-Team gebildet. Dieses ist in der Abteilung Automatisierung angesiedelt. Auch die zunehmende Automatisierung ändert

⁵Vergleiche auch Kapitel 2.3.1 - RACI-Matrix

die Zuständigkeiten in bestimmten Bereichen. Abläufe, die früher von jemandem händisch erledigt wurden, erledigt jetzt der Cloud-Workflow. Im Fehlerfall kann die Zuständigkeit dann wieder eine andere sein, je nachdem, ob der Fehler am Workflow (Cloud-Team) oder dem Netz/ der Virtualisierung liegt (Virtualisierungs- oder Netz-Team).

Auswirkungen auf die Rollen Die Einführung der Cloud hatte vor allem Auswirkungen auf die Zusammenarbeit, jedoch auch auf die Notwendigkeit von neuen Rollen und die Inhalte der Rollen. So sind zum Beispiel neue Rollen in Form des Cloud-Teams hinzugekommen. Außerdem wurde zur Gestaltung der virtuellen Netze die neue Rolle des SDN-Architekten im Unternehmen gebildet. Weiterhin gibt es für die Cloud einen speziellen Cloud-Architekten, der die Services definiert und die Infrastrukturseite betreut. Die bestehenden Rollen haben sich äußerlich kaum geändert. Im Inneren verschieben sich jedoch die Verantwortlichkeiten und die Inhalte der Rollen, wie zum Beispiel bei dem Virtualisierungsteam, bei dem der Netz-Anteil in der Arbeit gestiegen ist.

Alternative Strategie über gemischte Teams Eine alternative Strategie über den Einsatz von gemischten Teams aus verschiedenen Spezialisten hält der Interviewpartner auch in ihrem Anwendungsfall für denkbar. Jedoch sieht er dabei folgende Bedingungen/Einschränkungen:

- Bei kombinierten Teams aus verschiedenen Spezialisten besteht die Gefahr, dass die weniger erfahrenen Teammitglieder in einem eher fachfremden Bereich etwas falsch machen.
- Das für den SDN-Stack verantwortliche Team benötigt ein großes Netz-Know-How.
- Eine komplette Trennung zwischen physischem und virtuellem Netz ist nicht möglich, da es immer aufwendigere Schnittstellen geben wird. Zum Beispiel Edge-Service-Gateway Komponenten, an denen das Routing auf beiden Seiten passend konfiguriert werden muss. Auch im Fehlerfall ist es zwingend notwendig, dass beide Teams gut kommunizieren.

Seiner Einschätzung nach könnten Cloud-Systeme in Teilen auch ohne Netzvirtualisierung realisiert werden, jedoch könnte dann nicht das volle Potential genutzt werden und die Cloud-Umgebung müsste andere Strategien zur Umsetzung der Netzaufteilung verfolgen.

Auswirkung auf die Prozesse

Übergang in die Cloud Der Prozess der Migration von virtuellen Maschinen in die Cloud ist oft aufwendig. Dabei sind viele manuelle Schritte und Absprachen bezüglich Abhängigkeiten nötig. Durch die Cloud-Umgebung und der Netzvirtualisierung wurden die Abläufe insgesamt mehr und mehr automatisiert und Verantwortlichkeiten dabei mit angepasst.

Auswirkungen auf bestehende Prozesse Die größten Auswirkungen der Netzvirtualisierung sind im Betrieb bei den Prozessen Build/Deployment-, Decommissioning- und den Security-Prozessen für virtuelle Maschinen und deren Anbindung spürbar. Inhaltlich sind auch Auswirkungen im Incident-Prozess deutlich erkennbar, da die Störungen deutlich komplexer zu lösen sind als bisher. Hierbei sind bewährte Tools, z.B. aus dem Netzbereich, wie Wireshark weiterhin wichtig, jedoch werden immer mehr zusätzliche Tools zur Überwachung und Analyse der virtuellen Infrastruktur benötigt.

Ausweitung des Changes-Prozesses in Richtung Software Weiterhin sind die Change-Prozesse bei Updates im Umfang gewachsen. Jetzt sind neben den physischen Komponenten, welche geupdated werden müssen, zusätzlich noch die Software-Komponenten vorhanden. Insbesondere bei den Software-Updates muss jetzt mehr auf *Software-Dependencies* geachtet werden. Für größere Updates, insbesondere alle Updates im Bereich Netz und Netzvirtualisierung werden die jeweiligen Software-Hersteller involviert. Dabei werden anhand von Kompatibilität-Matrizen alle Abhängigkeiten überprüft, um zu vermeiden, dass nach einem Update ein nicht supporteter Zustand eintritt. Diese Abhängigkeiten können bisher nicht alle durch ein dediziertes Tool überprüft werden, sondern erfordern manuelle Schritte. Die Updates im Netzbereich werden als Hoch-Risiko Change kategorisiert, entsprechend werden in diese Changes erst nach einer aufwändigen Genehmigungs-Phase mit vielen Stakeholdern durchgeführt. Dabei ist eine große Anzahl an Teams involviert, unter anderem das Cloud-Team, das Firewall-Team und das Netz-Team. Diese Changes können ausschließlich außerhalb der normalen Service-Zeit der Kunden durchgeführt werden. Grundsätzlich ist der Interviewpartner zufrieden mit dem bestehenden Update-Prozessen, allerdings wird gehofft, dass auch in diesem Bereich mehr Automatisierung möglich ist. Hier wird aber vor allem auf die Software-Hersteller der Virtualisierungslösungen verwiesen, die bis dato noch relativ wenig Zusatz-Tools anbieten, um z.B. Abhängigkeiten automatisch zu überprüfen.

5.3.4 Zusammenfassung der Fallanalyse 3

Das Unternehmen aus dem Anwendungsfall 3 verfolgt als technischer Dienstleister im Bankensektor mit der Einführung der Netzvirtualisierung innerhalb eines Cloud-Systems technische Vorteile. Vor allem betrifft dies die Sicherheit (z.B durch spezielle Segmentierung) und die schnellere Bereitstellung von Ressourcen und Diensten. Der Interviewpartner sieht die folgenden zwei Punkte als primäre Auswirkung der Netzvirtualisierung:

- technische Schwierigkeiten: höhere Komplexität insbesondere bei Störungen und Ausfällen
- organisatorische Schwierigkeiten: Aufteilung der Aufgaben, Definition der Prozesse, Verantwortlichkeiten zwischen den Teams

Die Organisationsstrukturen wurden wie bisher beibehalten. Jedoch wurde für die automatisierten Workflows das zusätzliche Cloud-Team gegründet, welches mehr Entwickler-Kompetenzen in den IT-Betrieb bringt. Zur besseren Gestaltung der Cloud-Umgebung und des SDN wurden neue Rollen wie der Cloud-Architekt und der SDN-Architekt geschaffen. Bei den bestehenden Rollen ist vor allem der operative Betrieb des virtualisierten Netzes zu den Virtualisierungs-Teams hinzugekommen. Planung und Gestaltung des virtuellen Netzes übernehmen die Spezialisten des Netz-Teams. Inhaltlich gibt es durch die Netzvirtualisierung und die damit mögliche Automatisierung neu geregelte Zuständigkeiten und eine geänderte Aufgabenverteilung. Ein entscheidende Methodik für die Bestimmung der Zuständigkeiten ist die RACI-Matrix.

5.4 Vergleich der Anwendungsfälle

In den folgenden Abschnitten werden die durch die Interviews ermittelten Anwendungsfälle entsprechend der vorherigen Kategorien verglichen. Dabei liegt der Fokus auf dem Ermitteln von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in den verschiedenen Fällen im Kontext der

Auswirkungen der Netzvirtualisierung. Weiterhin wird aufgezeigt, welche Grundlagenthemen durch den Einfluss der Interviews vertieft betrachtet wurden, um das Themenfeld weiter zu erarbeiten.

5.4.1 Vergleich der Firmen und Institutionen

Alle drei Firmen/Institutionen arbeiten als Service Provider für firmeneigene Kunden oder einen speziellen Kundenkreis, wie im Fall des LRZ im wissenschaftlichen Umfeld. Der Kontext und die Anforderungen an Zuverlässigkeit und Sicherheit im Betrieb unterscheiden sich aufgrund der unterschiedlichen Arbeitsbereiche (wissenschaftliches Umfeld, Telekommunikation, Finanzsektor). Ein direkter Vergleich gestaltet sich daher schwierig, aber es kann eine Sammlung von Auswirkungen und Gemeinsamkeiten ermittelt werden. Wie in den Grundlagen zur Methodik (vgl. Kapitel 2.1 - *Methodisches Vorgehen*) angesprochen, wird primär das Ziel erfolgt eine Sammlung von Auswirkungen zu ermitteln. In allen Anwendungsfällen wird von den Unternehmen/Institutionen eine eigene Infrastruktur betrieben und Beratungsleistung für den (internen) Kunden angeboten. Dies begünstigt den Vergleich, legt aber auch die Vermutung nahe, dass es in anderen Anwendungsfällen noch weitere Auswirkungen der Netzvirtualisierung geben kann. In Kapitel 6 - *Ergebnisse* wird aus diesem Grund versucht weitere Anwendungsfälle mit in die Betrachtung einzubeziehen. Ebenfalls lässt sich feststellen, dass alle Anwendungsfälle erst in der Einführungsphase bzw. ersten Betriebsphase der Netzvirtualisierung stehen. Dies liegt vor allem an der aktuellen Technologie-Entwicklung, dass die Netzvirtualisierung erst jetzt im Betrieb in größerem Umfang Einzug hält.

Entsprechend dem Schema aus Kapitel 2.4.1 - *IT-Organisationen* lassen sich die Anwendungsfälle wie folgt einordnen:

- *Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)*: Das LRZ ist als wissenschaftliche Institution kein typisches Unternehmen. Jedoch agiert es wie ein Provider, der einem (speziellen) Kundenkreis Dienstleistungen anbietet. Zwar unterstützt das LRZ in vielfältiger Weise die wissenschaftlichen Institutionen bei der Digitalisierung, jedoch besitzen diese in der Regel eigene interne IT-Dienstleister, welche IT-Projekte bearbeiten. Entsprechend lässt sich der Anwendungsfall als *klassische IT-Organisation* einordnen.
- *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider*: Das Unternehmen agiert als Dienstleister, ist jedoch Teil eines Mutterkonzerns, welcher die eigentlichen Geschäftsfelder betreibt. Die Geschäftsbereiche werden jedoch mit durch das Tochterunternehmen durch Digitalisierung vorangetrieben. Entsprechend lässt sich dieser Anwendungsfall als *Institution besitzt eine non-lineare IT-Organisation* einordnen.
- *Anwendungsfall 3: V-TServices*: Anwendungsfall 3 besitzt die gleichen Eigenschaften wie Anwendungsfall 2 und gehört entsprechend ebenfalls zur Kategorie *Institution besitzt eine non-lineare IT-Organisation*.

5.4.2 Vergleich der Problemstellungen und Ziele

Bei allen Anwendungsfällen ist der Auslöser für die Einführung von Netzvirtualisierung ein langfristiges Konsolidierungsprojekt mit einem Schwerpunkt bei der Bereitstellung von IT-Infrastruktur. Im Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) sind die Möglichkeiten zur Automatisierung in bestehender Infrastruktur schwierig, da die Schnittstellen fehlen und

die Prozesse zu viele manuell Schritte beinhalten, welche sich nicht manuell beseitigen lassen. Im Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider verhindern vor allem die historischen Architekturen eine Vereinheitlichung, Automatisierung und Steigerung der Flexibilität, auch wenn parallel zur Einführung der Netzvirtualisierung/des Cloud-Systems auch an Automatisierung in bestehender Infrastruktur gearbeitet wird. Im Anwendungsfall 3: V-TServices sollen die Bereitstellungsprozesse optimiert werden und die Anzahl der manuellen Schritte in diesem Prozess in unterschiedlichen Teams reduziert werden.

Die Interviewpartner im Interview 2 und 3 sind der Meinung, dass sich die Einführung der Netzvirtualisierung in Teilen mit dem früheren Übergang von physischer Serverinfrastruktur hin zu virtuellen Maschinen vergleichen lässt. Jedoch ist die Komplexität in der Virtualisierung von Netzthemen deutlich höher. Es lässt sich jedoch insgesamt eine Verbreiterung der fachlichen Themen in allen Bereichen erkennen. Deutlich wird dies zum Beispiel mit der Einführung der Hostvirtualisierung, bei der in der Vergangenheit mehr Netzthemen im Bereich der Serverbetreuung Einzug nahmen. Auf der anderen Seite ist auch in den Netzteams mehr Wissen im Server-Bereich notwendig, da mehr und mehr Netztools z.B. für Überwachung benötigt werden und entsprechend betreut werden müssen.

5.4.3 Vergleich der Infrastruktur mit Netzvirtualisierung

Die Netzvirtualisierung ist bei allen drei Fällen ein Bestandteil einer Private Cloud Umgebung. Die Netzvirtualisierung wird aber als eine Grundvoraussetzung oder *Enabling Technologie* angesehen, um die angestrebten Cloud-Dienste realisieren zu können. Ein Fall mit dem Einsatz von Netzvirtualisierung als Overlay-Technologie außerhalb einer Cloud-Umgebung konnte entsprechend nicht genauer betrachtet werden (vgl. dazu auch Kapitel 7 - *Zusammenfassung und Ausblick*). Zusammen mit den Interviews wurde die Relevanz von Cloud-Systemen und Software Defined Data Centers im modernen IT-Betrieb deutlich. Entsprechend wurde das Kapitel 2.2.8 - *Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud-Computing* vertieft, um diesen Bereich ausführlicher mit einbeziehen zu können.

Im Anwendungsfall 1 setzt die Institution auf Open Source Cloud-Software und muss das gesamte Fachwissen selbst aufbringen. Dies führt zu vielen technischen Hürden bei der Einführung, weil die Dokumentation bei OpenStack lückenhaft und die Konfiguration der verteilten Netz-Module (OpenVSwitch) sehr kompliziert ist. Die zwei anderen Anwendungsfälle setzen unter anderem auf Produkte von VMware inklusive Support bzw. im Falle der V-TServices zusätzlich auf Produkte aus dem eigenen Konzernbereich (IBM), um die technische Integration schnell meistern zu können.

Um hier mehr auf die Hintergründe eingehen zu können, wurden die Grundlagen zur Netzvirtualisierung mit VMware NSX detaillierter ausgeführt, da hier auch entsprechende Dokumentation verfügbar ist, um diese zu beschreiben. Vergleiche dazu Kapitel 2.2.6 - *Beispielarchitektur bei VMware NSX-V*.

5.4.4 Vergleich der Möglichkeiten durch die Netzvirtualisierung

Die Netzvirtualisierung in Kombination mit Cloud-Systemen ermöglicht in allen Anwendungsfällen vor allem erweiterte Möglichkeiten zur Automatisierung und zur Bereitstellung von Netz- und Serverressourcen über Self-Service Portale. Dies führt zu den angestrebten Beschleunigungen der Bereitstellungsprozesse von Ressourcen. Eine Einschränkung bleiben weiterhin die Schnittstellen zu anderen Systemen, wenn diese auf früheren Prozessen

basieren. Jedoch müssen die früheren Prozesse primär auf eine einzelne neue Anlage, die Cloud-Anlage, erweitert werden. Außerdem gibt es Möglichkeiten über Proxy-Systeme und vermehrte Umzüge von Ressourcen in die Cloud-Systeme, die Prozesse zu beschleunigen. Die Interviewpartner sind sich einig, dass der Umzug in die Cloud nicht einfach ist, auch wenn dies gerne von Herstellern und Händlern so dargestellt wird. Es wird auch davon ausgegangen, dass sich bestimmte Ressourcen auch gar nicht in die Cloud umziehen lassen. Dies liegt zum Beispiel, wie im Anwendungsfall 3, daran, dass bestimmte rechtliche Regelungen nicht mit den Prinzipien der Cloud vereinbar sind oder weil alte Architekturen nicht für Cloud-Anwendung ausgelegt sind, z.B. monolithische Anwendungen, welche nicht für Cloud-Systeme ausgelegt sind. Legacy Systeme werden entsprechend zusätzlich zu den Cloud-Systemen und Anwendungen weiterhin betreut werden müssen.

Bei den Anwendungsfällen 1 und 2 wird außerdem festgestellt, dass das Produktportfolio dadurch jedoch nicht mehr so umfangreich und individuell für jeden Kunden gestaltet werden kann. Dies liegt daran, dass die Automatisierung nur dann greifen kann, wenn es für die jeweiligen Use-Cases definierte Prozesse gibt. Der Kunde muss also in ein bestimmtes Produktportfolio gezwungen werden, auch wenn dieses Parameter zur individuellen Konfiguration beinhaltet. Gleichzeitig muss das Produktportfolio jedoch Möglichkeiten zur Erweiterung bieten.

5.4.5 Vergleich der Auswirkungen auf die Organisationsstrukturen

Bei allen drei Anwendungsfällen gibt es bestimmte Änderungen, um das Management der Netzvirtualisierung und der Cloud-Systeme zu realisieren.

Verwaltung der Netzvirtualisierung

Die Verwaltung der Anlagen mit Netzvirtualisierung wird bei den Anwendungsfällen unterschiedlich realisiert:

- *Mini-Team mit Allround-Mitarbeitern:* In Anwendungsfall 1 wird die gesamte physische und virtuelle Cloud-Anlage von einem „Mini-Team“ mit zwei Mitarbeitern aufgebaut und verwaltet. Der Ursprung der Mitarbeiter stammt aus den Teams für Servervirtualisierung. Fachlich müssen jetzt alle Themen innerhalb der Cloud von diesem Team abgedeckt werden. Dies funktioniert noch nicht ideal, da gerade die Netz- und auch die Spezialthemen der Cloud-Anwendung viel spezifisches Fachwissen benötigen. Eine Zusammensetzung aus einem crossfunktionalen Team wäre insgesamt erstrebenswert.
- *Crossfunktionales Team in Anlehnung an die Spotify Engineering Culture:* In Anwendungsfall 2 ist die Cloud-Umgebung Teil einer größeren Strategie. Agilere Strukturen stehen hier mit im Fokus. Entsprechend wurde versucht, die Squads/Chapters aus der Spotify Engineering Culture⁶ zu adaptieren. Die Verwaltung der physischen und virtuellen Cloud-Anlage mit Netzvirtualisierung wird von einem crossfunktionalen Cloud-Team verwaltet.
- *Aufteilung von Planung/Erweiterung und Betrieb:* In Anwendungsfall 3 wird aktuell ein geteilter Ansatz verfolgt. Die Planung der Netzvirtualisierung übernehmen die fachlichen Mitarbeiter aus den Netzteams. Die Erstellung und Wartung der automatisierten

⁶Vergleiche Kapitel 2.4.6 - Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify

Workflows übernimmt ein Cloud-Team, welches aus Entwicklern besteht. Den Betrieb der Netzvirtualisierung und des Cloud-Systems übernimmt das Virtualisierungsteam. Dadurch konnten weitestgehend die fachlichen Abteilungen erhalten bleiben. Durch die stärkeren Überschneidungen mussten die Zuständigkeiten sehr detailliert unter Zuhilfenahme von RACI-Matrizen⁷ aufgeteilt werden. Außerdem achten Mitarbeiter mit speziellen Rollen auf die Planung und Koordination des Cloud-Systems. Langfristig wird bei diesem Anwendungsfall auch davon ausgegangen, dass bei zunehmenden Wachstum der Cloud-Anlage ein eigenes Team für die Netzvirtualisierung zuständig sein wird.

Implizit wird bei allen drei Anwendungsfällen deutlich, dass praktisch unterschieden werden sollte zwischen der Planung und dem Aufsetzen der Netzvirtualisierung sowie dem Betrieb der Netzvirtualisierung. Außerdem lässt sich in der Praxis feststellen, dass eine strikte Trennung von physischem und virtuellem Netz nicht möglich ist. Insbesondere bei Störungen und Problemen ist eine beidseitige Betrachtung aus der physischen und virtuellen Schicht nötig, um Fehler eingrenzen zu können. Bezüglich Änderungen von Strukturen zeigt sich, dass weiterhin auch der menschliche Faktor eine große Rolle bei der Einführung von neuen Strukturen spielt, insbesondere je weitgreifender die Änderungen sind. Die Interviewpartner sehen alle langfristig einen Trend hin zu crossfunktionalen Teams, sodass die vielfältigen fachlichen Themen innerhalb der IT-Teams möglichst selbst abgedeckt werden können.

In Bezug auf die Verwaltung und durch die Hinweise aus den Interviews wurde das Kapitel 2.3 Organisationsstrukturen und die Unterkapitel *Matrixorganisation*, *Crossfunktionale Teams*, *Agile Strukturen* ausgebaut.

Fachwissen

Alle Interviewpartner sehen den Punkt, dass das netzbezogene Fachwissen bei den Virtualisierungsteams wachsen muss. Dabei entwickelt sich die Meinung dahingehend, dass die Mitarbeiter im IT-Betrieb eine breitere Basis besitzen müssen. Gleichzeitig sehen sie weiterhin die Herausforderung, dass es trotzdem Spezialisten braucht, die sehr tiefes Wissen in bestimmten Fachbereichen besitzen oder sich besonders mit bestimmten Technologien auskennen. Eine Möglichkeit diese Herausforderung zu adressieren, sind die angesprochenen crossfunktionalen Teams.

Rollen

Bei den Rollen sind zwei Auswirkungen bei den Anwendungsfällen zu bemerken:

1. *Bestehende Rollen:* Bisherige Rollen verändern sich äußerlich nicht, jedoch verschieben sich die Verantwortlichkeiten bei den Aufgaben durch die Netzvirtualisierung und der Automatisierung.
2. *Neue Rollen:* Je nach Anwendungsfall werden neue Rollen geschaffen, um die Aufgaben abzubilden oder die Spezialthemen zu koordinieren und zu gestalten. Dazu gehören zum Beispiel wie bei Anwendungsfall 1 die Rolle des Cloud-Administrators oder bei Anwendungsfall 3 die Rollen des SDN-Architekten und des Cloud-Architekten.

⁷Vergleiche Kapitel 2.3.1 *RACI-Matrix*

5.4.6 Vergleich der Auswirkungen der Prozesse

Das Thema konnte nicht bei allen Interviewpartnern gleich erschlossen werden. Außerdem gelang es insgesamt nicht bei den Prozessen tiefere Einblicke zu bekommen. Vergleiche dazu auch 6.2 - *Bewertung der Methodik zur Lösung der Forschungsfrage*. Jedoch kann durch die einzelnen Aussagen eine Sammlung von möglichen Änderungen ermittelt werden.

Rolle des Kunden: Vor allem in den Anwendungsfällen 1 und 2 wird die Rolle des Kunden angesprochen. Die erweiterten Möglichkeiten durch Self-Service Portale (in diesem Fall im Cloud-Context, denkbar aber auch für Netzvirtualisierung alleine) ergeben sich vielfältige Möglichkeiten für den Selbstbezug von Ressourcen ohne den Eingriff von fachlichen Mitarbeitern. Dies kann verschiedene Auswirkungen haben:

- Eine Entlastung der fachlichen Mitarbeiter, da Ressourcen nicht selbst für jeden Kunden erstellt werden müssen.
- Der Kunde muss in das Produktportfolio „gezwungen“ werden und das Portfolio entsprechend den Kunden-Anforderungen entwickelt werden.
- Verschiebung von Aufgaben und Verantwortung zum Kunden, insbesondere durch die umfangreichen Möglichkeiten der Cloud-Systeme. Damit keine Sicherheitslücken und kein Chaos entsteht, muss entsprechende Vorbereitungen getroffen werden.

Im Rahmen der vorherigen Punkte wurde das Unterkapitel 2.2.8 - *Modell der geteilten Verantwortung* ausgebaut.

Erweiterte Prozesse Folgende Prozesse und Aspekte haben sich unter anderem aus den Interviews als betroffen ergeben:

- *Bereitstellungsprozesse:* Der Hauptpunkt der Auswirkungen durch die Netzvirtualisierung und Ausweitung der Automatisierung bis hin zum Cloud-System, ist die beschleunigte Bereitstellung von Infrastruktur. Dies wirkt sich auf eine Vielzahl von Einzelprozessen für verschiedene Infrastrukturkomponenten und angeschlossene Systeme aus.
- *Service-Portfolio:* Mehr Automatisierung bedeutet auch eine zunehmende Abbildung in festen Prozessen. Entsprechend ist mehr Planung von definierten und notwendigen Services nötig. Außerdem müssen Prozesse geschaffen werden, die das Produktportfolio entsprechend der Kundenanforderungen anpassen.
- *Interne Security:* Durch mächtigere und übergreifende Administrationstools müssen interne rechtliche Aufteilungen expliziter gemanagt werden.
- *Security-Mechanismen:* Die Netzvirtualisierung ermöglicht neue Arten der Netz-Separierung z.B. durch verteilte Komponenten. Dies verändert die Art von Segmentierung und die damit verbundenen Prozesse.
- *Incident/Problem-Management:* Indirekt verändert sich der Incident und Problem-Management Prozess durch die gestiegene Komplexität und die erweiterte Virtualisierungsschicht.

- *Change Management*: Das Change-Management weitet sich in den Software-Bereich aus, zum Beispiel im Bereich-Dependency Management bei Update der Software-Netz-Komponenten.
- *Schulung der Kunden*: Wenn Aufgaben durch Self-Service zu den Kunden verschoben werden, muss es entsprechende Schulungen und Beratungen geben, um Überforderung oder Konfigurationsfehler zu vermeiden.

Insgesamt stellt sich bei den Interviews der Gesamteindruck ein, dass Prozesse ganzheitliche betrachtet werden müssen, um schneller und flexibler zu werden. Flexible Infrastrukturen reichen nicht aus, wenn Prozesse selbst statisch gedacht und gelebt werden.

Auswirkungen auf die Tools Neben den spezifischen Managementtools der Netzvirtualisierung und der Cloud-Systeme werden langfristig weitere Tools zur Unterstützung der Prozesse des IT-Betriebs notwendig. Im Bereich der Netze benötigt es mehr Software, welche gezielt auf die virtuelle Infrastruktur angepasst ist und Vorgänge sichtbar macht, welche nicht mehr auf der physischen Ebene alleine ablaufen (z.B. Monitoring, Capacity-Management etc.). Außerdem reichen klassische Netztools nicht mehr aus, um zum Beispiel verteilte virtuelle Komponenten zu debuggen, da Informationen aus verschiedenen Quellen zusammengeführt werden müssen. Klassische Netztools bleiben jedoch weiterhin wichtig. Am Rande lässt sich auch erahnen, dass mit zunehmendem Einzug von automatisierten Workflows auch mehr Entwicklertools zum Programmieren dieser Workflows nötig werden.

5.5 Zusammenfassung der Interviews

Die Interviewpartner konnten mit ihren Erfahrungen ein detailliertes Bild für verschiedene Anwendungsfälle aufzeigen. Trotzdem konnten nicht alle angedachten Informationen gesammelt werden, welche ursprünglich bei der Gestaltung des Leitfadens geplant waren. Insbesondere im Bereich der Prozessgestaltung gab es aufgrund der frühen Implementierungsphase bei den Anwendungsfällen weniger Möglichkeiten zum Einblick als angedacht.

Im nachfolgenden Kapitel 6 - *Ergebnisse* werden die Anwendungsfälle im Kontext des gesamten Datenmaterials betrachtet und die verschiedenen Strategien verglichen, um so weitere Rückschlüsse auf die Forschungsfrage zu ziehen. In Kapitel 6.2 - *Bewertung der Methodik zur Lösung der Forschungsfrage* wird die angewendete Methodik im gesamten Kontext dieser Arbeit bewertet.

6 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Inhalte aus den vorherigen Kapitel zusammengefügt, um einen Blick auf das Gesamtbild der Fragestellung zu erhalten. Die Grundfragestellung sind die Auswirkungen der Netzvirtualisierung auf Organisationsstrukturen und Prozesse sowie den damit verbundenen Strategien zur Einführung und dem laufenden Betrieb. Dies betrifft insbesondere die erweiterte Fragestellung, wie die Verwaltung der Netzvirtualisierung im IT-Betrieb funktioniert.

Die Zusammenstellung der Informationen zu einem Gesamtbild ist der abschließende Schritt der qualitativen Analyse.¹ Zu diesem Schritt gehört der Einbezug der Informationsquellen aus der Voranalyse, weiterer Literatur und dem Grundlagenkapitel. Aufgrund des explorativen Ansatzes dieser Arbeit wurde das Themenfeld Stück für Stück in der Ausrichtung und Inhalt durch die Experteninterviews erschlossen. Entsprechend wurden viele Grundlagenthemen parallel weiter ausgebaut und gehören ebenfalls zu den Erkenntnissen dieser Arbeit. Dazu gehören zum Beispiel die Details zur Spotify Engineering Culture, die Ausführungen zu agilen Strukturen und DevOps sowie Details zum RACI - Modell, crossfunktionalen Teams etc. Die Verweise auf die entsprechenden Abschnitte werde im Text als Fußnote mit angegeben.

Anschließend erfolgt zusätzlich eine kritische Überprüfung des methodischen Vorgehens in dieser Arbeit durch eine qualitative Inhaltsanalyse auf Basis von Experteninterviews.

6.1 Einflüsse und Auswirkungen der Netzvirtualisierung

Die Technologie der Netzvirtualisierung auf Basis von Network Virtualization Overlay (NVO) gehört zum Themenbereich des IT-Betriebs innerhalb der IT-Organisation. Entsprechend ist die Fragestellung nach den Auswirkungen der Netzvirtualisierung durch die Einflüsse in diesem Bereich geprägt.

6.1.1 Einflussfaktoren auf den IT-Betrieb

Der Bereich des IT-Betriebs ist von einer Vielzahl von aktuellen Entwicklungen und Herausforderungen geprägt, welche im Bezug auf die Netzvirtualisierung im Folgenden zusammengefasst werden.

Zwei Aspekte sind bei der Untersuchung in dieser Arbeit besonders deutlich geworden:

1. *Die Rolle und Ausrichtung der IT-Organisation innerhalb des Unternehmens:*

Die Gestaltung des IT-Betriebs ist im Kontext aktueller Entwicklungen stark von der Rolle und Ausrichtung der IT-Organisation innerhalb eines Unternehmens abhängig. Dies liegt insbesondere an der Entwicklung der IT von der bloßen Unterstützung der Geschäftsprozesse eines Unternehmens hin zum elementaren Bestandteil der Produkte oder sogar *der IT-Produkte* eines Unternehmens. Die Anforderungen an den IT-Betrieb,

¹Vergleiche für Details zur Methodik Kapitel 2.1.1 - *Qualitative Analyse*

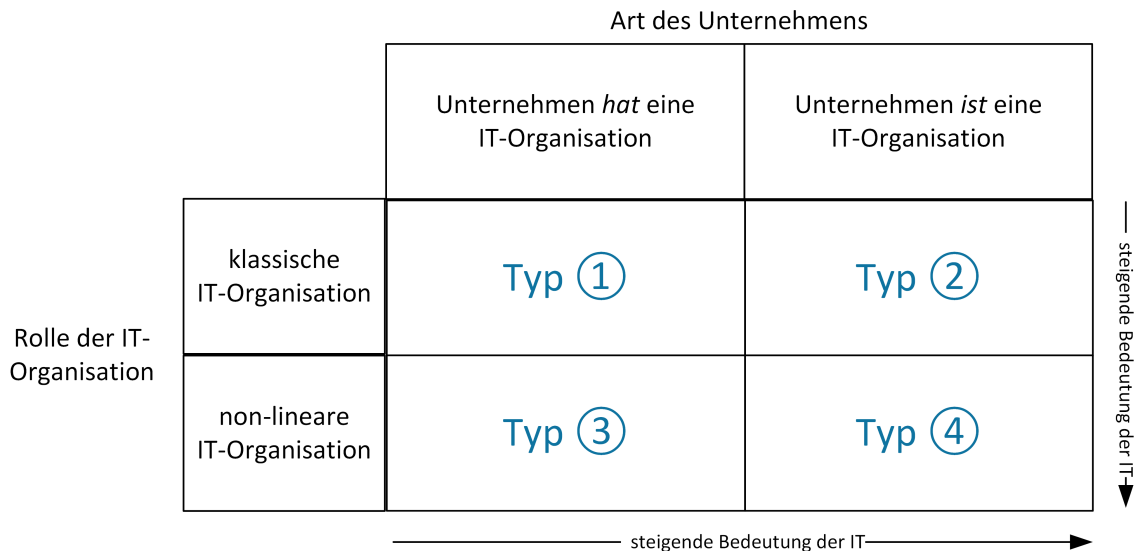


Abbildung 6.1: Einteilung von IT-Organisationen mit Auswirkungen auf den IT-Betrieb [eigene Grafik]

an die Technologie und Organisation sind mit zunehmender Nähe zum Geschäftsprozess und der Bedeutung der IT-Organisation größer.² Diesen Zusammenhang zeigt Abbildung 6.1.

Die in dieser Arbeit gezeigten Anwendungsfälle lassen sich wie folgt in dieses Schema einordnen³:

- Typ ①: klassische Unternehmen z.B. aus dem Produktionsbereich, nicht als Anwendungsfall betrachtet
- Typ ②: 5.1 - Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)
- Typ ③: 5.2 - Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider, 5.3 - Anwendungsfall 3: V-TServices
- Typ ④ 2.4.6 - Anwendungsfall a): Umsetzungsbeispiel DevOps: T-Systems MMS, 2.4.6- Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify

2. Der IT-Betrieb als Motor für Innovationen und betroffener Bereich von Veränderungen:

Der Bereich des IT-Betriebs ist geprägt von Entwicklungen, welche andere IT- und Geschäftsbereiche durch Innovationen und neuen Entwicklungen (z.B. Cloud-Systeme) beeinflussen. Gleichzeitig ist der IT-Betrieb betroffen von Veränderungen und neuen Anforderungen, welche andere Bereiche an den IT-Betrieb stellen und welche adressiert werden müssen (z.B. Trend zur Agilität der Softwareentwicklung). Beide Richtungen lassen sich oft nicht eindeutig trennen, weil sich verschiedene technische und organisatorische Entwicklungen gegenseitig beeinflussen. In den vorangegangenen Kapiteln wurde diese Abhängigkeitsbeziehung zum *Henne-Ei-Phänomen* zugeordnet.⁴ Dies wirkt

²Vergleiche dazu Kapitel 2.4.1 - IT-Organisationen

³Vergleiche für Details 5.4.1 - Vergleich der Firmen und Institutionen

⁴Vergleiche Kapitel 2.4.4 - Aktuelle Herausforderungen des IT-Betrieb

sich durch eine gesteigerte Komplexität des Themenfeldes aus und zieht sich durch die nachfolgenden Abschnitte. Viele ermittelte Aspekte sind auf der einen Seite eine Motivation für die Netzvirtualisierung und gleichzeitig eine Auswirkung, welche die Netzvirtualisierung als Technologie mit sich bringt.

Die Netzvirtualisierung als *Enabling-Technology* für neue technische Lösungen und große Veränderungen im Rahmen von Konsolidierungsprojekten spielt also im Bereich des IT-Betriebs eine große Rolle.⁵

6.1.2 Motive zur Netzvirtualisierung

In den Kapiteln 2.2.2 - *Motivation für den Einsatz von SDN* und 2.2.4 - *Motivation für den Einsatz von NVO* wurden bereits die allgemeinen Möglichkeiten und Motive erläutert, die Netzvirtualisierung einzusetzen. Dazu gehören die Schlagwörter *Programmierbarkeit des Netzes, zentralisiertes Management, Kostenreduzierung, Flexibilität, Realisierung von Mehr-Benutzer-Netzen, Erweiterte Sicherheits- und Segmentierungs-Verfahren sowie Automatisierung*.

Bezüglich der Einflussfaktoren auf den IT-Betrieb kann festgestellt werden, dass die Netzvirtualisierung zu einer der Enabling Technologien gehört, um in Kombination mit anderen Techniken flexiblere IT-Infrastrukturen in Form von Software Defined Data Centers bzw. Cloud-Systemen oder Continuous Pipelines ganzheitlich (Ende-zu-Ende) zu ermöglichen.⁶ Dies bedeutet im Gesamtbild eine Fülle von neuen Möglichkeiten und Auswirkungen. Die Bedeutung gesteigerter Geschwindigkeit und Flexibilität sowie die Bedeutung der Cloud wird im nachfolgenden Kapitel 6.1.3 und 6.1.4 mit betrachtet.

Die Netzvirtualisierung als Möglichkeit, um umfangreichere Sicherheits- und Segmentierungsverfahren zu ermöglichen, ist in der Praxis ein interessanter Anwendungsfall - unter anderem auch, weil die Netzvirtualisierung hier auch unabhängig von Cloud-Umgebungen gezielt Einsatz findet.⁷ Leider konnte dieser Anwendungsfall aufgrund fehlender Interviewpartner in diesem Bereich nicht tiefgreifender mit einbezogen werden. Der *Anwendungsfall 3: V-TServices* behandelt dieses Themenfeld jedoch am Rande.

6.1.3 Bedeutung von mehr Geschwindigkeit, Flexibilität und agilen Strukturen

Ein bedeutender und primärer Einfluss auf IT-Organisationen und den IT-Betrieb in den Anwendungsfällen sind die Entwicklungen im IT-Bereich hin zu mehr Geschwindigkeit und Flexibilität bei (IT-)Produkten. Damit verbunden sind weitere Einflussfaktoren wie agile Methoden. Hierbei spielt vor allem der Bereich der (Software-)Entwicklung und die Verknüpfung von Entwicklung und Betrieb (z.B. in Form) der DevOps-Bewegung, eine große Rolle. Ausführlich wurden die allgemeinen Grundlagen dazu in dem Kapitel 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps* betrachtet.

Aus dem Entwicklungsbereich spielen dabei insbesondere folgende Faktoren eine Rolle⁸:

⁵Vergleiche dazu Kapitel 2.4.3 - *Architekturmanagement*

⁶Vergleiche dazu Kapitel 2.2.3 - *Netzvirtualisierung*, 2.2.8 - *Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud-Computing*, sowie die Auswertung der Anwendungsfälle in Kapitel 5.4.3 und 5.4.4

⁷Vergleiche dazu [MS18], [RR18], Kapitel 5.3

⁸Vergleiche Kapitel 2.4.4 - *Aktuelle Herausforderungen des IT-Betrieb*, 2.2.4 - *Motivation für den Einsatz von NVO*, 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps*, 2.4.6 - *Praktische Umsetzungen agiler Strukturen* und 5.2 - *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider*

- vermehrt kürzere und zyklische Entwicklungsprozesse
- API's als Notwendigkeit zur Realisierung von (Web-)Services
- Trend zu Microservices und damit verbundenen höheren Netzanforderungen
- Trend zu Cloud-Systemen
- Trend zu Container-Technologien

Netzvirtualisierung ist eine der Technologien, um die vorangegangenen Problemstellungen, zum Beispiel in Form von Automatisierungsmöglichkeiten zu adressieren.⁹

Die Einführung von agilen Methoden in der Softwareentwicklung ist auf der einen Seite ein Einflussfaktor auf den IT-Betrieb. Auf der anderen Seite werden mit agilen Methoden ebenfalls Problemstellungen angesprochen, welche (historisch) im IT-Betrieb entstanden sind. Dazu gehören zum Beispiel die Bildung von *Abteilungssilos* oder die Möglichkeit das IT-Netz selbst als ein Bestandteil der Geschäftsprozesse einzusetzen.¹⁰

Innerhalb der Anwendungsfälle kann dabei festgestellt werden, dass der Einfluss von anderen Entwicklungen auf den Bereich der IT-Infrastruktur mit der Nähe der IT-Organisation zum Produkt und der Rolle der IT-Organisation als Innovationsmotor steigt. In dem aufgestellten Schema aus Abbildung 6.1 bedeutet dies eine zunehmende Steigerung des Einflusses von Typ ① bis hin zu Typ ④. Dies bedeutet für die IT-Organisation: Je größer der Einfluss ist, desto mehr Bedarf besteht...

- a) bisherige Strukturen technisch und organisatorisch in Frage zu stellen, zu überprüfen und neue Konzepte einzuführen.
- b) die Betrachtung von einzelnen Teams über Abteilungen auf die gesamte IT-Organisation bzw. das gesamte Unternehmen auszuweiten.

Die in dieser Arbeit aufgezeigten Anwendungsfälle wurden bereits in das Schema aus Abbildung 6.1 eingeordnet. Bei allen Anwendungsfällen liegt der Fokus im IT-Betrieb auf angepassten Bereitstellungsprozessen der Infrastruktur. Entsprechend dem Einfluss ist hierbei zu erkennen: In *Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)* (Typ ②) lässt sich der IT-Betrieb weiterhin in Kontext von spezialisierten Abteilungen betrachten. Die Cloud-Anwendung nimmt dabei jedoch noch keine Rolle der für den akuten Betrieb notwendigen Infrastruktur ein. In *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider* und *Anwendungsfall 3: V-TServices* (Typ ③) ist das Themenfeld ausgeweiteter innerhalb des gesamten IT-Betriebs einzuordnen. In *Anwendungsfall a): Umsetzungsbeispiel DevOps: T-Systems MMS* und *Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify* (Typ ④) ist der IT-Betrieb ein fester Bestandteil des sich wandelnden Geschäftsfeldes und die Veränderungen betreffen die gesamte Technologie und Organisation der Unternehmen.

Mit wachsender Bedeutung der IT-Organisation für ein Unternehmen bedeutet dies auch, dass nicht nur mehr technische Anpassungen alleine ausreichend sind, um aktuellen Anforderungen zu genügen. Wie im Falle der DevOps-Bewegung deutlich wird, müssen verbesserte technische und menschliche Schnittstellen geschaffen und entsprechend sowohl technische als auch organisatorische Strategien umgesetzt werden, um neue Ziele zu erreichen.

⁹Vergleiche dazu Kapitel 2.2.2 - *Motivation für den Einsatz von SDN* und 2.2.4 - *Motivation für den Einsatz von NVO*

¹⁰Vergleiche zum Beispiel 5.2 - *Anwendungsfall 3: V-TServices*

6.1.4 Bedeutung der Cloud

Die Netzvirtualisierung ermöglicht automatisierte IT-Netze, wie diese für die Erstellung von Software Defined Data Centers und Cloud-Systemen nötig sind. In den aufgezeigten Anwendungsfällen wird die Netzvirtualisierung immer in Form eines Cloud-Systems eingeführt. Entsprechend muss dieser Kontext mit bei den Auswirkungen betrachtet werden. Die Cloud-Systeme besitzen in den Anwendungsfällen unterschiedliche Rollen: Diese reichen vom „Mittel zum Zweck“ zur einfacheren Erstellung von Ressourcen¹¹ bis hin zum Tool für umfassende Strategien zum Erfolg der Geschäftsprozesse.¹² Eine ganzheitliche Einführung von Cloud-Systemen bedeutet im Idealfall eine konsequente Fortführung des Servicegedankens. Technisch wird das IT-Netz selbst zunehmend ein Service/Produkt, indem nicht nur mehr Netzkonnektivität vom Kunden bezogen wird, sondern ganze Netze zur eigenen Verwaltung oder Einbindung in andere Systeme geschaffen werden. Im Kontext der Fragestellung dieser Arbeit lässt sich die Cloud als eine sehr ausgeweitete Form der Automatisierung einordnen.¹³ Entsprechend wird das Themengebiet Cloud bei den Auswirkungen in den späteren Abschnitten vor allem in diesem Kontext mit betrachtet.

6.1.5 Primäre und sekundäre Auswirkungen der Netzvirtualisierung

Aus der Architektur der Netzvirtualisierung auf Basis von *Network Virtualization Overlay* lässt sich die primäre Auswirkung im Bereich der Organisationsstrukturen ableiten: Die zusätzliche gesamtheitliche Netzvirtualisierungsschicht muss in das bisherige Management der IT-Infrastruktur eingegliedert werden.

Bei der weiteren Betrachtung hat sich außerdem gezeigt, dass die sekundären Auswirkungen weitere Anpassungen in anderen Teilbereichen der IT bedeuten. Zusammen mit anderen Einflüssen im IT-Betrieb führt dies sogar bis hin zur Einführung ganzheitlicher neuer Konzepte, die sich je nach Typ des Unternehmens unterscheiden.

Als Überblick ließen sich folgende Punkte im Kontext der Netzvirtualisierung feststellen, welche anschließend nochmal erläutert werden:

- *Verschiebung von fachlichen Aufgaben:* Die fachlichen Aufgabenbereiche verschieben sich je nach Verwaltungsmodell in der Praxis auf verschiedenen Ebenen.
- *Veränderung von Rollen:* Die Rollen im IT-Betrieb verändern sich in den Aufgabenbereichen und neue Rollen werden geschaffen.
- *Verschiebung der Komplexität:* Die Komplexität in den Aufgaben der Netzverwaltung verschiebt sich weiter vom Betrieb hin zur Planung, Integration und Störungsbehebung.
- *Verschiebung von Team-Zusammenstellungen:* Teams müssen je nach Verwaltungsmodell und Rolle der Infrastruktur anders aufgeteilt werden.
- *Verschiebung der Rolle des Kunden:* Der Begriff des Kunden verschiebt sich hin zum Servicenutzer, da Services auf allen Ebenen nicht nur für externe Kunden angeboten werden. Die Servicenutzer bekommen durch die Netzvirtualisierung umfassendere Möglichkeiten der Selbstgestaltung ihrer persönlichen Infrastruktur.

¹¹Vergleiche Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)

¹²Vergleiche Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify, Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps

¹³Vergleiche auch Kapitel 2.2.8 - *Software Defined Data Center (SDDC) und Cloud-Computing*

- *Dynamische Infrastrukturen mit oder ohne dynamischer Organisation:* Je nach Verwaltungsmodell wird der IT-Betrieb Teil der dynamischen IT- oder Unternehmensorganisation und wird ähnlich flexibel, wie die Anforderungen an aktuelle IT-Infrastruktur.
- *Überwindung der Silokultur:* Es wird versucht die Organisationsstrukturen weiterhin zu offenen Strukturen und Kulturen weiterzuentwickeln.
- *Automatisierung und Beschleunigung der Prozesse:* Prozesse müssen mehr ganzheitlich betrachtet werden, um Automatisierung und Beschleunigung zu ermöglichen.

6.1.6 Sammlung der Auswirkungen auf Prozesse

Die Auswirkungen auf die Prozesse konnten nicht so weitreichend ermittelt werden, wie anfänglich geplant. Vergleiche dazu *2.1.2 - Methodik zur Auswertung*.

Aus den Erkenntnissen dieser Arbeit lässt sich aber feststellen, dass als primäre Auswirkung der Netzvirtualisierung die Prozesse mit Bezug zum Netzbereich automatisierter werden und sich verschieben bzw. zentralisieren. Als sekundäre Auswirkungen kommen hinzu, dass sich die Komplexität der Netzadministration verschiebt, sich die Geschwindigkeit der Prozesse erhöht und die Flexibilität der Ressourcen steigt. Bei der Flexibilität der Ressourcen ist jedoch zu beachten, dass dies ein zweiseitiges Schwert ist. Auf der einen Seite können die Bereitstellungsprozesse mithilfe von Netzvirtualisierung und Automatisierung zentralisiert und beschleunigt werden. Auf der anderen Seite gilt dies jedoch nur für Bereitstellungen von Infrastruktur innerhalb der spezifischen Anlagen und im Rahmen der verfügbaren Serviceportfolios, außer die individuellen Prozesse zur Bereitstellung von Ressourcen werden entsprechend mit überarbeitet und ohne Blockaden aufgebaut.

Bedeutung der Automatisierung

Das Kernthema, welches ein Großteil der Herausforderungen im IT-Betrieb adressiert, ist die Automatisierung, die auf einem neuen Level im Netzbereich umgesetzt werden kann.

Automatisierung mit Netzvirtualisierung Eine Voraussetzung, um Abläufe automatisieren zu können, ist die Beseitigung von manuellen Schritten in den Prozessen. Durch die Netzvirtualisierung lässt sich dies technisch leichter bewerkstelligen, da durch die zentrale API die Möglichkeit geschaffen wird, die verschiedenen Parameter des Netzes zu programmieren. Dies hilft alleine jedoch noch nicht weiter, wenn dies nicht auch entsprechend in den Prozessen umgesetzt wird. Dies vermag im Anblick von mächtigen Programmiermöglichkeiten einfach erscheinen, jedoch zieht es in der Umsetzung einige Fallstricke mit sich. Bei einer Programmierung müssen diese menschlichen Entscheidungen durch Policies abgebildet werden. Ein Beispiel, ist ein Ressourcenengpass. Hier muss über Policies festgelegt werden, wann ein Engpass eintritt und wie auf diesen reagiert wird. Je nach Ressource und aktueller Nutzung kann eine sinnvolle Reaktion aber ganz unterschiedlich aussehen. Aus Erfahrung lässt sich vielleicht sagen, dass dieser Engpass zu diesem einen Zeitpunkt in Ordnung ist. Dies muss in der Automatisierung berücksichtigt werden, damit nicht andere Prozesse unnötig angestoßen werden. Hinzu kommt, dass nicht alle möglichen Anwendungsfälle bei der Umsetzung von Automatisierung berücksichtigt werden können. Hierfür ist eine Reduktion und Vereinheitlichung nötig. Es lassen sich zwar individuelle Produkte über Parameter berücksichtigen, jedoch nicht Sonderbehandlungen von einzelnen Fällen, da sich diese im automatisierten

Prozess nicht einfach Ende-zu-Ende umsetzen lassen. Dies bedeutet ein Umdenken bei den Servicenutzern und bei der Auslegung der verschiedenen Systeme, welche im Rechenzentrum miteinander agieren.

Continious Pipelines Mit zunehmender Bedeutung der IT-Organisation innerhalb von Unternehmen werden in bestimmten Geschäftsbereichen die Einflüsse von Bewegungen wie DevOps wichtiger. In Kapitel 2.3.4 wurde entsprechend auf die Rolle des agilen IT-Managements und auch den Begriff *DevOps* und *agile Organisationsstrukturen* eingegangen. Bei einem hohen Automatisierungsgrad der Infrastruktur mit Anbindung an verschiedene Geschäftsprozesse entwickelt sich der Infrastrukturbereich näher zum Softwarebereich. In diesem Fall ist damit nicht nur gemeint, dass Infrastrukturkomponenten in Software virtualisiert werden, sondern dass auch Praktiken aus dem Softwarebereich adaptiert werden. Im Falle der Automatisierung ist es zum Beispiel nötig, ehemals händische Arbeitsschritte in Workflows abzubilden, welche das Zusammenspiel von verschiedenen Systemen bedingt. Dieses Zusammenspiel wird durch die *Continious Prozesse*, welche die Entwicklung bis zum Betrieb verbinden, verstärkt (vergleiche hierzu Kapitel 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps*).

Ganzheitliche Prozessbetrachtung Für eine Ende-zu-Ende Bereitstellung von Prozessen benötigt es entsprechende Ansätze, Prozesse ganzheitlich zu betrachten. Insbesondere wird die ganzheitliche Betrachtung wichtiger, um neue Technologien nicht durch alte Prozesse zu blockieren.

Strategien für die zunehmende Einführung von Automatisierung Die Interviewpartner waren sich einig, dass bei der Automatisierung mit kleinen und nicht zu komplexen Aufgaben begonnen werden soll, da sonst die Gefahr besteht, dass die Automatisierungsprojekte aufgrund der Komplexität fehlschlagen. Außerdem ist es nicht sinnvoll, alles was möglich ist zu automatisieren, weil dadurch nicht immer ein Vorteil gewonnen wird. Jedoch ist es wichtig frühzeitig mit der Automatisierung zu beschäftigen. Zum einen, weil diese ebenfalls Einfluss auf Arbeits- und Organisationsstrukturen hat. Zum anderen, um die Mitarbeiter mit den in den Prozess zu integrieren, um die verschiedenen Parameter für die Automatisierung rechtzeitig und korrekt zu erfassen. In den Anwendungsbeispielen wird dies durch eine Schrittweise zunehmende Vergrößerung der Cloud-Anlagen realisiert. ¹⁴

Erweiterte Prozesse

In den Anwendungsfällen konnten einige Prozessebereiche¹⁵ erkannt werden, welche sich mit der Einführung der Netzvirtualisierung ändern müssen:

- *Bereitstellungsprozesse*: Änderungen vor allem durch Zentralisierung und Automatisierung bei den dynamischen Ressourcen für die Servicenutzer.
- *Pflege und Planung der Services*: Bedarf an detaillierterer Planung und Definition der Services und Vorgänge, um diese in automatisierten Prozessen abbilden zu können.

¹⁴Vergleiche [Gie12] und zum Beispiel Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider

¹⁵Vergleiche für Details 5.4.6 - *Vergleich der Auswirkungen der Prozesse*, 2.2.4 - *Motivation für den Einsatz von NVO* und [Pfl16]

- *Security-Mechanismen*: Bedarf an neuen Security-Konzepten, um der Architektur der Netzvirtualisierung zu entsprechen. Dazu gehört zum Beispiel der Wandel weg von perimeterbasierenden Konzepten für die Netzsicherheit hin zu verteilten (und automatisierten) Security-Mechanismen. Durch die Zentralisierung von Prozessen müssen auch die Berechtigungen der Administratoren verstärkt explizit geregelt werden.¹⁶
- *Incident/Problem-Prozesse*: Indirekte Veränderung der Incident und Problem-Management Prozesse durch die erweiterte Virtualisierungsschicht und die gestiegene Komplexität. Hierzu müssen Strategien geschaffen werden, wie Mitarbeiter aus verschiedenen Richtungen auf die Netzverwaltungsschichten blicken können.
- *Change Management*: Erweiterung des Change-Managements in den Softwarebereich durch die die Softwarekomponenten der Netzvirtualisierung. Der Einfluss macht sich zum Beispiel in Form des Dependency Management bei Updates oder Änderungen bemerkbar.
- *Beratung und Wissensaustausch*: Verschiebung von Aufgaben zu anderen Teams oder den Servicenutzern/Kunden. Dafür benötigt es Abläufe, um die Beratung und den Wissensaustausch zu ermöglichen.

Sammlung der Auswirkungen auf Tools zur Verwaltung

Eingesetzte Tools sind ein wichtiger Bestandteil für den Umgang mit praktischen Prozessen, weil diese Einfluss auf die Möglichkeiten der Prozessgestaltung haben. Die größte Neuerung ist die Netzvirtualisierung an sich, welche über die entsprechenden Verwaltungstools administriert wird und sich zum Beispiel durch mehr grafische Möglichkeiten und templatebasierte Ansätze wie *Infrastructure as a Code* von der bisherigen Netz-Administration unterscheidet. Weiterhin haben die Anwendungsfälle folgende Aspekte aufgezeigt:

- *Klassische Netz-Tools*: Klassische Netz-Tools wie Wireshark, Pings, Traceroute etc. bleiben weiterhin wichtige Werkzeuge, um Fehler zu finden, da die grundlegende Netz-Technik auch bei der Netzvirtualisierung erhalten bleibt. Diese muss jedoch um weitere Tools ergänzt werden.
- *Tools für die Eigenschaften der Virtualisierung*: Auf Ebene der Werkzeuge wird durch die zusätzliche Virtualisierungsschicht deutlich, dass entsprechende Tools, welche die virtualisierten Geräte berücksichtigen, benötigt werden. Dazu gehören spezielle Eigenschaften dieser virtuellen Geräte, wie die Softwarebasis (z.B. beim Monitoring) der Geräte, die Möglichkeit diese als verteilte Geräte zu verwenden (z.B. verteilte Router oder Firewalls) oder die Möglichkeit virtuelle Netzgeräte schnell zu instantiiieren, migrieren und wieder freizugeben.¹⁷
- *Support Tools*: Die steigende Softwarebasis benötigt bei umfangreichen Anlagen Tools, welche die Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Komponenten und Modulen überprüft, damit bei Updates keine inkompatiblen Zustände auftreten (Dependency Management).¹⁸

¹⁶Vergleiche [And] und 2.2.5 - *Architektur und Technik von Netzvirtualisierung*

¹⁷Vergleiche[SDD15], [McG19] und Kapitel 5.4.6 - *Auswirkungen auf die Tools*

¹⁸Vergleiche Anwendungsfall 3: V-TServices

- *Integration der Netzvirtualisierung*: Es benötigt Tools, welche den Zugriff auf die Netzvirtualisierung vereinfachen. Bei den Anwendungsbeispielen geschah dies vor allem in Form von Cloud-Systemen.
- *Workflow Integration* Um die Netzvirtualisierung in die Workflows einzubinden und verschiedene Services zu verbinden, benötigt es Tools, welche die verschiedenen Prozesse digital abbildet. Dabei steigt die Rolle von Tools zur Orchestrierung und Automatisierung, wie diese zum Beispiel im Rahmen von DevOps in Kapitel 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps* vorgestellt wurden.

6.1.7 Sammlung der Auswirkungen auf die Organisationsstrukturen

In diesem Abschnitt werden die gesammelten Auswirkungen der Netzvirtualisierung auf Organisationsstrukturen dargestellt und auch ermittelte Strategien zum Umgang mit der Netzvirtualisierung mit einbezogen.

Netzvirtualisierung als Anstoß für organisatorische Konsolidierungsprojekte

Insbesondere in den Anwendungsfällen der Interviews¹⁹ hat sich gezeigt, dass die Netzvirtualisierung mitunter ein Auslöser für organisatorische und technische Konsolidierungsprojekte im Netzbereich ist. Im technischen Bereich kommt vor allem die Möglichkeit zum Tragen, dass auf Softwarebasis, unabhängig von verschiedenen Hardwareherstellern, Schnittstellen zur Netzverwaltung geschaffen werden können und eine Ende-zu-Ende Verwaltung möglich ist (primäre Auswirkung). Ohne Techniken wie die der Netzvirtualisierung sind solche Projekte theoretisch auch möglich, jedoch sind diese komplex umsetzen, insbesondere bei Bestandsinfrastruktur.²⁰ Neben dem technischen Aspekt ist jedoch auch sichtbar, dass durch die Einführung von Netzvirtualisierung größere organisatorische bzw. politische Änderungen im Fachbereich Netze möglich sind (sekundäre Auswirkung). Konsolidierungsprojekte scheitern nicht selten an unternehmenspolitischen Hürden, zum Beispiel, wenn die Infrastruktur auf verschiedene Abteilungen und Teams aufgeteilt ist. Diese historische Aufteilung auf spezialisierte Teams ist in vielen Fällen sinnvoll gewesen, gerade wenn die Fachbereiche sehr spezialisiert sind (z.B. Netz oder Security) und/oder spezifische Systeme eingesetzt werden. Jedoch zeigt dies mittlerweile auch deutliche Nachteile. Der Bereitstellungsprozess von Infrastruktur wurde hierfür als Beispiel schon mehrmals genannt. Für die Optimierung dieser Prozesse ist es hilfreich Aufgaben zu bündeln, um weniger Abteilungs-/Team-Sprünge zu benötigen. Jedoch lassen sich nicht einfach Aufgaben, zum Beispiel aus dem Netzbereich, auf andere Teams wie die Virtualisierungsteams übertragen. Dies liegt an vielfältig bereits angesprochenen Gründen, wie der speziellen Konfiguration der Netzhardware oder fehlender feingranularer Rechtaufteilung. Durch die Netzvirtualisierung lassen sich diese Problemstellungen lösen, indem ein Teil der Netzaufgaben (in Software) unabhängig der physischen Hardware verwaltet werden kann. Dies ist politisch in der Praxis ebenfalls leichter umzusetzen, da nicht die „Verwaltungshoheit“ einer Abteilung/Teams über ein bestimmten Bereich komplett angegriffen wird.²¹

¹⁹Vergleiche Kapitel 5 - *Auswertung und Vergleich der Anwendungsfälle*

²⁰Vergleiche insbesondere Anwendungsfall *Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) und Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider*

²¹Vergleiche dazu Kapitel 2.2.5 - *Architektur und Technik von Netzvirtualisierung* sowie 5 - *Auswertung und Vergleich der Anwendungsfälle*

IT-Konsolidierungsprojekte sind nicht nur mit technischen Hürden verbunden, sondern auch mit menschlichen Komponenten. Bei größeren Veränderungen, vor allem an Aufgabebereichen und an der Unternehmenskultur, spielt diese jedoch vermehrt mit eine Rolle. Gerade Stichworte wie ausgeweitete Automatisierung sind mit Vorurteilen und Ängsten, wie möglichem Stellenabbau verbunden.²²

Ganzheitliche Konsolidierungsprojekte Trotz der Anstoßmöglichkeiten von umfassenderen Konsolidierungsprojekten im Netzbereich bleibt es weiterhin ein Wunschdenken, dass man komplett auf Altsysteme verzichten kann. Dies ist nur in Ausnahmefällen möglich.²³ Die Umsiedlung von bestehender Infrastruktur in neue Anlagen ist häufig aufgrund vieler Abhängigkeiten kompliziert oder aufgrund von Policies oder wegen früheren Softwarearchitekturen überhaupt nicht möglich.²⁴ In den meisten Fällen müssen weiterhin Legacy-Schnittstellen gepflegt und ältere Architekturen betrieben werden.

Bedeutung der Kunden und Servicenutzern

Der Kunde nimmt in serviceorientierten Strukturen bereits eine große Rolle ein. Mit wachsender Bedeutung der IT-Organisation wird die Verbindung auch im IT-Betrieb weiterhin ausgebaut. Auf der einen Seite ist der Kunde dabei selbst die Antriebsfeder für Entwicklungen im Bereich der IT-Infrastruktur. Zum Beispiel in Form von Entwicklerteams, welche durch den Ausbau von agilen Methoden neue Anforderungen an den IT-Betrieb stellen. Gleichzeitig zeigt sich, dass die Kunden sich ebenfalls anpassen müssen, da mit vermehrter Automatisierung auch mehr in festen Use-Cases gedacht werden muss. In Teilen werden die internen Teams des IT-Betriebs selbst zum Kunden, da Services von anderen Abteilungen/Teams bezogen werden können. Wie in *Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)* beschrieben wurde, ist die Netzvirtualisierung im übertragenen Sinn ein attraktiver Service der Netzabteilungen für die anderen Abteilungen, da benötigte Netzressourcen selbst angefordert und verwaltet werden können, ohne dass Änderungen einzeln mithilfe eines Ticketsystems oder ähnlichem angefragt werden müssen. In diesem Sinne ist es sinnvoll, den Begriff des Kunden mittlerweile viel weitläufiger zu sehen. Entsprechend macht es mehr Sinn von *Servicenutzer* zu sprechen, anstatt von Kunden. In diesem Kontext wurde im *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider* darauf hingewiesen, dass in vielen (internen) IT-Organisationen genau dieser Wettbewerbsdruck fehlt, welcher ein externer Kundenkreis mit sich bringt. Ein Wettbewerb motiviert/zwingt dazu Produkte attraktiv zu gestalten und ihre Vorteile aktiv anzubieten. Entsprechend ist es sinnvoll auch um den internen „Kundenkreis“ zu werben.

Die aktive Rolle des Kunden/Servicenutzers steigt insbesondere, wenn die virtuelle Netzebene in Form eines Self-Service-Portals oder per API allgemein zur Verfügung gestellt wird. Dies ist einer der angesprochenen gesteigerten Flexibilität, welche die Netzvirtualisierung mit sich bringt: Einfacher und flexibler Zugriff auf Netzressourcen, welche im Rahmen der vordefinierten Möglichkeiten gebaut und verwaltet werden können. Gleichzeitig bedeutet die Möglichkeit mehr selbst managen zu können, aber auch mehr selbst machen und mehr wissen zu müssen.

²²Vergleiche *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider*

²³Vergleiche zum Beispiel Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify

²⁴Vergleiche *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider* und *Anwendungsfall 3: V-TServices*

Unterstützung der Servicenutzer Gerade die Selbstverwaltung durch den Servicenutzer ist in dieser Form in klassischen, rein physisch gestützten Netzen nicht möglich. Werden hier Ressourcen angefordert, werden die Netze immer noch von den Spezialisten der Netzteams eingerichtet und auch Firewall-Freischaltungen entsprechend gesetzt. In diesem früheren System hat der Kunde nicht selbst die Möglichkeit „Unfug“ zu treiben.

Die erweiterten Möglichkeiten können in Anlagen mit Netzvirtualisierung zu neuen Herausforderungen führen, wenn nicht entsprechende Vorkehrungen getroffen werden, damit a) durch zu viel Freiheiten kein Chaos entsteht und b) keine Sicherheitslücken geöffnet werden.

Hierfür wurden mehrere Lösungsstrategien aufgezeigt, um einen stabilen und sicheren IT-Betrieb weiterhin zu realisieren:

- *Beratungsangebot ausbauen:* Der IT-Betrieb muss seine Beratungsfunktion ausbauen, um Servicenutzer zu unterstützen, welche nicht selbst das komplette Fachwissen besitzen. Dieses Angebot kann auch andere Schulungsangebote beinhalten
- *Verwaltungsübernahme anbieten:* Trotz der Möglichkeit, dass die Servicenutzer Infrastruktur über Self-Service-Portale beziehen, macht es weiterhin Sinn das Angebot zu schaffen die Verwaltung durch die Spezialisten der Fachteams abzuwickeln. Insbesondere wenn die Servicenutzer nicht das nötige Fachwissen besitzen, um die Infrastruktur selbst einzurichten.
- *Stabile Umgebung schaffen:* Über ein gut vordefiniertes Serviceportfolio und Nutzung von aktuellen Technologien²⁵, zum Beispiel durch Nutzung automatisierter Sicherheitsfeatures, können auch unerfahrenere Servicenutzer unterstützt werden bzw. Fehlerkonfigurationen im allgemeinen vermieden werden.

Anpassung der Servicenutzer Zusätzlich ist nötig, dass sich der Kunde an die neuen Modelle anpasst, damit die Vorteile der Netzvirtualisierung voll ausgeschöpft werden können. Wie in den Anwendungsbeispielen *Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)* und *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider* gezeigt wird, können durch die verstärkte Automatisierung nicht mehr für jeden Kunden individuelle Wünsche berücksichtigt werden. Die Kunden bzw. Servicenutzer müssen die Angebote nutzen, welche im Serviceportfolio angeboten werden. Dies kann auch bedeuten, dass Anwendungen angepasst werden müssen, damit diese zur Architektur der Infrastruktur passen.

Verwaltung der Infrastruktur mit Netzvirtualisierung

Durch die Analyse ist deutlich geworden, dass in der Praxis das Einfügen der virtuellen Netzschicht nicht nur eine neue Ebene bedeutet, sondern mindestens zwei Ebenen: Die Ebene der Virtualisierungsplattform und die Ebene der virtuellen (selbstverwalteten) Netze. Zusammen mit der physischen Basis ergibt dies entsprechend drei Ebenen, welche bei der Verwaltung berücksichtigt werden müssen:

- *Verwaltungsbereich 1 (V.1):* physische Infrastruktur
- *Verwaltungsbereich 2 (V.2):* Ressourcen zur Erstellung der Netzvirtualisierung (virtuelle Managementkomponenten und Schnittstellen)

²⁵Vergleiche zum Beispiel *Anwendungsfall 3: V-TServices* oder ausgeweitete Konzepte, wie dem Zero-Trust-Modell[Aka]

- *Verwaltungsbereich 3 (V.3):* virtualisierte Nutzer-Netze, welche aufgebaut werden.²⁶

Jede Ebene beinhaltet aus technischer Sicht die verschiedenen Aufgabenbereiche der Planung und Integration, Betrieb und Verwaltung sowie die Störungsbehebung, welche durch entsprechende fachliche Mitarbeiter belegt werden müssen. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 6.2 dargestellt.

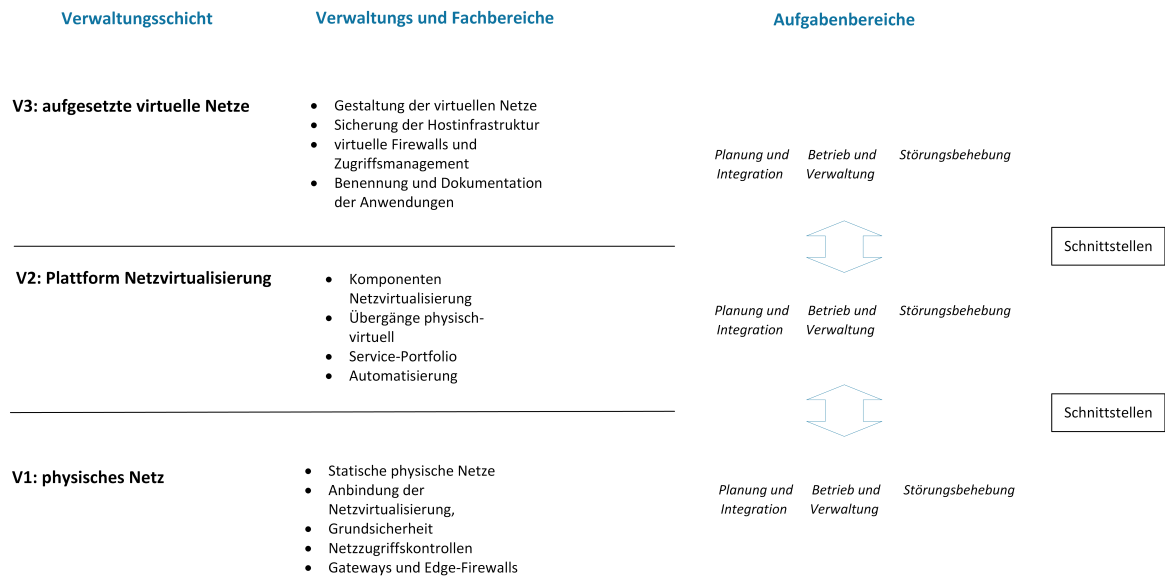


Abbildung 6.2: Darstellung der verschiedenen praktischen Verwaltungsebenen [eigene Grafik]

Die Untersuchung hat gezeigt, dass sich die Netzvirtualisierung je nach Ausrichtung der Organisation in gesamt oder Einzelbereichen verändern muss. Dies hat verschiedene Gründe und Auswirkungen.

Schwierigkeiten bei der Verwaltung der Netzinfrastruktur Der Bereich der Netzadministration hat historisch bedingt einige Besonderheiten. Viele Abläufe speziell im Bereich der physischen Hardware (V.1) laufen über separate Konfiguration der einzelnen Geräte ab (Box-by-Box-Konfiguration). Dies benötigt meist herstellerspezifisches Wissen zur Konsolen Konfiguration. Zentrale und herstellerübergreifende Verwaltungstools mit grafischen Oberflächen sind nicht als Standard verbreitet. Entsprechend fehlen die einheitlichen APIs zur Ansteuerung.²⁷ Netzvirtualisierungslösungen (V.2) unterscheiden sich hier indem die administrativen Aufgaben zum Großteil auch grafisch gelöst werden können. Bei einer weiteren Abstraktion in Form von Self-Service-Portalen (V.3) wird die Verwaltung der Netzressourcen nochmals vereinfacht, da die unterliegenden Schichten die komplexeren Vorgänge übernehmen. Jedoch müssen die technischen Hintergründe in allen Fällen trotzdem klar sein, um solche Tools bedienen zu können. Entsprechend stellt sich die Frage, ob Mitarbeiter aus den verschiedenen Bereichen, wie Virtualisierung oder Netz mit diesen Tools gleichermaßen

²⁶Nutzer sind in diesem Kontext die Teams aus dem IT-Bereich selbst oder Kunden der Institutionen

²⁷Vergleiche [MS18] und Kapitel 2.2.2 - *Software Defined Network*

umgehen können oder spezielle Fachkräfte benötigt werden.²⁸

Bedeutung des Fachwissens Im Bereich der Rechenzentren zeigt sich insgesamt eine Bewegung, dass sich die Mitarbeiter fachlich immer mehr in Richtung *allgemeiner Data-Center Fachkräfte* entwickeln müssen, welche z.B. in einem Cloud-Team zusammenarbeiten. Dabei bleibt aber die Frage, wer dann das nötige Know-How für die Verwaltung des physischen Netzes bereitstellt. Dieses ist bei der Netzvirtualisierung als Overlay nach wie vor physisch vorhanden und benötigt je nach eingesetzter Technik entsprechende Spezialisten, welche die Konfiguration, wie oben beschrieben (klassisch) übernehmen. Jedoch zeigt sich in den Anwendungsfällen und in der Betrachtung der Netzvirtualisierung, dass sich das physische Netz tendenziell statisch verhält. Entsprechend trennt sich das Spezialwissen mehr in Richtung physische Netzhardware und eine Netzadministration, welche virtuell die dynamischen Aspekte abdeckt. Jedoch ist die Komplexität beim Aufbau und der Fehlerfindung durch die zusätzliche virtuelle Netzschicht hierbei erhöht.²⁹ Dies benötigt jedoch unabhängig von der genauen Aufteilung einen kontinuierlichen Informationsaustausch. Im IT-Bereich treten häufig Schwierigkeiten beim Kommunikationsverhalten zwischen den einzelnen IT-Abteilungen und/oder den Fachabteilungen auf, da jeder Bereich und Abteilung eigene Absichten und Interessen vertritt. In diesem Kontext wurde bereits von *Organisationssilos* oder *Silodenken* gesprochen. Diese historisch gewachsenen Schwierigkeiten verschwinden nicht einfach bei der Einführung von neuen Technologien. Im ungünstigen Fall kommt es wieder zur bereits genannten Problemstellung, dass zwar die neue Technologie flexibel nutzbar ist, jedoch die alten IT-Strukturen bestehen bleiben und so der Vorteil der Neuerungen ausbleibt.³⁰

Verschiebung und Erweiterung des Fachwissens In den Anwendungsfällen hat sich gezeigt, dass vor allem das Fachwissen in den Virtualisierungsteams wachsen muss, da der Netzanteil im Virtualisierungsbereich wächst. Gleichzeitig wird der Netzbereich auch für Mitarbeiter erschlossen, welche bisher nicht mit dem meist sehr spezifischen Netzmanagement von physischer Netzinfrastruktur vertraut sind. Dies bringt Potenzial mit, um neue Ansätze zu etablieren, welche vielleicht in früheren Szenarien auch unternehmenspolitisch nicht denkbar gewesen wäre. Dies schließt auch Verwaltungsmöglichkeiten von (virtuellen) Netzen direkt durch den Kunden ein. Gleichzeitig steigt jedoch die Gefahr von Fehlern aufgrund mangelnder Erfahrung der Mitarbeiter. Je nach Modell der geteilten Verantwortung muss hier entsprechend reagiert werden und Angebote zur Fortbildung gegeben werden. Zusätzlich benötigt es mehr Fachwissen im Bereich der Entwicklung. Zum einen, um die zunehmende Automatisierung in Workflows abzubilden. Zum anderen, um die Abläufe in der Entwicklung zu verstehen und bei Ansätzen wie DevOps übergreifende Gesamtprozesse realisieren zu können.³¹

Die Fragestellung bei der Aufgabenaufteilung sollte weniger dem Ansatz folgen „*Welche Abteilung/Team übernimmt welche Aufgabe?*“, sondern mehr in der Richtung. „*Wie gelingt eine Verwaltung ohne neue Prozessblockaden zu bilden und gleichzeitig das nötige Wissen in den Teams bereitzustellen. Macht es Sinn Aufgaben nur zu verschieben oder die Aufgaben an*

²⁸Vergleiche Kapitel 2.2.7 - *Bedeutung der NVO Architektur für die Verwaltung* und 2.1.2 - *Schritt 4: Auswertung*

²⁹Vergleiche [Hub13], [Hf12], *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider*, Kapitel 2.2.5 - *Architektur und Technik von Netzvirtualisierung*

³⁰Vergleiche Kapitel 3.1 und [Sch16b]

³¹Vergleiche zum Beispiel *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider* und *Anwendungsfall 3: V-TServices*

sich zu überdenken?“ Hierbei liegt einer der Schlüssel bei der Umsetzung in einer ganzheitlichen Betrachtung der Prozesse.

Dabei sollte nicht vergessen werden, dass die meisten Entwicklungen bereits in einer kleineren Form präsent sind und an diese angeknüpft werden kann. So ist bisher auch im Netzbereich Serververständnis zum Betrieb von Diensten nötig und im Virtualisierungsbereich sind grundlegende Erfahrungen mit Netztechnologien vorhanden. Vor allem die Spezialbereiche müssen explizit erschlossen werden.

Bedeutung neuer fachlicher Rollen In den Anwendungsfällen hat sich gezeigt, dass die Einführung der Netzvirtualisierung und die Einführung von Cloud-Systemen je nach Verwaltungsmodell neue Rollen mit sich bringt. Jedoch beschränken sich bei den betrachteten Anwendungsfällen die neuen Rollen auf ein paar wenige. Große Neueinführungen oder abstraktere Rollen zum Beispiel im Servicekontext, wie in Whitepapern von VMware [Lee17] vorgeschlagen, waren (noch) nicht sichtbar. Vielmehr werden die bestehenden Rollen inhaltlich anders ausgelegt. Zielführend wirkt jedoch die gezielte Einführung von Rollen, welche die Spezialitäten der neuen Technologie berücksichtigen. Hierzu gehören zum Beispiel die Rolle des *SDN Architekten* oder des *Cloud Architekten*, wie im *Anwendungsfall 3: V-TServices* vorgestellt. Außerdem spielen auch Entwickler direkt im IT-Betrieb eine Rolle. In der verwandten Arbeit [Pfl16] wurde dies speziell für SDN auf Basis von „Flows“ festgestellt. Dies gilt jedoch auch für die Netzvirtualisierung auf Basis von Network Virtual Overlay (NVO). Hierbei jedoch vor allem für die Automatisierung und um Konzepte wie DevOps zu ermöglichen.³² Neben den fachlichen Rollen können vermehrt auch Rollen zur Förderung der Organisationskultur hinzukommen. Diese, von technischen Fachthemen entkoppelten Rollen helfen als Berater und Vermittler die Arbeitskultur zu verbessern. Im Entwicklungsbereich ist dies zum Beispiel bei der Scrum-Methode in Form des Scrum Masters schon etabliert. Durch Verbreitung von agilen Methoden kann dies in Form von agilen Coaches oder ähnlichen Rollen auch im IT-Betrieb Einzug finden.³³

Verwaltungsoptionen der Netzinfrastruktur Wird die Verwaltung der Netzvirtualisierung auf die zwei typischen Abteilungsbereiche Netz (Netz Rechenzentrum, Anbindung Standorte, Sicherheit etc.) und Virtualisierung (Hypervisor Teams, Betriebssysteme etc.) runtergebrochen, sind verschiedene Möglichkeiten aus den Beobachtungen im Rahmen dieser Arbeit denkbar. Im Folgenden werden verschiedene Möglichkeiten im Bezug auf Abbildung 6.2 der verschiedenen Ebenen dargestellt. Dabei lässt sich feststellen, dass die Aufteilung auf den oberen Ebenen vor allem vom Konzept der Servicebereitstellung abhängt. Je nach Umsetzung wird ein Teil der Netzaufgaben vom Netzteam weiter in Richtung Automatisierung, Virtualisierungsteams oder Servicenutzer verschoben. Je mehr Selbstverwaltung durch den Kunden möglich ist, desto mehr Verantwortung wird diesem übertragen. In den unteren Schichten gibt es je nach Aufstellung der Verwaltung verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten:

M.1 *Das physische und virtuelle Netz wird als ein Bereich betrachtet (V.1-3):*

a) *Die Netzvirtualisierung wird von der Netzabteilung übernommen. (V.1-3)*³⁴

³²Vergleiche *Anwendungsfall a): Umsetzungsbeispiel DevOps: T-Systems MMS* und Kapitel 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps*

³³Vergleiche *Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify* und *Anwendungsfall a): Umsetzungsbeispiel DevOps: T-Systems MMS*

³⁴Zum Beispiel vorgeschlagen oder gefordert in [MS18, Hf12]

Vorteil: Bewährte Strukturen ohne große Anpassungen.

Problemstellung: Virtualisierungsplattformen und die Möglichkeiten weichen in vielen Fällen von den klassischen physischen Netzen ab. Das Potenzial bei einer Konsolidierung wird dadurch möglicherweise nicht ganz ausgeschöpft. Die Schnittstellen in die restlichen Bereiche, wie zur Host-Virtualisierung, ist wieder ein Abteilungssprung wie bei früheren Verwaltungsstrukturen. Entsprechend müssten frühere Problemstellungen bei Bedarf über einen anderen Weg gelöst werden. Liegt die Hoheit des Overlay-Netzes rein im Netzbereich, können die Bereitstellungsprozesse der Virtualisierung jedoch ggf. nicht automatisiert arbeiten, da es zu Rechtekonflikten kommt. Im praktischen Anwendungsfall kommt noch hinzu, dass weitere Fachbereiche, wie zum Beispiel Security, in das Zusammenspiel eingebunden werden müssen.

Einsatzbereich: Als Einsatzbereich sind vor allem Anwendungsbereiche denkbar, bei dem die Netzvirtualisierung als Sicherheitstool eingesetzt wird.³⁵

Strategien: Wurde in dieser Arbeit nicht genauer betrachtet.

- b) *Interdisziplinäre/crossfunktionale Teams werden neu erstellt oder als virtuelles Team mit Mitgliedern beider Abteilungen gegründet (V.1-3).*³⁶ Sonderform der interdisziplinären Teams: spezielle Teams aus *Allround-Mitarbeitern* verwaltet die physische und virtuelle Infrastruktur der Netzvirtualisierung (V.1-3).³⁷ Die Eingliederung in die restliche IT-Organisation kann in einer Matrixorganisation, klassischen oder anderen Organisationsform geschehen.

Vorteil: Die Kombination von verschiedenen Fachkräften löst mehrere zentrale Problemstellungen: a) Vermeidung von Abteilungs-/Teamsprüngen bei verschiedenen fachlichen Aufgaben. b) Zusammenführen des Fachwissens aus verschiedenen Schwerpunkten.

Problemstellung: Das bloße Zusammenstellen von verschiedenen Spezialisten in ein Team reicht nicht aus, um die Vorteile dieser Organisationsform voll auszuschöpfen. Hierbei bleibt trotzdem die Schwierigkeit, die Prozesse und Zuständigkeiten intern zu bestimmen und eine entsprechende Kultur zu etablieren. Zwar wird diese Organisationsform auch in den Anwendungsfällen oft genannt, jedoch sind diese aufgrund der nötigen Änderung an der Firmenkultur in den Anwendungsfällen noch nicht weit verbreitet in den Anwendungsfällen.

Einsatzbereich: Strukturen mit großer Bedeutung der Selbstverwaltung mit vielen fachlichen Überschneidungen und Schnittstellen.

Strategien: Details und Umsetzungsmöglichkeiten wurden unter anderem in den Kapiteln 2.3.2 - *Matrixorganisation*, 2.3.3 - *Crossfunktionale Teams* und 2.3.1 - *RACI-Matrix* bereits beschrieben.

M.2 *Das physische und virtuelle Netz wird getrennt betrachtet.*³⁸

³⁵Vergleiche dazu 2.2.4 - *Motivation für den Einsatz von NVO* und weitere Anwendungsfälle, wie zum Beispiel hier [VMw20] beschrieben

³⁶Vergleiche *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider*

³⁷Vergleiche *Anwendungsfall 1: Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)*

³⁸Vergleiche *Anwendungsfall 3: V-TServices*

Eine reine Verwaltung der Netzaufgaben durch die Teams aus dem Virtualisierungsbe-
reich fällt aus Gründen des fehlenden Spezialwissens im Netzbereich raus bzw. ist ggf.
im Fall M.1 b) mit enthalten.

- a) *Die Netzabteilung übernimmt den physischen Netzbereich und Teile der Netzvirtualisierung (V.1-2, z.B. Planung, Debugging). Die Abteilung für Virtualisierung übernimmt einen Anteil (V.2-3, z.B. Betrieb, Debugging).*

Vorteil: Direkte Aufteilung der fachlichen Teilaufgaben auf die Teams mit dem meisten Fachwissen und die Möglichkeit zur Prozessgestaltung ohne große Abteilungs-sprünge.

Problemstellung: Die Aufgabenaufteilung und Rechteverteilung muss detailliert aktiv geregelt werden.

Einsatzbereich: Strukturen mit großer Bedeutung der Selbstverwaltung mit vielen fachlichen Überschneidungen und Schnittstellen.

Strategien: Starke Schnittstellen werden durch Schnittstellenrollen oder ganzheitliche Strategien geschaffen. Vergleiche dazu zum Beispiel Strategien aus dem Bereich 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps* oder 5.3 - *Anwendungsfall 3: V-TServices*, welche genau diese Fragestellungen adressieren.

- b) *Die Netzabteilung übernimmt den physischen Netzbereich (V.1) und die Abteilung für Virtualisierung übernimmt die Netzvirtualisierung als Teil der Virtualisierungsplattform (V.2-3).*

Vorteil: Separierung der Bereiche schafft eine Klare Aufteilung der Aufgabenbereiche und in der Praxis werden die größten Prozesssprünge durch Bündelung der Verwaltung im Bereich der Virtualisierungsteams vermieden.

Problemstellung: Die Bildung von Abteilungssilos auch auf Prozess-Ebene muss wieder aktiv verhindert werden, z.B. aktives Log-Sharing, Team Verbindungen schaffen (Vergleiche dazu Kapitel 2.4.6 - *Strategien zur Einführung* und 2.4.6 - *Strategie zur Adaption des Spotify Modells*. Dabei stellt sich insbesondere die Frage, wie im Fehlerfall die Ursprünge der Störungen untersucht werden können. Gerade bei den Schnittstellen zwischen physischen und virtuellen Systemen kann es nötig sein, sich von beiden Seiten dem Problem anzunähern. Je nach Aufteilung der Rechte ist dies aber nicht einfach möglich. Wird angenommen, dass das virtuelle Netz nicht mehr zum eigentlichen Netzteam gehört, dann können die Netzadministratoren des physischen Netzes schon den normalen Netzverkehr nicht mehr überwachen, da sich dieser im Overlay abspielt. Erstreckt sich das virtuelle Overlay-Netz sogar über mehrere Standorte, müssen die Organisationsstrukturen und Prozesse dies ebenfalls mit berücksichtigen.³⁹

Einsatzbereich: Strukturen mit großer Bedeutung der Selbstverwaltung und vielen fachlichen Überschneidungen und Schnittstellen.

Strategien: Angelehnt an M.1 a) müssen ebenfalls starke Schnittstellen geschaffen werden, jedoch muss der Fokus stärker auf eine Beseitigung von organisatorischen und prozesstechnische Blockierungen liegen. Vergleiche dazu zum Beispiel Strategien aus dem Bereich 2.4.5 - *Agile Strukturen im IT-Betrieb - DevOps* oder [Pla17].

³⁹Vergleiche dazu zum Beispiel 5.2 - *Anwendungsfall 2: Telekommunikationsprovider* oder [MS18]

M.3 *Auslagerung der administrativen Low-Level Verwaltung: Auslagerung zum Beispiel zu externen Cloud-Anbietern (V.1-2). Nutzung der High-Level Netzinfrastruktur. Netz- und Virtualisierungsteams kümmern sich um die Schnittstellen (V.2-3).*⁴⁰

Vorteil: Outsourcing der komplexen Themen und Möglichkeiten zur Konzentration auf das Kerngeschäft.

Problemstellung: Strukturen, Prozesse und Schnittstellen müssen den Konzepten der Infrastruktur z.B. der Cloud-Systeme entsprechen.

Einsatzbereich: Auslagerung von einzelnen Services oder ganzen Infrastrukturbereichen, wenn das Geschäftsmodell sich dafür anbietet. Die Cloud kann auf der einen Seite die Rolle der agilen Infrastruktur einnehmen und auf der anderen Seite eine Möglichkeit darstellen einfache Services zu realisieren.

Strategien: Ganzheitliche Ansätze im Bereich der Cloud-Strategien nötig. Vergleiche dazu zum Beispiel Kapitel 2.4.6 - *Anwendungsfall a): Umsetzungsbeispiel DevOps: T-Systems MMS*, 2.4.6 - *Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify und [Lee17]*.

Modell der geteilten Verantwortung Je nach Verwaltungsvariante verändern sich die Verantwortlichkeiten: Hierbei kommt auch das *Modell der geteilten Verantwortung* von Public Cloud Providern wieder ins Spiel (Vergleiche Abbildung 2.21 - in Kapitel 2.2.8), welche ebenfalls für private Clouds und der damit verbundenen Netzressourcen gilt. Ebenfalls lässt sich dieses Schema auf Systeme übertragen, welche nur Netzressourcen in Form von APIs oder Self-Service Portalen anbieten, quasi ein reines *Netz-as-a-Service*. In der Darstellung gängiger Cloud-Servicemodelle, wie in Abbildung 6.3 dargestellt, versteckt sich bei Aufbau einer private Cloud oder einer eigenen Netzvirtualisierung die eigentliche Unterteilung der verschiedenen Netzebenen (V.1-3). Deutlicher wird dies erst bei Aufschlüsselung des *Modells der geteilten Verantwortung* in eine fein-granularere Darstellungen, wie in Abbildung 6.4. In der Abbildung werden die vorher aufgestellten Verwaltungsmöglichkeiten (M.1-3) auf die drei Verwaltungsebenen (V.1-3) und Rollenbereiche für das IaaS-Bereitstellungsmodell aufgeschlüsselt. Die anderen Bereitstellungsmodelle wie PaaS und SaaS lassen sich daraus ableiten. Die Grafik zeigt deutlich, dass sich im Vorfeld von Netzvirtualisierungsprojekten gezielt mit der Aufteilung der Verantwortlichkeiten und des Fachwissens beschäftigt werden muss.

Anbindung zwischen den fachlichen Bereichen Neben den vertikalen Schnittstellen zwischen den Verwaltungsschichten ist jedoch auch noch die Betrachtung der horizontalen Schnittstellen. Zum Beispiel kommen diese Schnittstellen im Rahmen des Bereitstellungsprozesses, welcher neben der Netzanbindung auch von den ganzheitlichen Schnittstellen zur Virtualisierung und weiteren Bereichen abhängt⁴¹, zum Tragen.

Hierbei zeigen sich bei den Möglichkeiten *M.1 a) (komplette Netzverwaltung im Netzbereich)*, *M.2 b) (klare Aufteilung von physischem Netz und Virtualisierungsplattform)* wieder die gleichen Schwierigkeiten wie bei bisherigen Ansätzen, bei denen Netzbereiche einzelnen Fachbereichen klar zugeordnet sind. Die Möglichkeiten *M.1 b) (crossfunktionaler Ansatz)* und *M.2 a) (geteilter Ansatz)*, haben hingegen die beste direkte fachliche Verzahnung. Die

⁴⁰Vergleiche *Anwendungsfall b): Umsetzung agiler Strukturen - Spotify*

⁴¹Vergleich zum Beispiel 2.2.4 - *Motivation für den Einsatz von NVO*

Responsibility	On-Prem	IaaS	PaaS	SaaS
Data classification & accountability	Cloud Customer	Cloud Customer	Cloud Customer	Cloud Customer
Client & end-point protection	Cloud Customer	Cloud Customer	Cloud Customer	Cloud Customer / Cloud Provider
Identity & access management	Cloud Customer	Cloud Customer	Cloud Customer / Cloud Provider	Cloud Customer / Cloud Provider
Application level controls	Cloud Customer	Cloud Customer	Cloud Customer / Cloud Provider	Cloud Provider
Network controls	Cloud Customer	Cloud Customer / Cloud Provider	Cloud Provider	Cloud Provider
Host infrastructure	Cloud Customer	Cloud Customer / Cloud Provider	Cloud Provider	Cloud Provider
Physical security	Cloud Customer	Cloud Provider	Cloud Provider	Cloud Provider

Legend: Cloud Customer (Blue), Cloud Provider (Grey)

Abbildung 6.3: Geteilte Verantwortungen bei verschiedenen Cloud-Service Modellen[ST, Abbildung 1]

reduzierte Darstellung rein auf die Fachbereiche Netz- und Virtualisierung lässt sich bei Bedarf auf weitere Bereiche wie Security, Betriebssysteme etc. ausweiten.

Auswirkungen der Netzvirtualisierung im Kontext der IT-Organisation Es lässt sich nicht pauschal festlegen, welche Verwaltungsmöglichkeit für welche Unternehmensform funktioniert. Jedoch hat sich in der Analyse dieser Arbeit herauskristallisiert, dass die Rolle der IT-Organisation entscheidend ist, welches Verwaltungsszenario eher in Frage kommt. Vergleiche dazu Abbildung 6.5. Die Einschätzung basiert auf der Beobachtung, dass die fachlichen und technischen Anforderungen an den IT-Betrieb im Bereich von Typ 2 und 3 am größten sind und hier die meisten Herausforderungen zu meistern sind. Bei Typ 1 und Typ 4 kann die Infrastruktur ebenfalls eine große Rolle spielen, jedoch ist die Ausrichtung weniger auf die Infrastruktur fokussiert. Diese These müsste jedoch mit weiteren Anwendungsfällen genauer überprüft werden, um eine eindeutige Evaluation zu ermöglichen. Vergleiche dazu Kapitel 7 - *Zusammenfassung und Ausblick*.

6.2 Bewertung der Methodik zur Lösung der Forschungsfrage

Der Themenbereich der Arbeit konnte mit der angewendeten Methodik der qualitativen Analyse auf Basis von Experteninterviews umfangreich erschlossen werden. Viele Einflussfak-

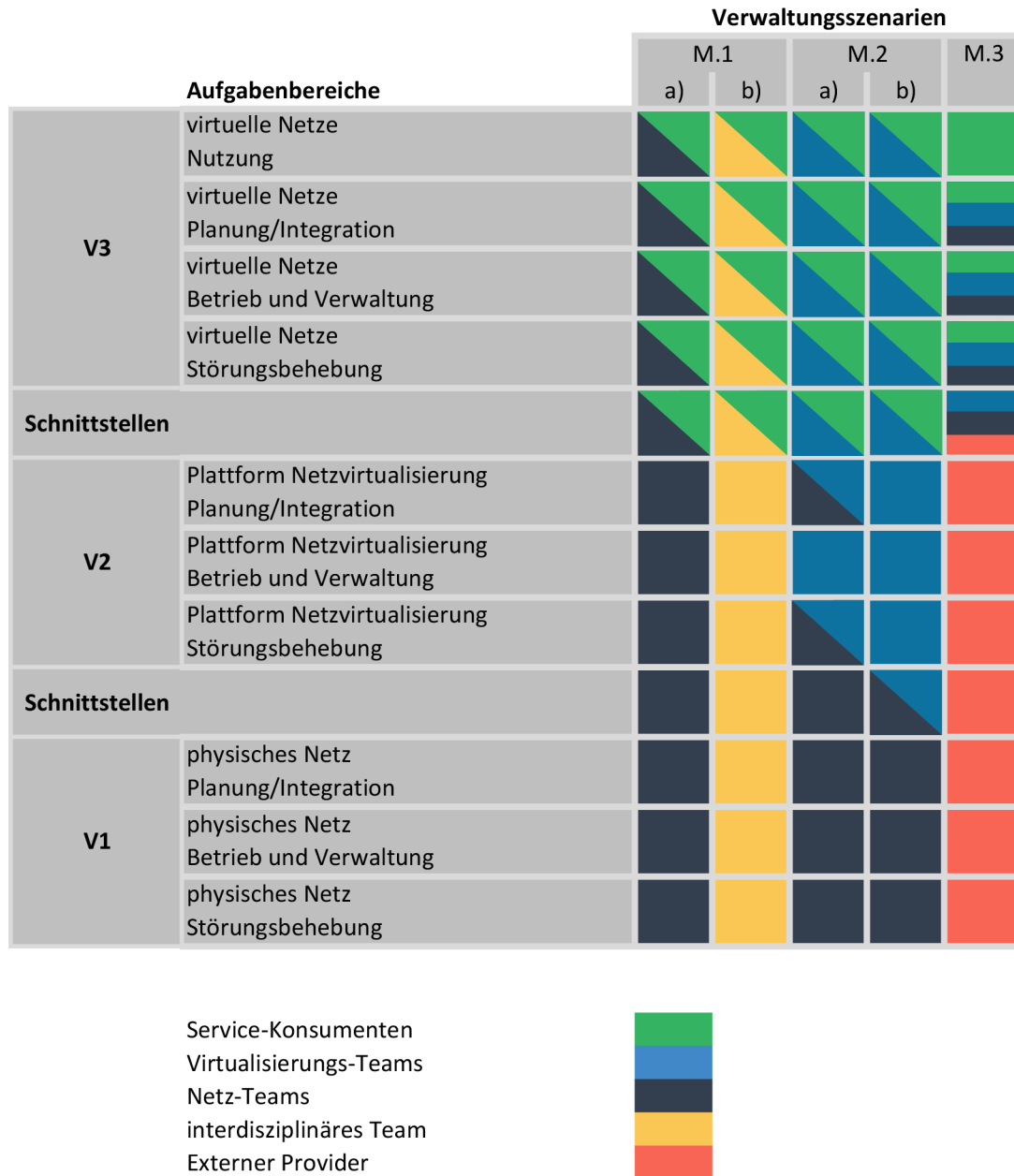


Abbildung 6.4: Verwaltungsszenarien und Verantwortlichkeiten bei Einführung der Netzvirtualisierung als IaaS-Modell [eigene Grafik]

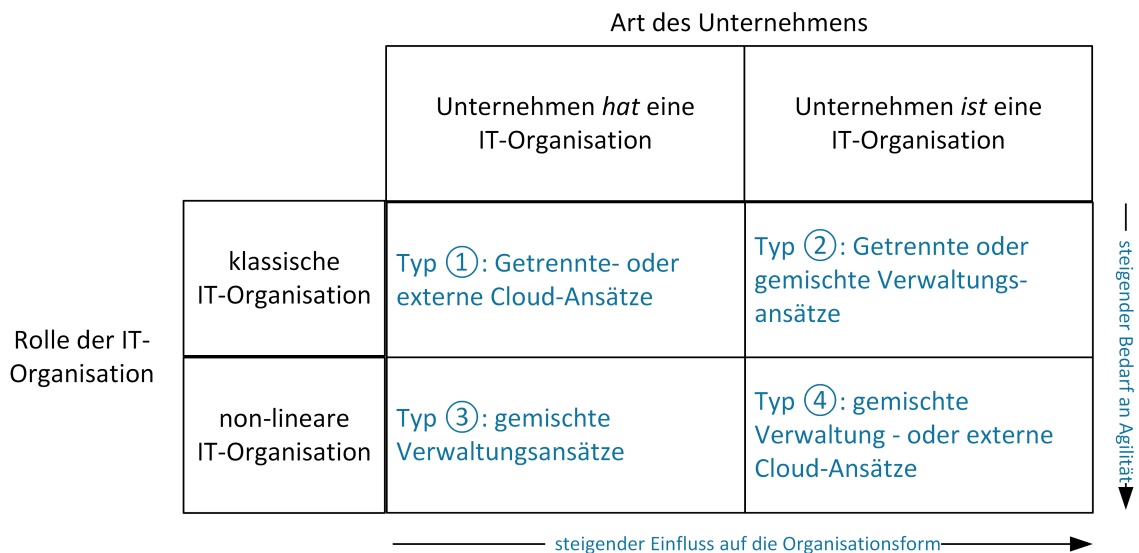


Abbildung 6.5: Verwaltungsschwerpunkte der Netz-Infrastruktur bei verschiedenen Formen der IT-Organisationen [eigene Grafik]

toren auf den IT-Betrieb und die Auswirkungen der Netzvirtualisierung konnten aufgezeigt werden. Der Themenbereich zwischen dem IT-Betrieb, IT-Management und der eingesetzten Technologie bleibt jedoch weiterhin ein schwer einzuordnendes Feld. Insbesondere im Bereich der Literatur musste viel auf Artikel, Vorträge und alternatives Datenmaterial ausgewichen werden, da die bestehende Literatur wenig auf praktische Umsetzungen eingeht.

Die Forschungsfrage konnte nicht im vollen Umfang beantwortet werden. Insbesondere die Auswirkungen auf die Prozesse und damit verbundene neue Strategien konnten nicht durch die angewendete Methodik und dem Analysezeitraum tiefer betrachtet werden. Dies lässt sich auf folgende Ursachen zurückführen:

1. Früher Untersuchungszeitpunkt: Zum Zeitpunkt der Interviews befanden die Prozesse bei den Anwendungsfällen bzgl. der Netzvirtualisierung noch in der Ausbildung und waren noch nicht fertig ausgereift.⁴²
2. Die Methodik ist in der angewendeten Form (noch) nicht ideal zur detaillierten Prozessbetrachtung: Hierfür benötigt es noch Verbesserungen bei der Auswahl der Interviewpartner.⁴³
3. Je explorativer der gewählte Ansatz ausfällt, desto weniger konkret werden die Ergebnisse: Durch offenere Fragestellungen vertiefen sich die Interviews weniger in detailliertere Betrachtungen.

Plausibilität der Ergebnisse Durch die eingeschränkte Anzahl an Interviewpartnern und Anwendungsfällen kann nicht eindeutig verifiziert werden, dass die dargestellten Ergebnisse für alle ähnlichen Anwendungsfälle gelten. Jedoch zeigen diese eine Sammlung von Auswirkungen

⁴²2.1.2 - Schritt 4: Auswertung - Vergleich der Firmen und Institutionen

⁴³Vergleiche dazu auch 7 - Zusammenfassung und Ausblick

und Möglichkeiten, welche von bestehenden Ansätzen der Netzverwaltung in verschiedenen Aspekten abweichen. Die dargestellten Auswirkungen und Strategien lassen sich durch den Vergleich mit den technischen Grundlagen als nachvollziehbar einordnen. Diese Arbeit verfolgte insgesamt den Ansatz Möglichkeiten und Zusammenhänge aufzuzeigen und nicht zu beweisen, dass es *nur* diese Möglichkeiten gibt. Eine gezielte Evaluation der besten Lösungen wäre der nächste Schritt, insbesondere wenn die Technik weiter etabliert ist und die praktische Anwendung mehr Erfahrungen zu verschiedenen Verwaltungsansätzen gezeigt hat (Vergleiche dazu das nächste Kapitel *Zusammenfassung und Ausblick*).

Qualitative Analyse Die qualitative Analyse eignet sich gut als Methodik in Kombination mit Experteninterviews. Jedoch ist die Umsetzung schwierig, da wenig einheitliche Vorgehensweisen für spezifische Fragestellungen etabliert sind. Entsprechend sind viele Vorüberlegungen zum spezifischen Themenfeld erforderlich. Dies ist insbesondere schwierig im Kontext eines explorativen Ansatzes, wenn die genaue Richtung der Analyse noch nicht eindeutig feststeht. Bei der Umsetzung zeigte sich dies zum Beispiel beim Aufbau des Categoriesystems, bei dem erst bei der Auswertung deutlich wurde welche Kategorien praktisch auch funktionierten und welche nicht. Das Categoriesystem zeigte sich in diesem Fall als zu allgemein bzw. zu kompliziert gestaltet. Bei offenen Fragestellungen lassen sich Antworten schwer in ein strenges Raster einordnen. Bei sehr gezielten Fragestellungen ist eine gezieltere Kategorisierung vermutlich leichter möglich. Entsprechend empfiehlt es sich den Aufbau des Categoriesystems spezifischer auf die Art der Fragestellung abzustimmen.

Experteninterviews Die Auswahl der Interviewpartner und Anwendungsfälle eignete sich gut, um das Themenfeld zu erschließen. Jedoch zeigte sich, dass die Rollen der Interviewpartner bzw. die Anwendungsfälle bei Details zur Betrachtung der Auswirkung auf Prozesse nicht ausreichten. Dabei zeigte sich wieder eines der typischen Probleme im IT-Betrieb, dass es in der Praxis trotz Rollen mit vielen Schnittstellen schwierig ist, die komplexen Zusammenhänge ganzheitlich und umfassend zu kennen.

Zu Beginn der Interviews zeigten sich die Fragen des Leitfadens als zu offen, sodass die Interviewsituation noch zu stark thematisch abdrifteten. Entsprechend der Methodik wurde der Leitfaden überarbeitet. Offene Fragen wurden nochmal nachgereicht und Details so gezielt ergänzt, um die Anwendungsfälle möglichst gleich und umfangreich zu erschließen. So konnte iterativ aus den Interviews gelernt werden. Die Anzahl der ausgewählten Anwendungsfälle und Interviewpartner zeigten sich im Rahmen der Arbeit als ein guter Kompromiss zwischen Aufwand und Resultat.

Mögliche Verbesserungen Mehrere Punkte könnten die Vorgehensweise verbessern, sodass bei einer ähnlichen Fragestellung und angepasster Methodik noch bessere Ergebnisse erzielt werden können. Insgesamt ist davon auszugehen, dass eine größere Anzahl an Anwendungsfällen helfen kann noch umfangreichere Ergebnisse zu erzielen. Die zunehmende Anzahl von Anwendungsfällen und der damit verbundene Aufwand der Experteninterviews mit Vorbereitung, Durchführung und Auswertung steigt jedoch nicht unbedingt linear, sodass der Rahmen der Untersuchung wie auch in dieser Arbeit hier deutliche Grenzen setzt. Um mehr aussagekräftige Einsichten zu bekommen, könnte es helfen die Interviews konkreter zu gestalten, indem in der Phase der Voranalyse das Themenfeld noch weiter aufgearbeitet und eingeschränkt wird. Gleiches gilt für einen weniger explorativen Ansatz, welcher eben-

falls zu spezifischeren Fragen führt. Dadurch können die Interviewpartner auch gezielter auf Fragestellungen antworten. Bei der Auswahl der Interviewpartner könnte es helfen, pro Anwendungsfall weitere Personen aus spezifischen Bereichen hinzuzuziehen. Zum Beispiel Rollen, welche stärker mit der Entwicklung und Umsetzung von Prozessen innerhalb der IT-Organisation zu tun haben. Außerdem könnten über Personen aus dem Consulting Umfeld als Ergänzung eine größere Vielfalt an verschiedenen Anwendungsfällen abgedeckt werden. Ein Schlüsselproblem bleibt jedoch die Möglichkeit an dokumentierte Prozesse zu gelangen und diese über eine geeignete Methodik zu vergleichen. Weitere Forschungsarbeit ist nötig, um eine optimale Lösung für diese Fragestellung zu ermitteln.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Arbeit In dieser Arbeit wurde die Forschungsfrage „*Auswirkungen der Netzvirtualisierung auf Organisationsstrukturen und Prozesse im IT-Betrieb*“ untersucht. Bei der Analyse sollten neben den Auswirkungen auch Strategien erkannt werden, wie die Verwaltung der zusätzlichen Virtualisierungsschicht durch die Netzvirtualisierung erfolgreich in der Praxis umgesetzt werden kann. Dabei dienten die zwei Grundfragen „*Welche Entwicklung und Veränderungen sind mit der Netzvirtualisierung verknüpft?*“ und „*Wie lässt sich die Netzvirtualisierung in diesem Kontext verwalten und welche Änderungen sind dafür nötig?*“ als Vorlage für das weitere Vorgehen.

Lösungsansatz In Kapitel 2 - *Grundlagen* wurden die Basis des Themenkomplexes erschlossen. Dazu gehörten neben der Erläuterung des *Methodisches Vorgehens* auch die fachlichen Eckpfeiler der Forschungsfrage, die *Technische Grundlagen* und die *Organisationsstrukturen* sowie der Kontext des Themenfeldes der *IT-Betrieb*. Die Grundlagen wurden mit Fortschreiten der Analyse als Teil der Methodik kontinuierlich und umfangreich ausgebaut, um das Themenfeld zu erschließen. Dazu gehören auch zwei weitere Anwendungsfälle, welche auf Basis von Berichten ermittelt wurden. In Kapitel 3 - *Voranalyse zum Themenbereich Netzvirtualisierung* wurde die Forschungsfrage als Vorschritt für die qualitative Analyse und die Datenbeschaffung durch die Experteninterviews in detaillierte Leitfragen umgesetzt. In Kapitel 4 - *Umsetzung der Experteninterviews* wurden die Leitfragen zu einem Leitfaden zusammengestellt und die Experteninterviews vorbereitet. Im anschließenden Kapitel 5 - *Auswertung und Vergleich der Anwendungsfälle* wurden die Anwendungsfälle aus den Experteninterviews erst einzeln analysiert und dann in einem Vergleich zusammengeführt. Abschließend erfolgte in Kapitel 6 - *Ergebnisse* die Zusammenführung der Anwendungsfälle mit den forschungstheoretischen Grundlagen und die Analyse im Gesamtkontext sowie die kritische Überprüfung der Methodik dieser Arbeit.

Ergebnis der Forschungsfrage Innerhalb der Ergebnisse wurden verschiedene primäre und sekundäre Auswirkungen der Netzvirtualisierung herausgefunden. Ein Erkenntnis dieser Arbeit ist die Beobachtung, dass die IT-Organisationen und der Bestandteil des IT-Betriebs differenzierter betrachtet werden müssen. Dazu gehört auch die Rolle innerhalb des Unternehmens, wenn die IT-Organisation nicht sogar den primären Geschäftszweig darstellt. Entsprechend wirken sich die Einführung der Netzvirtualisierung und die damit verbundene Verwaltung unterschiedlich stark aus.

Die Netzvirtualisierung agiert primär im Bereich der Automatisierung und Security-Optimierung. Wobei letzteres in dieser Arbeit nicht detaillierter betrachtet werden konnte. Im Bereich der Automatisierung ist ein Ergebnis, dass weitere große Themenfelder, wie die Nutzung von Cloud-Diensten und agilen Vorgehensweisen angeschlossen sind. Es lässt sich feststellen, dass die IT-Organisation und damit auch der IT-Betrieb hoch spezialisierte Bereiche bleiben, welche bei Konsolidierungsprojekten nicht einfach als „die IT-Organisation“

vereinheitlicht werden kann. Entsprechend gibt es auch nicht „die Cloud“, „die agile Methodik“, „die eine Organisationsstruktur“ oder „die Prozesse“ die einfach funktionieren. Je nach Rolle der IT-Organisation lässt sich jedoch die Tendenz feststellen, dass mit zunehmender Bedeutung der IT im Unternehmen aktuelle Anforderungen, wie gesteigerte Flexibilität, verstärkt an Bedeutung gewinnen. Dafür muss die Kultur der IT-Organisation inklusive des IT-Betriebs hin zu flexibleren Strukturen angepasst werden. Dies ist Teil einer Entwicklung eines verstärkt ganzheitlichen Ansatzes auch im Bereich der Prozesse, sodass eine flexible Organisationsstruktur auf Basis von ganzheitlichen flexiblen Prozessen entsprechende Services bereitstellen kann. Jedoch ist es nicht nötig, dass jede IT-Organisation die gleiche Art der Transformation durchziehen muss.

Zur Verwaltung von Netzinfrastruktur mit Netzvirtualisierung wurde ein Schema in Kapitel 6 - *Ergebnisse* mit verschiedenen Verwaltungsmöglichkeiten der Netzvirtualisierung aufgezeigt und das Modell der geteilten Verantwortung erweitert. Diese zeigen verschiedene Verwaltungsszenarien und die Verschiebung von Aufgaben und Fachbereichen auf. Dieses Schema hilft die Auswirkungen und mögliche Verwaltungsstrategien für die Netzvirtualisierung einzugrenzen und so Konsolidierungsprojekte im Netzbereich im Vorfeld besser planen zu können.

Hierfür wurden im Grundlagenkapitel verschiedene damit verknüpfte Strategien und Technologien aufgezeigt, welche im Kontext der Auswirkungen der Netzvirtualisierung nutzen, um IT-Organisationen mit dem IT-Betrieb auf Organisations- und Prozessebene weiterzuentwickeln.

Zusammenfassung der Vorgehensweise Die Methodik der qualitativen Analyse über Experteninterviews zeigte sich als gute Möglichkeit das Themenfeld umfassend zu erschließen. Es wurde deutlich, dass die Auswirkung einer Technologie im ersten Schritt breiter betrachtet werden muss. Insbesondere konnten durch die Methodik weiterführende Einflüsse auf den IT-Betrieb, zum Beispiel die Trends zu agilen Strukturen und zur Cloud-Nutzung, aufgezeigt werden. Die ausgearbeitete Vorgehensweise lässt sich für die Analyse weiterer Anwendungsfälle nutzen. Für tieferegreifende Analysen kann nun auf spezialisierte Bereiche eingegangen werden. Mit der dargestellten Vorgehensweise ist es möglich auch die Auswirkungen von Technologien in breiterer Form zu untersuchen, zum Beispiel die Cloud-Technologie und deren Auswirkungen auf den IT-Betrieb. Beim praktischen Vorgehen hat sich gezeigt, dass es sich empfiehlt bei den Interviewpartnern noch gezielter mehrere Rollen zum Beispiel aus dem Bereiche Technik und Prozesse mit einzubeziehen, um mehr Details in den Anwendungsfällen zu bekommen.

Auf Basis der Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich auch weitere Vorgehensweisen nutzen, beispielsweise um umfangreicher die aufgezeigten Möglichkeiten umfangreicher zu validieren. Dies ist zum Beispiel in Form von größer angelegte Umfragen möglich, welche auch den Einbezug eines größeren Expertenkreises zulassen.

Ausblick Aus wissenschaftlicher Sicht können die Erkenntnisse dieser Arbeit genutzt werden, um in einer Folgearbeit die in den Anwendungsfällen aufgezeigten Strategien im Detail auszubauen, zu verifizieren und weiterzuentwickeln, wenn erste Erfahrungen über einen längeren Zeitraum mit den neuen Anlagen auf Basis von Netzvirtualisierung vorliegen. Dafür wurde sowohl ein methodischer Grundstock gelegt, als auch die nötige Einordnung in den Gesamtkontext der IT-Organisation aufgestellt, sodass gezielt detailliertere Fragestellungen angegangen werden können.

Weiterhin hat sich gezeigt, dass verschiedene verknüpfte Fragestellungen im IT-Betrieb

interessant für weitere Untersuchungen sind:

- Wie wirken sich Entwicklungen wie DevOps auf das bestehende ITSM aus?¹
- Wie gut funktionieren cross-funktionale Teams im IT-Betrieb auf längere Sicht und welche Vor- und Nachteile bringen diese im gesamten IT-Betrieb mit sich?
- Wie lassen sich neue flexible Architekturen im IT-Betrieb zusammen mit bestehender Infrastruktur parallel Verwalten, wenn eine komplette Konsolidierung nicht möglich ist?

¹Vergleiche zum Beispiel neue Ansätze mit ITIL V4[SS20]

Abbildungsverzeichnis

1.1	Zielgebiet dieser Arbeit	2
1.2	Vorgehensmodell dieser Arbeit	5
2.1	Prinzip der qualitativen Inhaltsanalyse. [GL10, Abbildung 5-1]	9
2.2	Ausführlicher Ablauf der qualitativen Inhaltsanalyse. [GL10, Abbildung 5-2] .	10
2.3	Varianten von Experteninterviews [BLM14, Tab. 3.1]	12
2.4	Auswertungsstrategien für die vergleichende Analyse weniger Fälle. [GL10, Abbildung 5-23]	15
2.5	Einfache Darstellung eines Overy-Netzes auf Basis eines bestehenden Netzes [Gan16]	16
2.6	a) Beispiel einer physischen VPN-Struktur; b) Entsprechende logische Struktur. In Anlehnung an Beispiele aus [Sch19]	18
2.7	a) Beispiel eines physischen LAN mit Einsatz von VLANs; b) Entsprechende logische Struktur. [Sch14, in Anlehnung an Abb. 6.5]	19
2.8	Layer 2 Netze über ein Layer 3 Transportnetz gespannt [HW11]	20
2.9	Verbindung zweier Datacenter über VXLAN und Zusatzprotokollen [jun19a]	21
2.10	Beispiel für NFV. In Anlehnung an [Pfl16, Abbildung 2]	22
2.11	Die verschiedenen Ebenen der Software Defined Network Architektur [sdx19a]	24
2.12	Architektur Vergleich von Netzvirtualisierung mit Hostvirtualisierung [Hut15]	26
2.13	Aufbau zweier virtueller Netze auf Basis eines physischen Netzes. In Anlehnung an Abb.2 aus [BFM10]	29
2.14	Verschiedene Ebenen der Architektur der Netzvirtualisierung. In Anlehnung an [NSX15, Abbildung 4]	30
2.15	Generische Netzarchitektur für Rechenzentren [LBK ⁺ 14, RFC 7365]	31
2.16	Generisches Referenzmodell für Network Virtualization Overlays [LBK ⁺ 14, RFC 7365]	34
2.17	Generisches NVE Referenzmodell [LBK ⁺ 14, RFC 7365]	34
2.18	Praktisches NVO Beispiel mit VMware NSX und verschiedenen Komponenten [vmw19b]	37
2.19	Automatisierung mit VMware NSX und vRealize Automation [OK18]	38
2.20	Die Cloud-Servicemodelle IaaS, PaaS, und SaaS im Vergleich zur Bereitstellung von Ressourcen. Die Spalte links <i>On-Premises</i> zeigt die nötige Verwaltung, wenn eine Firma/Team die komplette Infrastruktur selbst betreibt. [ION19] .	42
2.21	Modell der geteilten Verantwortung zwischen Cloud-Provider und Nutzer. [Tod19]	42
2.22	Übersicht über das „Cloud Service Oriented Team Model“ von VMware. [Lee17, Abbildung 1]	44
2.23	Hierarchisches Organisation mit verschiedenen Teams in einer Abteilung. [Lin19b]	45
2.24	Beispiel RACI-Matrix für den Übergabeprozess einer fertiggestellten Software [Bax11, Abb.1]	47
2.25	Projektmatrix Organisation - allgemeine Darstellung [Dul72]	49

2.26	Wissensausrichtung von T-Mitarbeitern [Kal18]	50
2.27	Mehrere T-Mitarbeitern verbinden deren allgemeine und spezifischen Fähigkeiten zu einem Team[Kal18]	51
2.28	Typische Schritte bei der Projekten mit IT-Konsolidierung [Tie17a, Abb. 3.18]	57
2.29	Überblick über die CI/CD-Pipeline und Darstellung des Unterschieds zwischen Continuous Delivery und Deployment [Pit19]	60
2.30	Überblick DevOps Konzept [AAK17b]	62
2.31	Programmstruktur DevOps bei T-Systems MMS [AAK17a, Tabelle 1]	64
2.32	Delivery-Pipeline der T-Systems MMS (mittlere Architekturschicht) [AAK17a, Abbildung 3]	65
2.33	Rolle des Betriebs (Operation) Squads neben Entwickler (Dev) Squads für das fertige Produkt [KI12]	67
2.34	Zusammenarbeit zwischen Tribes durch Bildung von Chapters [KI12]	68
2.35	Wissensaustausch durch Guilds [KI12]	69
2.36	Die Spotify-Kultur als Gleichgewicht zwischen Chaos und Bürokratie [KI12] .	71
2.37	Aufteilung der Squads bei Spotify entsprechend der einzelnen Teil-Produkte von Spotify (z.B. Player, Zahlungslösungen oder die Android App) [KI12] . .	72
2.38	Adaptiertes Spotify Modell für eine Einführung in einer vormals klassischen Firmenstruktur) [Lin19b]	76
2.39	Vorgeschlagene Meeting-Formate für eine Adaption des Spotify Modells [Lin19b]	77
3.1	Betrachtungsgrundlage für die Voranalyse: Vom IST-Zustand zum SOLL-Zustand in der Praxis	80
3.2	Betrachtungsgrundlage für die Voranalyse: Verkürzter Weg vom Ist-Zustand zum Soll-Zustand unter Berücksichtigung der umgebungs- und technologie-abhängigen Faktoren.	81
6.1	Einteilung von IT-Organisationen mit Auswirkungen auf den IT-Betrieb [eigene Grafik]	120
6.2	Darstellung der verschiedenen praktischen Verwaltungsebenen [eigene Grafik]	130
6.3	Geteilte Verantwortungen bei verschiedenen Cloud-Service Modellen[ST, Abbildung 1]	136
6.4	Verwaltungsszenarien und Verantwortlichkeiten bei Einführung der Netzvirtualisierung als IaaS-Modell [eigene Grafik]	137
6.5	Verwaltungsschwerpunkte der Netz-Infrastruktur bei verschiedenen Formen der IT-Organisationen [eigene Grafik]	138

Literaturverzeichnis

- [AAK17a] ALT, Rainer ; AUTH, Gunnar ; KÖGLER, Christoph: Innovationsorientiertes IT-Management – Eine Fallstudie zur DevOps-Umsetzung bei T-Systems MMS. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 54 (2017), Nr. 2, S. 216–229. <http://dx.doi.org/10.1365/s40702-017-0300-y>. – DOI 10.1365/s40702-017-0300-y. – ISSN 1436-3011
- [AAK17b] ALT, Rainer ; AUTH, Gunnar ; KÖGLER, Christoph: *Innovationsorientiertes IT-Management mit DevOps*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-18704-0>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-18704-0>. – ISBN 978-3-658-18703-3
- [Ago16] AGOUIROS, Konstantin ; HEINEMANN VERLAG GMBH (Hrsg.): *Virtuelle Switche mit Open vSwitch*. <https://www.admin-magazin.de/Das-Heft/2016/01/Virtuelle-Switche-mit-Open-vSwitch>. Version: 2016
- [Aka] AKAMAI (Hrsg.): *Das Zero-Trust-Sicherheitsmodell schützt zuverlässig vor feindlichen Angriffen*
- [Ama20] *Modell der geteilten Verantwortung* –. <https://aws.amazon.com/de/compliance/shared-responsibility-model/>. Version: 2020
- [AMB17] ABDELKEBIR, Sahid ; MALEH, Yassine ; BELAISSAOUI, Mustapha: An Agile Framework for ITS Management In Organizations. In: ZBITOU, Jamal (Hrsg.) ; LARBI, Setti (Hrsg.) ; EL MOKHTAR, En-naimi (Hrsg.): *Proceedings of the 2nd International Conference on Computing and Wireless Communication Systems - ICCWCS'17*. New York, New York, USA : ACM Press, 2017. – ISBN 9781450353069, S. 1–8
- [And] ANDEMATTEN, Martin ; GLENFIS AG (Hrsg.): *Cloud Sourcing LifeCycle: Ein systematischer Ansatz für eine sichere Reise in die Cloud*
- [And17] ANDEMATTEN, Martin: IT4ITTM – das agile Betriebskonzept der IT der Zukunft. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 54 (2017), Nr. 2, S. 261–274. <http://dx.doi.org/10.1365/s40702-017-0302-9>. – DOI 10.1365/s40702-017-0302-9. – ISSN 1436-3011
- [Ang03] ANGERMEIER, Georg ; BERLEB MEDIA GMBH (Hrsg.): *RACI-Matrix*. <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/raci-matrix>. Version: 2003
- [Ari16] ARISTA NETWORKS (Hrsg.): *Software Defined Cloud Networking: Whitepaper*. https://www.arista.com/assets/data/pdf/Whitepapers/SDCN_Whitepaper.pdf. Version: 2016

- [Bäu17] BÄUMLER, Martin ; DEUTSCHE TELEKOM AG (Hrsg.): *Das Spotify-Modell: Squads, Tribes & Chapters bei der Telekom*. <https://www.welove.ai/de/blog/post/spotify-modell-im-einsatz-bei-telekom.html>. Version: 2017
- [Bax11] BAX, Marilla ; BERLEB MEDIA GMBH (Hrsg.): *Zuständigkeiten übersichtlich darstellen. Die RACI-Matrix in eine Mind-Map integrieren*. https://www.projektmagazin.de/artikel/die-raci-matrix-eine-mind-map-integrieren_972696. Version: 2011
- [BBB⁺01] BECK, Kent ; BEEDLE, Mike ; BENNEKUM, Arie van ; COCKBURN, Alistair ; CUNNINGHAM, Ward ; FOWLER, Martin ; GRENNING, James ; HIGHSMITH, Jim ; HUNT, Andrew ; JEFFRIES, Ron ; KERN, Jon ; MARICK, Brian ; MARTIN, Robert C. ; MELLOR, Steve ; SCHWABER, Ken ; SUTHERLAND, Jeff ; THOMAS, Dave: *Manifest für Agile Softwareentwicklung*. <https://agilemanifesto.org/iso/de/manifesto.html>. Version: 2001
- [Beh19] BEHN, Steffen ; MA MEDIA UG (Hrsg.): *Crossfunktionale Teams statt Abteilungen*. <https://talente.co/fuehrung/2344/crossfunktionale-teams-vs-abteilungen/>. Version: 2019
- [BFM10] BERL, Andreas ; FISCHER, Andreas ; MEER, Hermann de: Virtualisierung im Future Internet. In: *Informatik-Spektrum* 33 (2010), Nr. 2, S. 186–194. <http://dx.doi.org/10.1007/s00287-010-0420-z>. – DOI 10.1007/s00287-010-0420-z. – ISSN 0170-6012
- [BH15] BADACH, Anatol ; HOFFMANN, Erwin: *Technik der IP-Netze: Internet-Kommunikation in Theorie und Einsatz*. 3., überarb. und erw. Auflage. 2015. – ISBN 3446439765
- [Bha11] BHATTACHARYA, Kamal: Interview mit Doug King zum Thema „Die Auswirkung von Virtualisierung und Cloud-Computing auf IT-Service-Management“. In: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 53 (2011), Nr. 1, S. 53–55. <http://dx.doi.org/10.1007/s11576-010-0256-9>. – DOI 10.1007/s11576-010-0256-9. – ISSN 0937-6429
- [Big14] BIGELOW, Stephen J. ; TECHTARGET GERMANY GMBH (Hrsg.): *Wie sich VMware NSX von traditioneller Netzwerk-Virtualisierung unterscheidet*. <https://www.computerweekly.com/de/feature/Wie-sich-VMware-NSX-von-traditioneller-Netzwerk-Virtualisierung-unterscheidet>. Version: 2014
- [BLM14] BOGNER, Alexander ; LITTIG, Beate ; MENZ, Wolfgang: *Interviews mit Experten*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-19416-5>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-19416-5>. – ISBN 978-3-531-19415-8
- [BR13] BADACH, Anatol ; RIEGER, Sebastian: *Netzwerkprojekte: Planung, Realisierung, Dokumentation und Sicherheit von Netzwerken*. 2013 <http://dx.doi.org/10.3139/9783446408036>. – ISBN 9783446408036
- [CB09] CHOWDHURY, N.M.M.K. ; BOUTABA, R.: Network virtualization: State of the art and research challenges. In: *IEEE Communications Magazine* 47 (2009),

- Nr. 7, S. 20–26. <http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2009.5183468>. – DOI 10.1109/MCOM.2009.5183468. – ISSN 0163–6804
- [CGP17] CZARNECKI, Christian ; GEIER, Jari ; PFLUG, Karolin ; LANLINE (Hrsg.): *Unternehmensprozesse auf dem Prüfstand*. <https://www.lanline.de/unternehmensprozesse-auf-dem-pruefstand/>. Version: 2017
- [Dan14] DANCIU, Vitalian A.: Ein Management Framework für virtualisierte IT-Infrastrukturen. (2014)
- [Dan17] DANCIU, Vitalian: Application of policy-based techniques to process-oriented IT service management. (2017)
- [Den14] DENNY, Erik: HP and VMware Collaborate to Simplify Software-Defined Data Center and Hybrid Cloud Adoption. (2014). <https://www8.hp.com/us/en/hp-news/press-release.html?id=1753932>
- [Die06] DIERNHOFER, Norbert: IT-Dienstmodellierung: Modellierung von Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen Geschäftsprozessmodellen, Softwarekomponenten und der IT-Infrastruktur. (2006). <https://mediatum.ub.tum.de/doc/620622/620622.pdf>
- [Die19] DIEHL, Andreas ; AD GMBH (Hrsg.): *Spotify Model - Vorbild für deine agile Organisationen*. <https://digitaleneuordnung.de/blog/spotify-model/>. Version: 2019
- [Dul72] DULLIEN, Manfred: Flexible Organisation: Praxis, Theorie und Konsequenzen des Projekt- und Matrix-Management. (1972)
- [Dul89] DULLIEN, Manfred: Projekt-Management und Matrix-Management. (1989)
- [Fis09] FISCHERMANN, Guido ; BLOG prozessfenster (Hrsg.): *Rollen*. <https://prozessfenster-blog.de/bpm-rollen/>. Version: 2009
- [Gan16] GANS, Herwig: *Overlays im Rechenzentrum: VxLAN*. <https://www.nts.eu/overlays-im-rechenzentrum-vxlan/>. Version: 2016
- [GGS19] GROSS, J. ; GANGA, I. ; SRIDHAR, T.: *draft-ietf-nvo3-geneve-13 - Geneve: Generic Network Virtualization Encapsulation*. https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-nvo3-geneve/?include_text=1. Version: 2019
- [Gie12] GIESELER, Jens ; IDG BUSINESS MEDIA GMBH (Hrsg.): *Augen auf bei der IT-Automatisierung: Fünf Fehler bei der Automatisierung der IT*. <https://www.computerwoche.de/a/fuenf-fehler-bei-der-automatisierung-der-it,2506468>. Version: 2012
- [GL10] GLÄSER, Jochen ; LAUDEL, Grit: *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. 4. Auflage. Wiesbaden : VS Verlag, 2010 (Lehrbuch). <http://d-nb.info/1002141753/04>. – ISBN 9783531172385
- [Goo] GOOGLE (Hrsg.): *Google Cloud Platform: Customer Responsibility Matrix*

- [Gus19] GUSTAVSSON, Niklas: *Views From The Cloud: A History of Spotify's Journey to the Cloud, Part 1*. 2019
- [Hf12] HEIN, Mathias ; FREIER CONSULTANT IN NEUBURG AN DER DONAU ; WEKA FACHMEDIEN GMBH (Hrsg.): *Virtualisierung der Vernetzung*. <https://www.funkschau.de/datacenter/artikel/90674/>. Version: 2012
- [Hub13] HUBBARD, Patrick: *VMware NSX wird die Rolle des Netzwerk-Administrators verändern. Sind Sie bereit?* <https://www.computerweekly.com/de/meinung/VMware-NSX-wird-die-Rolle-des-Netzwerk-Administrators-veraendern-Sind-Sie-bereit>. Version: 2013
- [Hub15] HUBBARD, Patrick: *Microsoft SDN als Alternative zu VMware NSX*. <https://www.computerweekly.com/de/meinung/Microsoft-SDN-als-Alternative-zu-VMware-NSX>. Version: 2015
- [Hub19] HUBER, Markus: *Kurzeinführung BPM bzw. BPMN*. <https://www.it-economics.de/blog/2016-3/rolggashb0gz5cieb3ovy39if68iwf>. Version: 2019
- [Hut15] HUTTENLOHER, Rainer ; MBMEDIEN PUBLISHING GMBH (Hrsg.): *Netzwerk-Virtualisierung und Storage Defined Networking* » *nt4admins*. <https://nt4admins.de/vernetzung/netzwerk-virtualisierung-und-storage-defined-networking/>. Version: 2015
- [HW11] HÖCHEL-WINTER, Cornelius ; COMCONSULT GMBH (Hrsg.): *VXLAN (Virtual eXtensible LAN) – VMwares neuester Draft*. <https://www.comconsult-research.de/vxlan-virtual-extensible-lan-vmwares-neuster-draft/>. Version: 2011
- [ION19] 1&1 IONOS SE (Hrsg.): *Container-as-a-Service – CaaS-Anbieter im Vergleich*. <https://www.ionos.de/digitalguide/server/knowhow/caas-container-as-a-service-anbieter-im-vergleich/>. Version: 2019
- [Jac14a] JACOBS, David ; TECHTARGET GERMANY GMBH (Hrsg.): *Sorgt GENEVE für mehr Interoperabilität bei Netzwerk-Virtualisierung?* <https://www.computerweekly.com/de/feature/Sorgt-GENEVE-fuer-mehr-Interoperabilitaet-bei-Netzwerk-Virtualisierung>. Version: 2014
- [Jac14b] JACOBS, David ; TECHTARGET GERMANY GMBH (Hrsg.): *Wird GENEVE zum universellen Netzwerk-Encapsulation-Protokoll?* <https://www.computerweekly.com/de/feature/Wird-GENEVE-zum-universellen-Netzwerk-Encapsulation-Protokoll>. Version: 2014
- [jun19a] JUNIPER NETWORKS (Hrsg.): *Understanding EVPN with VXLAN Data Plane Encapsulation: TechLibrary - Juniper Networks*. https://www.juniper.net/documentation/en_US/junos/topics/concept/evpn-vxlan-data-plane-encapsulation.html. Version: 2019
- [jun19b] JUNIPER NETWORKS: *Contrail Networking*. <https://www.juniper.net/de/de/products-services/sdn/contrail/contrail-networking/>. Version: 2019

- [Kal18] KALLENBACH, Ingo ; REFLECT GMBH & CO. KG (Hrsg.): *Führen in der agilen Welt (9): Crossfunktionale Teams*. <https://blog.reflect-beratung.de/fuehren-in-der-agilen-welt-teams-teil-9>. Version: 2018
- [KI12] KNIBERG, Henrik ; IVARSSON, Anders: *Scaling Agile @ Spotify: with Tribes, Squads, Chapters & Guilds*. (2012). <https://blog.crisp.se/wp-content/uploads/2012/11/SpotifyScaling.pdf>
- [KK19] KÖNIG, Georgia ; KUGEL, René: *DevOps - Welcome to the Jungle*. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 56 (2019), Nr. 2, S. 289–300. <http://dx.doi.org/10.1365/s40702-019-00507-8>. – DOI 10.1365/s40702-019-00507-8. – ISSN 1436-3011
- [KKW17] KOPPERGER, Dietmar ; KUNSMANN, Jörg ; WEISBECKER, Anette: *IT-Servicemanagement*. Version: 2017. <http://dx.doi.org/10.3139/9783446445376.010>. In: ERNST TIEMEYER (Hrsg.): *Handbuch IT-Management*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2017. – DOI 10.3139/9783446445376.010. – ISBN 978-3-446-44347-1, S. 461–534
- [Kle16] KLEYMAN, Bill ; ABOUT DATA CENTER KNOWLEDGE (Hrsg.): *Data Center SDN: Comparing VMware NSX, Cisco ACI, and Open SDN Options*. <https://www.datacenterknowledge.com/archives/2016/06/29/data-center-sdn-comparing-vmware-nsx-cisco-aci-and-open-sdn-options/>. Version: 2016
- [Kni14] KNIBERG, Henrik: *Spotify Engineering Culture (part 1)*. <https://blog.crisp.se/2014/03/27/henrikkniberg/spotify-engineering-culture-part-1>. Version: 2014
- [Kni15] KNIBERG, Henrik: *No, I didn't invent the Spotify model*. <https://blog.crisp.se/2015/06/07/henrikkniberg/no-i-didnt-invent-the-spotify-model>. Version: 2015
- [Kre16] KREJCI, Gerhard P. ; HANDELSBLATT FACHMEDIEN GMBH (Hrsg.): *Was heißt hier Team?* <https://www.zoe-online.org/meldungen/was-heisst-hier-team/>. Version: 2016
- [KST19] KUHARDT, Stefan ; SILVA, Jose ; TISSON, Horst: *manage it — IT-Strategien und Lösungen*. <https://ap-verlag.de/entwicklung-einer-servicezentrierten-it-organisation-ein-langer-prozess/50600/>. Version: 2019
- [LA19] LINDNER, Dominic ; AMBERG, Michael: *Ist Agilität Voraussetzung oder Folge einer zielgerichteten Digitalisierung?* In: *industrie 4.0 Management 2019* (2019), Nr. 4, S. 30–34. http://dx.doi.org/10.30844/I40M_{ }19-4_{ }S30-34. – DOI 10.30844/I40M_19-4_S30-34. – ISSN 23649208
- [LBK⁺14] LASSERRE, M. ; BALUS, F. ; (KEINE ANGABE) ; MORIN, T. ; (KEINE ANGABE) ; BITAR, N. ; (KEINE ANGABE) ; REKHTER, N. ; (KEINE ANGABE) ; IETF (Hrsg.): *RFC 7365 - Framework for Data Center (DC) Network Virtualization*. https://datatracker.ietf.org/doc/rfc7365/?include_text=1. Version: 2014

- [Lee17] LEE, Kevin ; VMWARE, Inc. (Hrsg.): *Organizing for the Cloud: Your business is ready to reap the rewards of the software-defined cloud era. Is your IT organization ready to deliver?* <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/solutionoverview/vmware-organizing-for-the-cloud-feb2017.pdf>. Version: 2017
- [Lee18] LEE, Brandon: *VMware NSX-V vs NSX-T Comparison*. <https://www.vembu.com/blog/vmware-nsx-v-vs-nsx-t-comparison/>. Version: 2018
- [Lin19a] LINDNER, Dominic ; LINDNER, Dominic (Hrsg.): *Was ist das Spotify Modell und wie agil ist es?* <https://agile-unternehmen.de/was-ist-das-spotify-modell/>. Version: 2019
- [Lin19b] LINDNER, Dominic: *Wie kann man das Spotify Modell in klassischen Unternehmen umsetzen?* <https://agile-unternehmen.de/spotify-modell-in-klassischen-unternehmen/>. Version: 2019
- [Mag17] MAGNO, Alexandre: *Don't copy the Spotify Model. Do copy the Spotify attitude*. <https://management30.com/blog/dont-copy-spotify-model/>. Version: 2017
- [Mar06] MARCU, Gabriela P.: *Abhängigkeitsmodellierung für das IT-Dienstmanagement*. (2006)
- [Mar18] MARON, Hans ; HURON AG (Hrsg.): *inside-it.ch: HPE schluckt Plexxi*. <https://www.inside-it.ch/articles/51106>. Version: 2018
- [McG19] MCGILLICUDDY, Shamus ; TECHTARGET GERMANY GMBH (Hrsg.): *Fünf Tool-Funktionen für ein besseres Netzwerkmanagement*. <https://www.computerweekly.com/de/feature/Fuenf-Tool-Funktionen-fuer-ein-besseres-Netzwerkmanagement>. Version: 2019
- [Mel16] MELLANOX TECHNOLOGIES (Hrsg.): *Software Defined Networking, Done Right: Whitepaper*. https://www.mellanox.com/related-docs/whitepapers/WP_SDNsolution.pdf. Version: 2016
- [Mer19] MERSINO, Anthony ; VITALITY CHICAGO INC (Hrsg.): *There Is No Spotify Model for Scaling Agile*. <https://vitalitychicago.com/blog/there-is-no-spotify-model-for-scaling-agile/>. Version: 2019
- [Mes17] MESMER, Alexandra ; IDG BUSINESS MEDIA GMBH (Hrsg.): *Digital Factory der Allianz: Allianz trainiert agile Entwicklung in geschütztem Raum*. <https://www.cio.de/a/allianz-trainiert-agile-entwicklung-in-geschuetztem-raum,3565248>. Version: 2017
- [MG] MELL, Peter ; GRANCE, Timothy ; COMPUTER SECURITY DIVISION - INFORMATION TECHNOLOGY LABORATORY (Hrsg.): *The NIST Definition of Cloud Computing: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*. <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>
- [MK17] MARTINS, Filipe P. ; KOBYLINSKA, Anna ; VOGEL COMMUNICATIONS GROUP GMBH & CO. KG (Hrsg.): *Was ist ein Software Defined Datacenter und*

- als nächstes: *Software Defined Infrastructure? Basiswissen: SDDC und SDI.*
<https://www.datacenter-insider.de/was-ist-ein-software-defined-datacenter-und-als-naechstes-software-defined-infrastructure-a-591253/>. Version: 2017
- [MS18] MORIN, Jonathan ; SHAW, Shinnie: *Network Virtualization For Dummies.* 2018
- [MWZ91] MEISER, Michael ; WAGNER, Dieter ; ZANDER, Ernst: *Personal und neue Technologien: Organisatorische Auswirkungen und personalwirtschaftliche Konsequenzen.* München : Oldenbourg, 1991. – ISBN 3486210734
- [Nie15] NIEDERMAIER, Klaus: *Die Qualitative Analyse.* <http://paedpsych.jk.uni-linz.ac.at/INTERNET/ARBEITSBLAETTERORD/ERZWISSENSCHAFTEMPIRISCH/QualitativeAnalyse.html>. Version: 2015
- [Nöc06] NÖCKER, Ralf: *Matrix-Organisationen: Albtraum mit zwei Dimensionen.* https://www.faz.net/aktuell/karriere-hochschule/matrix-organisationen-albtraum-mit-zwei-dimensionen-1331078.html?printPagedArticle=true#pageIndex_2. Version: 2006
- [NSX15] NSX @ VMWARE.COM (Hrsg.): *NSX Reference Design Version 3.0: VMware NSX for vSphere (NSX) Network Virtualization Design Guide.* <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/products/nsx/vmw-nsx-network-virtualization-design-guide.pdf>. Version: 2015
- [OK18] OLIVEIRA, Caio ; KOGA THIAGO: *VMware NSX Automation Fundamentals.* (2018). <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/products/nsx/vmware-automation-fundamentals-book.pdf>
- [Ope17] OPENSTACK: *OpenStack Docs: Netzwerkkonzepte (Neutron).* <https://docs.openstack.org/newton/de/install-guide-rdo/neutron-concepts.html>. Version: 2017
- [Ope19] OPENSTACK (Hrsg.): *Kolla – OpenStack.* <https://wiki.openstack.org/wiki/Kolla>. Version: 2019
- [Pfl16] PFLUG, Karolin: *Analyse des Referenzmodells eTOM in Bezug auf die Anforderungen der Netzvirtualisierung.* (2016)
- [Pit19] PITTET, Sten ; ATLISSIAN (Hrsg.): *Continuous integration vs. continuous delivery vs. continuous deployment: We will see in this article what these three practices mean and what's required to use them.* <https://www.atlassian.com/continuous-delivery/principles/continuous-integration-vs-delivery-vs-deployment>. Version: 2019
- [Pla17] PLANCKH, Marcus ; NORIS NETWORK AG (Hrsg.): *DevOps-Whitepaper.* https://www.noris.de/fileadmin/user_upload/it-services/DevOps-Whitepaper.pdf. Version: 2017

- [Pom15] POMPER, Axel ; WEKA FACHMEDIEN GMBH (Hrsg.): *DevOps als Dienstleistung: Die Mauer zwischen Entwicklung und Betrieb muss fallen*. <https://www.funkschau.de/office-kommunikation/die-mauer-zwischen-entwicklung-und-betrieb-muss-fallen.115843.html>. Version: 2015
- [PREZ12] PRÖHL, Thorsten ; REPSCHLÄGER, Jonas ; EREK, Koray ; ZARNEKOW, Rüdiger: *IT-Servicemanagement im Cloud Computing*. (2012)
- [PZ19] PRÖHL, Thorsten ; ZARNEKOW, Rüdiger: Die kurze Geschichte des IT-Servicemanagement: Themen und Fragestellungen im Wandel der Zeit. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 56 (2019), Nr. 2, S. 277–288. <http://dx.doi.org/10.1365/s40702-019-00497-7>. – DOI 10.1365/s40702-019-00497-7. – ISSN 1436-3011
- [REF19] REFA BUNDESVERBAND E.V. (Hrsg.): *Agilität: Refa Lexikon*. <https://refa.de/service/refa-lexikon/agilitaet>. Version: 2019
- [RH04] RODOSEK, Gabi D. ; HEGERING, Heinz-Gerd: *IT-Dienstmanagement: Herausforderungen und Lösungsansätze*. (2004)
- [Roo16] ROOSMALEN, Ralph van: *I don't want to implement the Spotify model!* <https://www.linkedin.com/pulse/i-dont-want-implement-spotify-model-ralph-van-roosmalen/>. Version: 2016
- [Rou13] ROUSE, Margaret ; COMPUTERWEEKLY (Hrsg.): *Was ist Netzwerk-Virtualisierung?* <https://www.computerweekly.com/de/definition/Netzwerk-Virtualisierung>. Version: 2013
- [Rou14a] ROUSE, Margaret: *Control Plane (CP, Kontrollebene, Kontrollschicht)*. <https://www.computerweekly.com/de/definition/Control-Plane-CP-Kontrollebene-Kontrollschicht>. Version: 2014
- [Rou14b] ROUSE, Margaret: *Was ist Overlay-Netzwerk?* <https://www.computerweekly.com/de/definition/Overlay-Netzwerk>. Version: 2014
- [Rou19] ROUSE, Margaret: *IT Operations (IT-Betrieb)*. <https://whatis.techtarget.com/de/definition/IT-Operations-IT-Betrieb>. Version: 2019
- [RR18] RAJ, Pethuru ; RAMAN, Anupama: *Software-Defined Cloud Centers: Operational and Management Technologies and Tools*. Cham : Springer International Publishing, 2018 (Computer Communications and Networks). <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-78637-7>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-78637-7>. – ISBN 9783319786360
- [Sch14] SCHREINER, Rüdiger: *Computernetzwerke: Von den Grundlagen zur Funktion und Anwendung ; [Extra: mit kostenlosem E-Book]*. 5., erw. Aufl. 2014. – ISBN 3446441328
- [Sch16a] SCHIAVONE, Patrick: *ITIL versus DevOps – Unterschiedliche Sichtweisen*. <https://www.itil.de/2016/11/17/itil-versus-devops-unterschiedliche-sichtweisen/>. Version: 2016

- [Sch16b] SCHITKOWSKY, Ulf ; VOGEL COMMUNICATIONS GROUP GMBH & CO. KG (Hrsg.): *Restrukturierung der IT- und der Organisations-Silos*. <https://www.datacenter-insider.de/restrukturierung-der-it-und-der-organisations-silos-a-534896/>. Version: 2016
- [Sch17a] SCHMAUS, Benjamin ; REDHAT (Hrsg.): *What is GENEVE?* <https://www.redhat.com/en/blog/what-geneve>. Version: 2017
- [Sch17b] SCHULZ, G.: *Software-Defined Data Infrastructure Essentials: Cloud, Converged, and Virtual Fundamental Server Storage I/O Tradecraft*. CRC Press, 2017 <https://books.google.de/books?id=5v8nDwAAQBAJ>. – ISBN 9781315352428
- [Sch18a] SCHEWE, Gerhard ; GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON (Hrsg.): *Definition: Organisationsstruktur*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/organisationsstruktur-43095/version-266428>. Version: 2018
- [Sch18b] SCHIFFER, Matthias ; DEUTSCHE TELEKOM AG (Hrsg.): *Agilität: Spotify – die schwedische Verlockung*. <https://www.telekom.com/de/karriere/fokusthemen/inhouse-consulting/trafo-talk/agilitaet-spotify-die-schwedische-verlockung-551312>. Version: 2018
- [Sch19] SCHNABEL, Patrick ; ELEKTRONIK-KOMPENDIUM.DE (Hrsg.): *VPN - Virtual Private Network (Virtuelles Privates Netzwerk)*. <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0512041.htm>. Version: 2019
- [Scr16] SCRUM ACADEMY ; AGILAR GERMANY GMBH (Hrsg.): *Die Ursprünge von Scrum - Scrum Academy*. <https://www.scrum-academy.de/scrumgrundlagen/wissen/die-urspruenge-von-scrum/>. Version: 2016
- [SD19] SÖLLNER, Dierk ; DRESCHER, Michel: Service Management in der Ära von Agile und DevOps. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 56 (2019), Nr. 2, S. 318–331. <http://dx.doi.org/10.1365/s40702-019-00504-x>. – DOI 10.1365/s40702-019-00504-x. – ISSN 1436-3011
- [SDD15] SCARPATI, Jessica ; DCARLO, Amy L. ; DOYLE LEE: *Ratgeber Netzwerk-Management: Basiswissen und Praxistipps für das Netzwerk-Management*. (2015). <https://www.computerweekly.com/de/e handbook/Ratgeber-Netzwerk-Management>
- [sdx19a] SDXCENTRAL (Hrsg.): *Understanding the SDN Architecture and SDN Control Plane*. <https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/inside-sdn-architecture/>. Version: 2019
- [sdx19b] SDXCENTRAL (Hrsg.): *What's Software-Defined Networking (SDN)? - SDxCentral*. <https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/what-the-definition-of-software-defined-networking-sdn/>. Version: 2019
- [SIG20] *Konferenzprogramm OOP 2020*. <https://www.oop-konferenz.de/oop2020/programm/konferenzprogramm.html>. Version: 2020

- [Ski14] SKIBAR, Elisabeth ; BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG (Hrsg.): *Forschungsmethode: Leitfadengestütztes Interviews*. <https://www.ahs-vwa.at>. Version: 2014
- [SS20] SCHNEIDER, Peter ; SCHERER, Philip ; IDG BUSINESS MEDIA GMBH (Hrsg.): *ITSM-Methoden: ITIL V4 Hands-on*. <https://www.computerwoche.de/a/itil-v4-hands-on,3548446>. Version: 2020
- [ST] SIMORJAY, Frank ; TIERLING ERIC ; MICROSOFT COOPERATION (Hrsg.): *Shared Responsibilities for Cloud Computing*. <https://gallery.technet.microsoft.com/Shared-Responsibilities-81d0ff91>
- [STK⁺14] SRIDHAR ; T ; KREEGER ; LAWRENCE ; WRIGHT ; CHRIS ; DUTT ; G, Dinesh ; BURSELL ; MIKE ; MAHALINGAM ; MALLIK ; AGARWAL ; PUNEET ; DUDA ; KENNETH: *RFC7348: Virtual eXtensible Local Area Network (VXLAN): A Framework for Overlaying Virtualized Layer 2 Networks over Layer 3 Networks*. <https://tools.ietf.org/html/rfc7348#page-9>. Version: 2014
- [Thi14] THIELE, Alexander: *OpenFlow, NVO (Network Virtualization Overlay) und Framework-API: Bei Software-Defined Networking führen mehrere Wege zum Ziel*. <https://www.ip-insider.de/openflow-nvo-network-virtualization-overlay-framework-api-a-431081/>. Version: 2014
- [Tie17a] TIEMEYER, Ernst: Enterprise Architecture Management (EAM) ? IT-Architekturen planen und steuern. Version: 2017. <http://dx.doi.org/10.3139/9783446445376.003>. In: ERNST TIEMEYER (Hrsg.): *Handbuch IT-Management*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2017. – DOI 10.3139/9783446445376.003. – ISBN 978-3-446-44347-1, S. 97-154
- [Tie17b] TIEMEYER, Ernst: IT-Organisation ? Strukturen, Prozesse, Rollen. Version: 2017. <http://dx.doi.org/10.3139/9783446445376.007>. In: ERNST TIEMEYER (Hrsg.): *Handbuch IT-Management*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2017. – DOI 10.3139/9783446445376.007. – ISBN 978-3-446-44347-1, S. 281-330
- [Tit20] TITTEL, Erik ; ALLIANZ (Hrsg.): *Von der Umsetzung agiler Prinzipien*. <https://www.code-days.de/programm/programm-details/390/von-der-umsetzung-agiler-prinzipien/>. Version: 2020
- [Tod19] TODD, Bernhard ; CLOUDCHECKR (Hrsg.): *Understanding the Shared Responsibility Model for Cloud Security*. <https://cloudcheckr.com/cloud-security/shared-responsibility-model/>. Version: 2019
- [Vin17] VINCENTIS, Matt D.: *Micro-segmentation For Dummies*, 2nd VMware Special Edition. (2017)
- [vmw16] VMWARE ; VMWARE, Inc. (Hrsg.): *The History of NSX and Network Virtualization Innovation*. <https://www.vmware.com/radius/history-nsx-future-network-virtualization/>. Version: 2016
- [vmw19a] VMWARE: *Architecture and Design: VMware Validated Design 5.0*. (2019)

- [vmw19b] VMWARE ; VMWARE, Inc. (Hrsg.): *VMware NSX Data Center for vSphere - Getting Started -HOL-1903-01-NET*. <https://labs.hol.vmware.com/HOL/catalogs/catalog/877>. Version: 2019
- [VMw20] VMWARE, Inc. (Hrsg.): *VMware NSX Customer Success Stories — Network Virtualization*. <https://blogs.vmware.com/networkvirtualization/nsx-customer-stories/>. Version: 2020
- [Weß10] WESSEL, Christina: Semi-strukturierte Interviews im Software-Engineering: Indikationsstellung, Vorbereitung, Durchführung und Auswertung – Ein Fall-basiertes Tutorium. In: KLAUS-PETER FÄHRICH (Hrsg.) ; BOGDAN FRANCYK (Hrsg.): *Informatik 2010: Service Science - Neue Perspektiven für die Informatik, Beiträge der 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), Band 2, 27.09. - 1.10.2010, Leipzig, Deutschland* Bd. 176, GI, 2010 (LNI), 927–937
- [Wit14] WITTE, Frank ; IDG BUSINESS MEDIA GMBH (Hrsg.): *Was bringt Software Defined Networking: SDN: Hype oder Muss?* <https://www.computerwoche.de/a/sdn-hype-oder-muss,2554649>. Version: 2014
- [Wol15] WOLF, Marcel: *Operations heute und morgen, Teil 2: DevOps im Jahre 2015 — heise Developer*. <https://m.heise.de/developer/artikel/Operations-heute-und-morgen-Teil-2-DevOps-im-Jahre-2015-2700954.html?seite=all>. Version: 2015