

Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Fakultät für Informatik
Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme



Masterarbeit

im Studiengang Wirtschaftsinformatik

Nachhaltige Gestaltung von Rechenzentren im Umgang mit Obsoleszenz

Vorgelegt von:

Fabian A. Schulze

Erstgutachter:

Prof. Dr. rer. pol. habil. Hans-Knud Arndt

Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik - Managementinformationssysteme

Zweitgutachter:

Dr.-Ing. Sascha Bosse

Magdeburg Research and Competence Cluster (MRCC)

Eingereicht am:

10.07.2020

Fabian A. Schulze:

Nachhaltige Gestaltung von Rechenzentren im Umgang mit Obsoleszenz
Masterarbeit, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, 2020.

Abstract

Das Vorantreiben einer nachhaltigen Entwicklung in Zeiten von Klimawandel, Energie- und aufkommender Ressourcenknappheit ist global zu einer neuen Herausforderung geworden, wodurch Organisationen in der Verantwortung stehen, Prozesse nachhaltiger zu gestalten. Obsoleszenz als Produktalterung mit teilweise komplexen Entstehungsursachen ist unvermeidbar und im Rahmen der Nachhaltigkeitsbetrachtung stellt sich die Frage, wie in Prozessen entlang des Produktlebenszyklus effektiv mit Obsoleszenz umgegangen werden kann. Speziell im Bereich des Rechenzentrumsbetrieb ist in den letzten Jahren ein deutliches Wachstum der Kapazitäten zu verzeichnen, welches dahin geht, dass Organisationen durch Nutzung sogenannter *Cloud-Computing* Lösungen, Räumlichkeiten, wie auch IT-Equipment abbauen und in zentralisierte Rechenzentren auslagern, wodurch für große Rechenzentren Herausforderungen im nachhaltigen Umgang mit Obsoleszenz wachsen. In Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum *Biere (Sachsen-Anhalt)* konnte ein Ist-Zustand in der Handhabung von Obsoleszenz erfasst werden. Ein Verbesserungsansatz ist, den Umgang mit Obsoleszenz in Rechenzentren als eine strukturierte und zielorientierte Managementaufgabe aufzufassen. Dabei hat sich im Rahmen der Experteninterviews feststellen lassen, dass Obsoleszenzmanagementansätze im operativen Rechenzentrumsbetrieb bereits umgesetzt werden. In Hinblick auf nachhaltige Entwicklung im Umgang mit Obsoleszenz gibt es jedoch noch Optimierungspotentiale in Beschaffungsprozessen, wie der proaktiven Beachtung nachhaltiger Gütesiegel, im Produktlebenszyklusmanagement, wie Möglichkeiten der Wiederverwendung und Reparatur, sowie in der Zusammenarbeit mit Herstellern und Dienstleistern entlang der Lieferkette, um nachhaltiges Produktdesign und nachhaltige Entsorgung bzw. Wiederverwendung durch *Downcycling* zu gewährleisten.

Schlüsselwörter: Nachhaltigkeit, Umweltbezogenes Management, Obsoleszenzmanagement, Obsoleszenz in Rechenzentren

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen mich bei all denjenigen zu bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben. Zuerst gebührt mein Dank Herrn Prof. Dr. rer. pol. habil. Hans-Knud Arndt, der meine Masterarbeit mit großem Einsatz betreut und begutachtet hat. Für die hilfreichen Anregungen, die konstruktive Kritik und die inspirierenden Denkanstöße bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei dem *Data Center Innovations Team* von *T-Systems* an den Standorten Biele und Magdeburg bedanken, die für die Erstellung dieser Masterarbeit relevante praktische Inhalte bereitstellen konnten. Insbesondere möchte ich dabei Herrn Johannes Krafczyk danken, der als Koordinator maßgeblich an der Durchführung der Experteninterviews mitgewirkt hat.

Ein weiterer Dank gilt dem *Akademischen Auslandsamt der Otto-von-Guericke Universität* und der *Fakultät für Informatik* für die Unterstützung meines Auslandssemesters.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und stets ein offenes Ohr für mich hatten.

Abschließend möchte ich mich bei allen gemeinsamen Wegbestreitern, Kommilitonen, Freunden sowie Feinden, inspirierenden Persönlichkeiten und kreativen Köpfen, die ich in meinem Leben kennenlernen durfte, bedanken. Ihr habt mich zu dem Menschen gemacht der ich heute bin. Vielen Dank.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	iii
Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	xi
Abkürzungsverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziele der Arbeit	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen	5
2.1 Nachhaltigkeitsbegriff	5
2.2 Umweltschutz in Organisationen	7
2.2.1 Ziele für nachhaltige Entwicklung	8
2.2.2 Umweltschutz in Informations- und Kommunikationstechnik	10
2.2.3 Green-IT als wissenschaftliches Forschungsfeld	11
2.3 Rechenzentren	12
2.3.1 Beteiligte am Rechenzentrumsbetrieb	14
2.3.2 Anforderungen an den Rechenzentrumsbetrieb	15
2.3.3 Zunehmende Bedeutung von Dienstleistungsrechenzentren	16
2.3.4 Ressourcenverbrauch von Rechenzentren	18
2.4 Obsoleszenz	20
2.4.1 Produktlebenszyklus	21
2.4.2 Gesamtkostenrechnung	24
2.4.3 Formen von Obsoleszenz	27
2.4.4 Geplante Obsoleszenz	28
2.4.5 Herausforderungen im Umgang mit Obsoleszenz	31
3 Obsoleszenz in Rechenzentren	33
3.1 Obsoleszenzfälle in Rechenzentren	33
3.1.1 Obsoleszenz in der IT-Infrastruktur	34
3.1.2 Obsoleszenz in der RZ-Infrastruktur	36
3.2 Erkennung von Obsoleszenz	37
3.2.1 Präventive Erkennung von Obsoleszenz	38
3.2.2 Rechtzeitige Erkennung von Obsoleszenz	39

3.2.3	Nachträgliche Erkennung von Obsoleszenzmustern	39
3.3	Obsoleszenzursachen in Rechenzentren	40
3.3.1	Werkstoffliche Obsoleszenz	40
3.3.2	Funktionale Obsoleszenz	40
3.3.3	Psychologische Obsoleszenz	40
3.3.4	Ökonomische Obsoleszenz	41
3.3.5	Zyklischer Austausch	41
3.3.6	Nicht-Verfügbarkeit	41
3.3.7	Energieeffizienz	42
3.3.8	Gesetzliche Rahmenbedingungen	42
3.3.9	Technische Fortschritte	43
3.4	Vernetzung von Obsoleszenz	43
3.5	Umgang mit Obsoleszenz	45
3.6	Obsoleszenzauswirkungen auf die Gesamtkosten	48
3.7	Bewertung der Nachhaltigkeit	49
4	Obsoleszenzmanagement	51
4.1	Ordnungsrahmen	51
4.2	Ziele und Aufgaben des Obsoleszenzmanagements	53
4.3	Entwicklung eines Obsoleszenzmanagementplans	54
4.4	Obsoleszenzbeständige Gestaltung	55
4.5	Strategische Umsetzung	56
4.6	Messen der Leistung	59
4.6.1	Anforderungen an Obsoleszenzkennzahlen	60
4.6.2	Obsoleszenzkennzahlenbildung	61
4.6.3	Anwendung und Überprüfung der Obsoleszenzkennzahlen	66
4.7	Verbessern der Leistung	67
4.8	Potentiale und Herausforderungen strategischen Obsoleszenzmanagements in Rechenzentren	67
4.9	Kritische Würdigung	69
5	Schlussbetrachtung	73
5.1	Zusammenfassung	73
5.2	Ausblick	75
	Literaturverzeichnis	77
A	Anhang	95
A.1	Experteninterview: Durchführung und Ziele	95
A.2	Fragebogen: Erfassung des Ist-Zustandes	97
A.3	Fragebogen: Rechenzentren und Nachhaltigkeit	99
A.4	Fragebogen: Beschaffung und Vorratshaltung	101
A.5	Fragebogen: Produktlebenszyklusmanagement	103
A.6	Fragebogen: Dokumentation von Obsoleszenz	104
A.7	Fragebogen: Managementaufgaben im operativen Rechenzentrumsbetrieb	106
A.8	Fragebogen: Reparatur und Entsorgung obsoleter Produkte	107
A.9	Fragebogen: Gesamtkostenrechnung	108

Abbildungsverzeichnis

1.1	Struktur der Arbeit	3
2.1	Dreieck der Nachhaltigkeit	6
2.2	Ziele für nachhaltige Entwicklung der UN	10
2.3	Beteiligte am Rechenzentrumsbetrieb	15
2.4	Anforderungen an den Rechenzentrumsbetrieb	16
2.5	Relevanz von <i>Cloud-Computing</i> für deutsche Unternehmen	17
2.6	Energiebedarf in deutschen Rechenzentren im Zeitraum von 2010 bis 2018	19
2.7	Darstellung der Lieferkette	22
2.8	Produktlebenszyklus mit Umsatz- und Gewinnfunktion	24
2.9	Direkte und indirekte Kosten der TCO-Analyse	25
2.10	Wirkungsrichtung von Obsoleszenz	30
3.1	Von Obsoleszenz beeinträchtigte Managementaufgaben im RZ	44
3.2	Gliederung der Instandhaltung	45
4.1	PDCA Zyklus nach W. Edwards Deming	52
4.2	Umsetzung des Obsoleszenzmanagements	56

Tabellenverzeichnis

2.1	Abgrenzung relevanter Umweltbegrifflichkeiten	8
2.2	Phasen des Produktlebenszyklus	23
2.3	Beispielhafte TCO Zusammensetzung für den Betrieb eines Servers	26
2.4	Obsoleszenzformen im Bereich der IKT	27
4.1	Obsoleszenzkategorien der proaktiven Risikoeinstufung	57
4.2	Anforderungen an Obsoleszenzkennzahlen	60
4.3	Gegenüberstellung von Potentialen und Herausforderungen der praktischen Umsetzung	68
A.1	Allgemeine Fragen zum Rechenzentrumsbetrieb	98
A.2	Rechenzentrumsbetrieb und Nachhaltigkeit	100
A.3	Beschaffung von RZ-Produkten	102
A.4	Vorratshaltung von RZ-Infrastruktur	102
A.5	Produktlebenszyklusmanagement in Rechenzentren	103
A.6	Obsoleszenzgründe im Rechenzentrum	104
A.7	Offene Fragen Obsoleszenz im Rechenzentrum	105
A.8	Managementsysteme im RZ	106
A.9	Reparaturdienstleistungen in RZ	107
A.10	TCO	109

Abkürzungsverzeichnis

Aufl.	Auflage
Bd.	Band
BEP	Break Even Punkt
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BOM	Bill Of Material (Stückliste)
BPR	Business Process Reengineering (Geschäftsprozessumgestaltung)
bspw.	beispielsweise
BWL	Betriebswirtschaftslehre
bzgl.	bezüglich
ca.	circa
CPU	Central Processing Unit (Hauptprozessor)
d.h.	das heißt
DCiRE	Data Center infrastructure Resource Efficiency (Rechenzentrumsinfrastrukturressourceneffizienz)
DCRE	Data Center Resource Efficiency (Rechenzentrumsressourceneffizienz)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
e.V.	eingetragener Verein
ebd.	ebenda
EN	Europäische Norm
engl.	englischsprachig
EOL	End of Life (Lebensende eines Produktes)
ERP	Enterprise Resource Planning (Unternehmensressourcenplanung)
etc.	et cetera
EU	Europäische Union

f	folgende (Seite)
FB	Forschungsbericht
ff	fortfolgende (Seiten)
ggf.	gegebenenfalls
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GPU	Grafikprozessor
Hrsg.	Herausgeber
i.d.R.	in der Regel
IEC	International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission)
IKT	Informations-und Kommunikationstechnik
inkl.	inklusive
IP	Internetprotokoll
ISO	International Organisation of Standardization
IT	Informationstechnik
ITEE	IT Equipment Efficiency (IT Equipmenteffizienz)
ITEU	IT Equipment Utilization (IT Equipmentauslastung)
ITRE	IT Resource Efficiency (IT Ressourceneffizienz)
Kap.	Kapitel
KBM	Kundenbeziehungsmanagement
KPI	Key Performance Indicator (Leistungskennzahl)
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LCA	Life-Cycle Assessment (Lebenswegbetrachtung)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MM	Materialmanagement
Nr.	Nummer
OCM	Original Component Manufacturer (Originalteilehersteller)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Originalgerätehersteller)
OM	Obsoleszenzmanagement
OMP	Obsoleszenzmanagementplan
p.	page (Seite)
PCN	Product Change Note (Produktänderungsmitteilung)
PDCA	Plan-Do-Check-Act (Planen-Umsetzen-Überprüfen-Handeln)
PDN	Product Discontinuance Note (Produktabkündigungsmitteilung)

PLM	Produktlebenszyklusmanagement
PLZ	Produktlebenszyklus
pp.	pages (Seiten)
QM	Qualitätsmanagement
RPR	Reactive-Proactive Ratio (Reaktive-Proaktive-Verhältnisgröße)
RZ	Rechenzentrum
S.	Seite
SCM	Supply Chain Management (Lieferkettenmanagement)
SDG	Sustainable Development Goals (Ziele für nachhaltige Entwicklung)
SLA	Service Level Agreement (Dienstleistungsvereinbarung)
SM	Servicemanagement (Dienstleistungsmanagement)
SMART	Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology (Technologie der Eigenmessung, Analyse und Berichterstattung)
sog.	sogenannt
SSD	Solid-State-Drive (Festkörperlaufwerk)
TCO	Total Cost of Ownership (Gesamtkosten des Betriebs)
u.a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
usw.	und so weiter
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
vgl.	vergleiche
VuE	Verhältnisgröße ungeplanter Ersatzbeschaffungen
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Motivation

Der bedeutsame informationstechnologische Wandel hin zu einer digitalisierten Gesellschaft geht notwendigerweise mit einem signifikanten Wachstum der IT Industrie einher. Eine Vielzahl von Tätigkeiten in unserem Alltag werden mit steigender Tendenz digital erledigt. In der Vergangenheit machte sich der technologische Wandel unter anderem durch das *Cloud-Computing* Geschäft, die Etablierung von Kryptowährungen mit einhergehend rechenintensiven Schürfen und der zunehmenden Nutzung von Streaming-Diensten bemerkbar. Dabei sind in jüngster Vergangenheit im Kontext der Corona-Pandemie auch deutlich erkennbare Verschiebungen auf dem Arbeitsmarkt hin zu mehr digitalisierten Heimarbeitsplätzen festzustellen.¹ Allgemein ist hier in der Vergangenheit ein Anstieg in der Verarbeitung großer Datenmengen zu verzeichnen, welche auch zukünftig durch die bevorstehende Etablierung des Mobilfunkstandards *5G* eine signifikante Rolle spielen kann.

Wesentlich beteiligt an der Bereitstellung und Speicherung sowie der Verarbeitung von Daten sind dabei Rechenzentren. Im Rahmen des *Cloud-Computing* Geschäfts lagern Unternehmen verstärkt eigene Kapazitäten an große Dienstleistungsrechenzentren aus, um sich konsequent auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren zu können und die Bereitstellung von IT als vertraglich vereinbarte Dienstleistung einzukaufen, anstatt diese eigenständig zu betreiben. Aus dieser Kapazitätsverschiebung resultiert nicht nur ein quantitatives und qualitatives Wachstum zentralisierter Rechenzentren mit einem nennenswerten Anstieg der gesellschaftlichen Bedeutung, sondern auch eine gesteigerte Verantwortung, Produkte ressourcenschonend zu nutzen und nachteilige Umwelteinwirkungen zu reduzieren. Dabei kann unter anderem durch das Design und die Prozessgestaltung von Rechenzentren nachhaltige Entwicklung vorangetrieben werden, sodass vermehrt neue und innovative Rechenzentrumsprojekte entstehen.

Die primäre Konzentration von Forschung nachhaltiger Rechenzentrumsgestaltung im Kontext der Ressourceneffizienz liegt in bisherigen wissenschaftlichen Arbeit insbesondere auf dem Merkmal der Energieeffizienz. Dabei konnte bereits die bemerkenswerte Feststellung gemacht werden, dass der jährliche Stromverbrauch alleine durch deutsche Rechenzentren näherungsweise dem Jahresstromverbrauch von Berlin entspricht.²

¹ Vgl. [BITKOM, 2020](#)

² Vgl. [Borderstep, 2018](#)

Im Rahmen dieser Arbeit soll zusätzlich zu der Energieeffizienz die nicht zu vernachlässigende Signifikanz der Materialeffizienz als ebenfalls bedeutsamer Faktor der Ressourceneffizienz motiviert werden. Eine im Kontext der Materialeffizienz angesiedelte Herausforderung stellt die Obsoleszenz von Produkten dar, welche daraus resultiert, dass Produkte evidenterweise im zeitlichen Verlauf veraltern, defekt werden und, wie vorgesehen, nicht weiter genutzt werden können. Dabei spielen vor allem die Haltbarkeit und die Nutzung von Produkten in RZ eine wichtige Rolle. Im Gesamtzusammenhang stellt sich insbesondere für große Rechenzentren die Frage, wie nachhaltige Entwicklung unter der Herausforderung von Obsoleszenz vorangetrieben und wie effizienter mit Obsoleszenz umgegangen werden kann.

1.2 Ziele der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit sollen der Umgang mit Obsoleszenz in Rechenzentren dargestellt und Verbesserungspotentiale hinsichtlich nachhaltiger Entwicklung identifiziert werden. Diese Verbesserungsmöglichkeiten dienen wiederum für Rechenzentrumsbetreiber als Motivation zu einer verstärkten Konzentration auf Aspekte der Nachhaltigkeit. Dabei ist das Hauptziel der vorliegenden Arbeit ein wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn im Bereich der nachhaltigen Gestaltung von Rechenzentren, welcher durch die adäquate Beantwortung der folgenden wissenschaftlichen Fragestellung angestrebt wird.

Wie können Rechenzentren im Umgang mit Obsoleszenz eine nachhaltige Entwicklung vorantreiben?

Um dieses übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit zu erreichen gilt es, den Ist-Zustand von Rechenzentren im Umgang mit Obsoleszenz zu skizzieren, diesen kritisch zu beurteilen und darüber hinaus Verbesserungsmöglichkeiten zu motivieren. Dazu soll dem Rezipienten ein Verständnis über die gängigen Tätigkeiten und die umfangreiche Produktlandschaft von Rechenzentren übermittelt werden. Insbesondere soll dem Leser die Bedeutung der Obsoleszenz von Produkten innerhalb der Produktlandschaft verständlich gemacht werden. Die Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Arbeit sollen einerseits eine Grundlage für Forschungsarbeiten zur Ressourceneffizienz von Rechenzentren darstellen und andererseits für Rechenzentrumsbetreiber einen Leitfaden zur Steigerung des Nachhaltigkeitsbewusstseins sowie Verbesserungsansätze zur Handhabung von Obsoleszenz bieten. Um diese Ziele zu erreichen, werden dem Leser schlüssige und zur Beantwortung der wissenschaftlichen Forschungsfrage relevante Inhalte vorgelegt. Dabei ist die Erfassung des Ist-Zustands durch ein leitfadengestütztes Experteninterview mit Verantwortlichen des Rechenzentrums *Biere in Sachsen-Anhalt* gestützt, sodass ein praxisorientierter Bezug wesentlich zu der Beantwortung der Leitfrage beiträgt. Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit wird dabei in das Forschungsfeld der *Green-IT* eingeordnet und verfolgt zugleich einen interdisziplinär geprägten wissenschaftlichen Anspruch. Entsprechend wurde zunächst relevante Literatur ausgewertet und im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit zusammengetragen. Zu diesem Zweck wurden, ausgehend von einschlägiger Literatur aus dem Themengebiet der wirtschaftsinformatischen Nachhaltigkeitsforschung von Rechenzentren, entsprechende Titel aus Literaturlisten, Handapparaten und Literaturverzeichnissen einschlägiger Forschungsarbeiten des zu untersuchenden Themengebietes

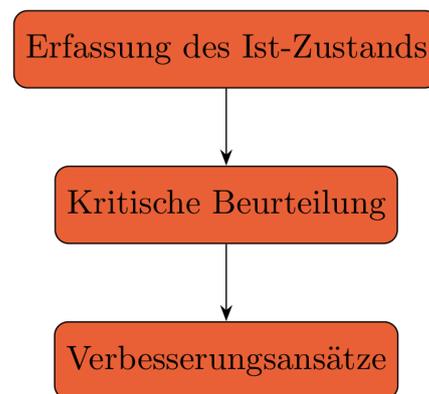
selektiert und evaluiert. Dabei sind eminente wissenschaftliche Forschungserkenntnisse aus angrenzenden Fachbereichen, wie z.B. der Informatik, der Elektrotechnik, der Umweltwissenschaft, des Umweltmanagements, der Umweltmanagementinformationssysteme, des Bauingenieurwesens, der Wirtschaftswissenschaften sowie der klassischen Volks- und Betriebswirtschaftslehre in der vorliegenden Arbeit mit eingebunden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Um das Hauptziel der Arbeit zu erreichen, also auf die vorangegangene wissenschaftliche Frage eine Antwort geben zu können, unterliegt diese zielorientierte Arbeit einer definierten Struktur. Dieser geht eine angewandte, aus einer systematischen und einer pragmatischen Herangehensweise kombinierte Literaturrecherche voraus.¹ Die Darstellung von relevanten Grundlagen zum Verständnis des untersuchten Themengebietes findet in Kapitel 2 statt und vermittelt dem Leser ein grundlegendes Verständnis, um die wesentlichen Darstellungen im Hauptteil der Arbeit nachvollziehen zu können. Hierbei werden explizit relevante Begriffe in den Bereichen der Nachhaltigkeit, des Umweltschutzes, der Informations- und Kommunikationstechnik, des Rechenzentrumsbetriebes und der Obsoleszenz durch Definitionen voneinander abgegrenzt und miteinander in Verbindung gesetzt. Mit Kapitel 2 findet eine Einführung in die Thematik dieser Arbeit statt.

Der Hauptteil der Arbeit basiert wie in [Abbildung 1.1](#) visualisiert auf der Erfassung des Ist-Zustands von Obsoleszenz in Rechenzentren, gefolgt von einer kritischen Beurteilung und anschließender Präsentation von möglichen Maßnahmen zur Verbesserung. In diesem Zusammenhang wird in Kapitel 3 anhand konkreter Fälle dargestellt, wie Obsoleszenz erkannt wird, welche Ursachen dabei zusammenspielen und wie mit Obsoleszenz umgegangen wird. Des Weiteren wird erörtert, welche Zusammenhänge bestehen. Ein praktischer Bezug wird auf Basis eines leitfadengestützten Experteninterviews mit dem Kooperationspartner *T-Systems Biere (Sachsen-Anhalt)*, einem der größten Rechenzentren Europas, hergestellt. Die Auswertung der angehängten Ergebnisse wird zudem maßgeblich bei der Beantwortung der wissenschaftlichen Frage berücksichtigt. Das Kapitel 3 wird mit einer kritischen Beurteilung des erhobenen Ist-Zustands abgeschlossen, welche im Kontext nachhaltiger Entwicklung erfolgt.

Aufbauend auf dieser Kritik wird in Kapitel 4 das Obsoleszenzmanagement als Ansatz zur Optimierung nachhaltiger Entwicklung vorgestellt und seine Praktikabilität in Rechenzentren diskutiert. Dabei wird das Obsoleszenzmanagement strukturiert als zielorientierter Prozess mit Konzentration auf fortlaufender Verbesserung vorgestellt und als Mana-



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 1.1: Struktur der Arbeit

¹ Vgl. [Theisen, 2017, S.60f](#)

gemaßgabe im Rechenzentrum eingeordnet. Zudem wird die Umsetzung durch ein strategisches Vorgehen motiviert und es werden Möglichkeiten zur Überprüfung der Umsetzung des Obsoleszenzmanagements motiviert. Darüber hinaus werden konkrete Kennzahlen im Kontext des Obsoleszenzmanagements dargestellt. Zum Ende des Kapitels werden Herausforderungen und Potentiale eines Obsoleszenzmanagements in Rechenzentren gegeneinander abgewogen und die vorgestellten Verbesserungsansätze kritisch gewürdigt.

Abschließend findet in Kapitel 5 eine Schlussbetrachtung statt, in welcher die erzielten Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschungsarbeit zusammengefasst werden. Davon ausgehend schließt die Arbeit mit einem Ausblick in zukünftige Entwicklung der Thematik ab.

2 Grundlagen

Um den aktuellen Ist-Zustand der Obsoleszenz von Rechenzentren für die Beantwortung der zugrundeliegende Forschungsfrage aus [Abschnitt 1.2](#) zu erfassen, ist es von signifikanter Bedeutung, Einigkeit über relevante Begrifflichkeiten herzustellen. Dazu werden in diesem Kapitel zunächst grundlegende Begriffe aus den Fachgebieten der Nachhaltigkeit und des Umweltschutz, der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), des Rechenzentrumsbetriebs sowie der Obsoleszenzthematik definiert und in Zusammenhang gebracht. Dabei zunächst wird die Aufgabe des Umweltschutz in Organisationen und im Speziellen in Organisationen der IKT als zielorientierte Aufgabe im Kontext nachhaltiger Entwicklung motiviert. Darauf aufbauend wird die Organisation Rechenzentrum vorgestellt, sodass der Leser ein Grundverständnis über Prozesse, Beteiligte und das Geschäftsmodell von Rechenzentren im Kontext der Nachhaltigkeit, erhält. Dabei findet neben der Darlegung der wachsenden Signifikanz von Rechenzentren ein Bezug zu Umwelteinwirkungen, ausgehend von Rechenzentren im Kontext der Ressourceneffizienz, statt. Abschließend wird die Obsoleszenzthematik anhand des Produktlebenszyklus im Kontext von Materialeffizienz innerhalb der Ressourceneffizienz vorgestellt. Dabei wird durch die TCO-Analyse eine kalkulatorische Gesamtkostenerfassung aufgezeigt. Abschließend wird das Phänomen der Obsoleszenz in Erscheinungsformen, Planbarkeit und Herausforderungen vorgestellt, sodass die im Hauptteil vorgestellte Erfassung des Ist-Zustands der Obsoleszenzsituation in Rechenzentren im Kontext der Nachhaltigkeit nachvollziehbar ist.

2.1 Nachhaltigkeitsbegriff

Der Begriff Nachhaltigkeit¹ ist durch die Forstwirtschaft inspiriert und beschreibt grundlegend die Idee, nicht mehr Holz zu ernten, als nachwachsen kann. In einem geschlossenen System, wie in einem Wald mit einem Förster, ist dies eine vergleichsweise zu bewältigende Aufgabe, wohingegen in einem komplex vernetzten kapitalistischen System der nachhaltige Umgang mit globalen und begrenzten Ressourcen eine signifikant größere Herausforderung für alle Beteiligten darstellt.

Der Begriff Nachhaltigkeit findet über die forstwirtschaftliche Perspektive hinaus, seine Anwendung in Politik und Wissenschaft.² Auch in der Wirtschafts- und Finanzwelt ist der Begriff der Nachhaltigkeit längst angekommen. Obgleich keine interdisziplinäre

¹ in der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit werden die Begriffe „Nachhaltigkeit“ und „nachhaltige Entwicklung“ synonym verwendet

² Vgl. [Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken, 2019](#)

Definition des Nachhaltigkeitsbegriffs existiert, so kann gesagt sein, dass die Zielorientierung hinter dem Nachhaltigkeitsbegriff, ausgehend von seinem ökologischen Ursprung, weitere Dimensionen berücksichtigt. In der Nachhaltigkeitsstrategie der deutschen Bundesregierung¹ wird sich dem Begriff Nachhaltigkeit wie folgt angenähert:

*Nachhaltigkeit bedeutet: Nur so viel Holz schlagen, wie auch nachwachsen kann; vom Ertrag – und nicht von der Substanz leben. Mit Blick auf die Gesellschaft heißt das: Jede Generation muss ihre Aufgaben lösen und darf sie nicht den nachkommenden Generationen aufbürden.*²

Während diese Definition von Nachhaltigkeit vom verantwortungsvollen Umgang mit natürlich begrenzten Ressourcen ausgeht, so können unter dem Nachhaltigkeitsbegriff auch soziale Aspekte wie z.B. den der Generationengerechtigkeit eingeordnet werden. Insgesamt ist die nachhaltige Gestaltung kontextunabhängig als langfristige Aufgabe zu verstehen.

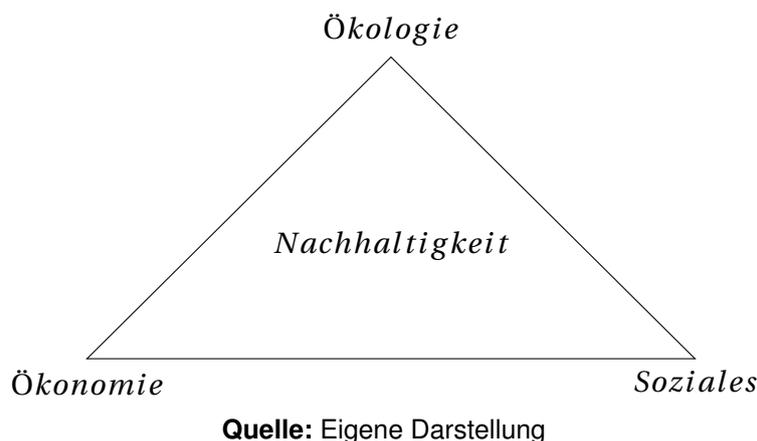


Abbildung 2.1: Dreieck der Nachhaltigkeit

In Ermangelung einer universellen Nachhaltigkeitsdefinition, soll im Rahmen dieser Forschungsarbeit die Zielausrichtung hinter dem Nachhaltigkeitsgedanken als Grundlage für weitere Betrachtungen genügen. Das in [Abbildung 2.1](#) dargestellte Nachhaltigkeitsdreieck erweitert die traditionell gewachsene strategische ökonomische Ausrichtung von Organisationen³ um die Aspekte der Ökologie und des Sozialen. Wie in der klassischen Betriebswirtschaft, steht im Rahmen der ökonomischen Leistung einer Organisation, deren finanzielle Profitabilität im Vordergrund. Dies bedeutet, als höchstes organisatorisches Ziel die langfristige Gewinnmaximierung anzuerkennen.⁴ Die strategische Ausrichtung nach dem Dreieck der Nachhaltigkeit sieht die wirtschaftliche Profitabilität jedoch nur als einen von drei Grundsteinen, die notwendig sind, um nachhaltiges Wachstum zu erreichen. Ebenso wichtig sind die Formulierung und Konkretisierung von sozialen und ökologischen Zielen. Spätestens seit der Vereinbarkeit dieser drei Aspekte bei steigendem

¹ Vgl. Statistisches Bundesamt, 2018

² Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 2018

³ Vgl. Begriff *Organisation* nach DIN EN ISO 14001:2015, S.15

⁴ Vgl. Wöhe / Döring, 2013, S.66f

Gewinn¹ können traditionell gewachsene betriebswirtschaftliche Theorien der einseitigen Ausrichtung organisatorischer Tätigkeiten im Rahmen gewachsener globaler Tätigkeitsfelder als nicht weiter zeitgemäß betrachtet werden. Auch existieren direkte Zusammenhänge zwischen ökologisch nachteiligen Tätigkeiten und den Auswirkungen auf die soziale Dimension, die sich bspw. in Erkrankungen und Todesfällen widerspiegeln.² Im Kontext der Nachhaltigkeit versteht die Bundesregierung in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie „die globale Entwicklung sozial, ökologisch und wirtschaftlich nachhaltig zu gestalten“³

2.2 Umweltschutz in Organisationen

„Klimawandel, Energiewende und Ressourcenknappheit stellen Unternehmen vor neue Herausforderungen mit der Folge, dass sie ihre betriebswirtschaftlichen Abläufe, Strukturen und Produkte entsprechend umwelt- und ressourcenschonend gestalten müssen.“⁴

Einhergehend mit der am ökologischen Eckpunkt des Nachhaltigkeitsdreiecks einzuordnenden umwelt- und ressourcenschonenden Gestaltung von Abläufen in Organisationen wird oftmals die Disziplin des Umweltschutzes aufgeworfen. Es lässt sich am vorausgegangenen Zitat ableiten, dass die Thematik des Umweltschutzes als solche eine aufkommende Bedeutung hat und neue Herausforderungen für Unternehmen darstellt. Bevor sich dieser Thematik im Rahmen der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit detaillierter hingegen wird, ist es zunächst von signifikanter Bedeutung, sich verschiedener mit dem Thema Umweltschutz einhergehender Begrifflichkeiten auseinanderzusetzen und diese durch Definition klar voneinander abzugrenzen. Für den Bereich des Umweltmanagements hat das [Deutsches Institut für Normung e.V. \(DIN\)](#) als „unabhängige Plattform für Normung und Standardisierung“⁵ eine spezifische Normenreihe festgelegt⁶, von welcher ausgehend die in [Tabelle 2.1](#) aufgeführten Begrifflichkeiten zu unterscheiden sind.

Begriff	Definition
natürliche Ressourcen	Eine „weitgefaßte Sammelbezeichnung für alle natürlichen Rohstoffe, Produktionsmittel und Hilfsquellen auf der Erde.“ ⁷ Dabei wird grundsätzlich zwischen regenerierbaren und nichtregenerierbaren Ressourcen differenziert. ⁸
Umwelt	„Umgebung, in der eine Organisation tätig ist einschließlich Luft, Wasser, Boden, natürliche Ressourcen, Flora, Fauna, Menschen und deren wechselseitige Beziehung“. ⁹

¹ Vgl. [Cook et al., 2015](#), pp.5

² Vgl. [ZEIT ONLINE, 2019](#)

³ [BMU, 2018](#)

⁴ [Statistisches Bundesamt, 2018](#), S.92

⁵ [Deutsches Institut für Normung e.V., 2020](#)

⁶ Vgl. [DIN EN ISO 14001:2015](#)

⁷ [Spektrum, 1999](#)

⁸ Für zusätzliche Details zu natürlichen Ressourcen siehe auch [Eurostat, 2020](#) und [Lexas, 2011](#)

⁹ [DIN EN ISO 14001:2015](#), S.16

Umweltbeeinträchtigung (auch Umwelteinwirkung)	(Un-)günstige „Veränderung der Umwelt“ ¹ resultierend aus organisatorischen Tätigkeiten.
Umweltschutz	Gesamtheit aller Maßnahmen zum Schutz der Umwelt, „die dazu dienen, die natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen zu bewahren“. ²
Umweltpolitik	Umweltpolitik „verdeutlicht, warum und wie die Organisation sich umweltorientiert engagiert.“ ³
Umwelthaftung	„Instrument des Umweltschutzes zur Prävention und Kompensation von Umweltschäden“ ⁴ , welches alle „privatrechtlichen Haftungsvorschriften, die auf Ersatz oder Ausgleich von Schaden und Beeinträchtigungen abzielen, die durch nachteilige Veränderungen der Umweltbeschaffenheit verursacht wurden“ ⁵ umfasst. ⁶

Tabelle 2.1: Abgrenzung relevanter Umweltbegrifflichkeiten

Wachsende nachteilige Umwelteinwirkungen sind für Unternehmen bereits seit mehreren Jahrzehnten Anlass und Herausforderung zum umweltpolitischen Handeln.⁷ Eine wichtige Vorgehensweise dabei ist das Vorsorgeprinzip, ein Prinzip „zum präventiven Schutz vor Umweltschäden“.⁸ Ziel ist es, Umweltschäden gar nicht erst aufkommen zu lassen. Sollten Umweltschäden dennoch eintreten, so steht die Frage im Raum, wer die Konsequenzen für entstandene Umweltschäden zu tragen hat. Praktisch fallen oft die Begriffe externe Effekte⁹ bzw. externalisierte Kosten. Dies sind Kosten, die durch „einzelwirtschaftliches Handeln entstehen, aber von der Allgemeinheit bzw. Dritten getragen werden.“¹⁰ Dabei kommen Forderungen der Öffentlichkeit auf, dass Organisationen die Verantwortung für diese Kosten¹¹ und die Beseitigung der auf ihre Tätigkeiten zurückzuführenden nachteiligen Umweltbeeinträchtigungen übernehmen sollen.

2.2.1 Ziele für nachhaltige Entwicklung

Basierend auf der in [Abschnitt 2.1](#) genannten Eckpunkte für Nachhaltigkeit, lassen sich strategische Zielausrichtungen für Organisationen definieren, um nachhaltige Entwicklung zu realisieren. Diese Zielorientierung ist im Konzept des *Triple-Bottom-Line-Ansatz*¹² verankert und berücksichtigt in einer Organisation die

¹ DIN EN ISO 14001:2015, S.17

² Schwarz, 2018, S.215

³ Brauweiler et al., 2018, S.23

⁴ Umweltbundesamt, 2019

⁵ Töpfer, 1987, S.53

⁶ Für Prinzipien der Umwelthaftung siehe auch Arndt, 1997, S.6

⁷ Vgl. Nibbe, 1998, S.9ff

⁸ Feess, 2018b

⁹ Vgl. Konrad-Adenauer-Stiftung e.V., 2020

¹⁰ Feess / Günther, 2018

¹¹ Vgl. Heinrich-Böll-Stiftung e.V., 2017

¹² Vgl. University of Wisconsin, Sustainable Management, 2020

- ökonomische,
- ökologische
- und soziale Leistung.

Die ökonomische Zielorientierung von Organisationen umfasst neben der Gewinnmaximierung, auch die Zufriedenstellung von Anteilseignern und gesamtwirtschaftliches Wachstum.

Die ökologische Zielorientierung einer Organisation umfasst u.a. die Bereiche des Ressourcenschutzes, der Emissionsbegrenzung und der Risikobegrenzung.¹ Dabei geht in puncto Ressourcenschutz die Annahme voraus, dass natürliche Ressourcen auf unserer Erde knapp sind und deshalb ein verantwortungsbewusster und schonender Einsatz natürlicher Ressourcen erstrebenswert ist. Die Emissionsbegrenzung erkennt Umweltprobleme als eine überproportionale Menge an Stoff- und Energieaustauschbeziehungen hinsichtlich eines bestimmten Stoffes und versucht, diese durch Reduktion bzw. Begrenzung zu minimieren. Risikobegrenzung meint u.a. die Sicherung und den Schutz des Gemeinwesens. So können zur Risikobegrenzung bspw. präventive Maßnahmen zur Vorbeugung von Terroranschlägen, Erdbeben, Überflutungen, Naturkatastrophen, etc. vorgenommen werden.

Auch ein übernationales Verbot von Stoffen ist als Möglichkeit einer zu ergreifenden risikobegrenzenden Maßnahme zu nennen. Ein Beispiel dafür ist das Verbot von Fluorchlorkohlenwasserstoffen, deren Verwendung die Gefährdung der Ozonschicht zur Folge hat. Dies hat die nachhaltige Entwicklung vorangetrieben. In Betrachtung der ökologischen Dimension können zudem Maßnahmen, wie die Vermeidung von Abfällen, das Recycling von Abfallprodukten, die Wiederverwendung von Produkten, die Nutzung erneuerbarer Energien, die effizientere Nutzung natürlicher Ressourcen oder die Begrenzung nachteiliger Umwelteinwirkungen durch eine verbesserte Logistik, ergriffen werden. Alle samt folgen dem Ziel, nachteilige Umwelteinwirkungen durch ökologische Maßnahmenergreifung zu reduzieren.²

Eine weitere Zielausrichtung von Organisationen ist die soziale (auch gesellschaftliche) Ausrichtung, unter welcher im engeren Sinne der Umgang mit Arbeitnehmern innerhalb dieser Organisation zu verstehen ist.³ Im weiteren Sinne kann unter dem Begriff auch der Nutzen eines Unternehmens von der Gesellschaft, in welcher es agiert und der Umgang mit Beteiligten entlang der Wertschöpfungskette verstanden werden. Eine Organisation kann bspw. durch gerechte Entlohnung, Arbeitsplatzsicherheit, Mitbestimmung, betriebliche Sozialleistungen und der Sicherstellung von humanen Arbeitsbedingungen mittel- und langfristig nachteiligen gesellschaftlichen Auswirkungen vorbeugen.⁴

Basierend auf den genannten Zielausrichtungen, haben die Vereinten Nationen (*engl. United Nations, kurz UN*) im Jahr 2015 die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (*engl. sustainable development goals, kurz SDG*) definiert, eine Festlegung von konkreten Zielen, an denen sich branchen- und nationenübergreifende Organisationen orientieren sollten. (siehe [Abbildung 2.2](#)) Damit ist der *Triple-Bottom-Line*-Ansatz dahingehend erweitert

¹ Vgl. Arndt, 1997, S.15ff

² Vgl. University of Wisconsin, Sustainable Management, 2020

³ Vgl. Wöhe / Döring 2013, S.67

⁴ Vgl. University of Wisconsin, Sustainable Management, 2020

worden, dass SDG stets in einem globalen und organisationsübergreifenden Kontext zu sehen sind, Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf die Umwelt anhand dieser 17 Ziele präventiv abzuwägen sind und partnerschaftliche Zusammenarbeit zur Erreichung nachhaltiger Ziele durch internationale Konsensfindung einen noch nie zuvor da gewesenen Stellenwert hat.



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2018, S.1

Abbildung 2.2: Ziele für nachhaltige Entwicklung der UN

2.2.2 Umweltschutz in Informations- und Kommunikationstechnik

Der Begriff IKT steht als Oberbegriff für „technische Geräte und Einrichtungen (.), die Informationen aller Art digital umsetzen, verarbeiten, speichern und übertragen können.“¹ Dabei sind Produkte der **Informationstechnik (IT)** und der Kommunikationstechnik in der IKT einzuordnen. Diese zeichnen sich durch eine schnelle technologische Fortentwicklung mit vergleichsweise hohem Innovationspotential und einer besonders hohen Intensität im Bereich Forschung und Entwicklung aus.²

Dem Bereich der IKT sind Kommunikationsanwendungen und -geräte jeglicher Art, wie z.B. Großrechner, PC, Netzwerkgeräte, Fernseher, Smartphones, etc. einzuordnen, welche u.a. der privaten oder geschäftlichen Nutzung dienen können. Ein großes Fachgebiet

¹ BMZ, 2013, S.6

² Vgl. Schaffland, 2017, S.2

in der IKT ist neben der Telekommunikationstechnik die IT, aus deren Blickwinkel vor allem Netzwerktechnologien und Rechenzentren hervorzuheben sind, welche eine wesentliche Grundlage für industrielle Trends wie z.B. dem Internet der Dinge (*engl. internet of things*), der autonomen und vernetzten Fortbewegung von Fahrzeugen, sowie der automatisierte Produktion, bilden.¹ Auch stellt die Etablierung des Mobilfunkstandards 5G, inklusive des generellen Anstiegs des Datenaufkommens sowie die elektronische Datenverarbeitung von großen Datenmengen (*engl. big data*) die IKT vor neue technische und auch nachhaltige Herausforderungen.

Insgesamt kann in den letzten Jahren ein umsatzmäßiges Wachstum der IKT² und ein unmittelbar einhergehender Anstieg der Umweltbelastungen ausgehend von der IKT verzeichnet werden.³ Durch IKT Produkte entstehen direkte und indirekte Umwelteinwirkungen, die sich in den Lebenswegbetrachtungen (*engl. life-cycle assessment, kurz LCA*) einzelner Produkten feststellen lassen.⁴ Daraus resultiert eine steigende Verantwortung der gesamten Branche, zu einer nachhaltigeren Entwicklung beizutragen.

In Anbetracht dieser Verantwortung und des fortschreitenden Klimawandels ist es für Organisationen entscheidend, Umweltschutz nicht nur als Herausforderung zu sehen, sondern auch Chancen darin zu erkennen, bestehende Prozesse hinsichtlich der Ziele nachhaltiger Entwicklung zu verbessern. Denn Umweltschutz stellt für Organisationen nicht ausschließlich einen Kostenfaktor dar, sondern bietet auch Möglichkeiten der Kosteneinsparungen.⁵ In der IKT lässt sich die Praktikabilität dieser Idee z.B. anhand des multinationalen Unternehmens Apple belegen, welches unter Berücksichtigung ausschließlich erneuerbarer Energiequellen im Design des Rechenzentrum (RZ), Kosten durch Energieeffizienzsteigerungen einsparen konnte.⁶

2.2.3 Green-IT als wissenschaftliches Forschungsfeld

In der Wissenschaft hat sich in den letzten Jahren ein wachsender Forschungsbereich um die Gestaltung einer nachhaltigen IKT etabliert.⁷ Dieser Forschungsbereich beschäftigt sich unter anderem mit den Themengebieten der Umweltinformatik, der rechen-technischen Nachhaltigkeit (*engl. computational sustainability*), der nachhaltigen Mensch-Maschine-Kommunikation und der sogenannten Grünen IT (*engl. Green-IT, Green ICT oder auch Green Computing*). Es geht einerseits darum, durch sinnvollen Einsatz von IKT einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Entwicklung zu leisten, andererseits auch darum, die IKT nachhaltiger zu gestalten. Die zugrundeliegende Masterarbeit ist in das Forschungsgebiet der Grünen IKT einzuordnen, welche im folgenden angeschnitten wird, um eine Antwort auf die Forschungsfrage aus [Abschnitt 1.2](#) zu finden.

Die Begriffsdefinition der Forschung rund um das Thema von *Green-IT* ist auf eine Veröffentlichung im *Gartner Report* aus dem Jahre 2007 zurückzuführen.⁸ Demnach kann

¹ Vgl. ebd.

² Vgl. Ewe, 2016, pp.40

³ Vgl. ebd.

⁴ Vgl. Kuehr / Williams, 2007, pp.23

⁵ Vgl. Stadt Freiburg, 2016, S.6ff

⁶ Vgl. Apple, 2018

⁷ Vgl. Hilty / Aebischer, 2015, pp.3

⁸ Vgl. Mingay, 2007, pp.1

das Forschungsgebiet der *Green-IT* verschiedene Forschungsfelder und -aktivitäten umfassen. Primär relevant im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit sind dabei:

- Nachhaltiges Umweltdesign
- Nachhaltige Nutzung von IT Produkten
- Design und Aufbau von Rechenzentren
- Verantwortungsbewusste Entsorgung und Recycling von IT Produkten
- Umweltgütesiegel von IT Produkten¹
- Erhebung und Bewertung von Methoden grüner Metriken
- Risikobegrenzung von Umweltschäden

sekundär relevant und weitere Themen der Forschung um *Green-IT* sind u.a.:

- Nutzung erneuerbarer Energiequellen
- energieeffiziente Berechnungsmethoden
- Energieverwaltung
- Virtualisierung von Servern
- Regelüberwachung

Es kann zunächst vorweggenommen werden, dass es durch *Green-IT* insgesamt einen Anstieg in der Nachfrage nach nachhaltigen IT Infrastrukturen gibt.² Bei der Diskussion um Forschungsfelder der *Green-IT* wird bei genauerer Betrachtung aller zusammenspielender Komponenten oft implizit über Rechenzentren und deren IT-Infrastruktur gesprochen³. In dieser wissenschaftlichen Arbeit liegt die Konzentration auf der nachhaltigen Gestaltung von Rechenzentren und deswegen wird in [Abschnitt 2.3](#) zunächst geklärt, was ein RZ ist, durch welche Charakteristika es sich auszeichnet und welche Organisationseinheiten am Rechenzentrumsbetrieb aktiv zusammenspielen.

2.3 Rechenzentren

Unter einem RZ (bzw. Datenzentrum (*engl. data center*), IT-Zentrum, wenig gebräuchlich auch Rechenzentrale) wird eine „organisatorische Einheit“ verstanden, „die Rechen- und Serviceleistungen zentralisiert anbietet und über leistungsfähige Computersysteme und Softwaresysteme verfügt.“⁴

¹ Vgl. Murugesan, 2008, p.26

² Vgl. Urban / Arndt, 2018, S.297f

³ Channel Partner, 2009

⁴ Lackes / Siepermann, 2018

Dabei wird in Betrachtung von **RZ** grundsätzlich unterschieden zwischen der **RZ-Infrastruktur** - den Räumlichkeiten, Gebäudeeinrichtungen inkl. Sicherheitseinrichtungen, Stromversorgung, Klimatisierung, Netzwerke und Verkabelung, bis hin zur Belegung von Racks - und der **IT-Infrastruktur**, den zentralen technischen und funktionalen Einheiten, die für die Speicherung, Verarbeitung und Bereitstellung von Daten benötigt werden. Dies impliziert primär eine Reihe physischer IT-Equipments¹, welches in **RZ** sog. Verbundprodukte sind, d.h. „sie enthalten eine Vielzahl an Materialien und Bauteilen, die durch vernetzte Strukturen miteinander verbunden sind.“² Neben physischem IT-Equipment, sind der **IT-Infrastruktur** auch eine Vielzahl eingesetzter Softwaresysteme zuzuordnen, wobei in dieser Arbeit unter Software jene verstanden wird, die primär in Verantwortungsbereichen des **RZ** liegt. Diese kann im operativen Betrieb bspw. Software zur Bereitstellung des Netzwerks oder ein Betriebssystem sein.

Nach dem Organisationsbegriff kann ein **RZ** als eine eigenständige Organisation mit „eigenen Funktionen und eigener Verwaltung“³ definiert werden. Abhängig von seiner Größe kann ein **RZ** aus einer komplexen Gebäudelandschaft mit Großkomponenten wie Notfallsystemen, Dieselaggregaten, Kühlsystemen und Kaltgangeinhausung bestehen oder auch nur aus einzelnen Räumlichkeiten mit wenigen Servern⁴, sodass es eine signifikante Unterscheidung in der Größe von **RZ** gibt. Im Rahmen dieser Arbeit zwischen kleinen **RZ** mit einer von IT-Technik genutzten Fläche bis zu $100m^2$, mittelgroßen **RZ** bis $1000m^2$ und großen **RZ** ab $1000m^2$ unterschieden.⁵ Dabei basieren wie eingangs erwähnt praktische Erkenntnisse dieser Arbeit auf Experteninterviews mit Betreibern eines der größten **RZ** Europas mit einer anteiligen IT-Fläche von $11000m^2$.⁶

Weitere Unterscheidungen von **RZ** können u.a. hinsichtlich der Charakteristika Leistungsfähigkeit, Lokation oder Automatisierungsgrad vorgenommen werden.⁷ Dabei entstehen durch Kombination einzelner Charakteristika oftmals innovative Rechenzentrumprojekte. Für eine Abstraktion der Komplexität existenter **RZ** soll im Folgenden neben der Größe eine weitere Unterscheidung zwischen den Ausrichtungen der Tätigkeiten genügen. Dabei wird grundlegend unterschieden in:

- unternehmenseigene **RZ** (sog. *Inhouse*-Rechenzentren)⁸
- und externe Rechenzentren, deren Betreiber primär Dienstleistungen für Kunden bereitstellen (sog. Dienstleistungsrechenzentren (*engl. service data center*))

Während bei unternehmenseigenen **RZ** eine jeweilige Organisation selbst verantwortlich für den störungsfreien Rechenzentrumsbetrieb ist, also auch für das benötigte IT-Equipment und die damit verbundenen Räumlichkeiten, so stellen externe **RZ** für Kunden in klassischen Outsourcing-Lösungen mindestens Räumlichkeiten, in *Cloud-Computing*-Lösungen Räumlichkeiten und IT-Equipment.

¹ Vgl. Rüdiger / Ostler, 2016

² Walther, 2010, S.28

³ DIN EN ISO 14001:2015, S.15

⁴ Siehe dazu auch: Serverräumen (Rechnerräume oder IT-Räume)

⁵ Vgl. BITKOM, 2015

⁶ Vgl. T-Systems, 2020

⁷ Vgl. Rüdiger / Ostler, 2016

⁸ Vgl. DIN EN 50600:2019, S.9

2.3.1 Beteiligte am Rechenzentrumsbetrieb

Wesentlich für den ordnungsgemäßen Ablauf sind eine Vielzahl Akteure, die mit ihren Verantwortungen und Aufgaben aktiv den Rechenzentrumsbetrieb gestalten.¹ Um den Ist-Zustand der Tätigkeiten rund um ein RZ adäquat erfassen zu können, ist es zunächst von essenzieller Bedeutung, die Beteiligten in einem RZ und deren Zusammenwirken zu identifizieren.

Maßgeblich beteiligt am Rechenzentrumsbetrieb sind wie in [Abbildung 2.3](#) aufgezeigt:

- das Management, welches Verantwortung für die Planung, Steuerung und Überwachung des RZ auf Basis einer strategischen Ausrichtung (siehe [Abschnitt 2.2.1](#)) übernimmt. Dabei sind Managementaufgaben im Bereich des RZ vielseitig und umfassen u.a. das [Kundenbeziehungsmanagement \(KBM\)](#), das [Produktlebenszyklusmanagement \(PLM\)](#), das [SCM](#), das [Materialmanagement \(MM\)](#), die Koordination von Dienstleistern im Kontext des Dienstleistungsmanagements (*engl. service management, kurz SM*), die Planung von IT-Infrastruktur im Rahmen eines Plattformmanagements²
- die RZ-Infrastruktur, welche die Gesamtheit aller Anlagen und aller damit einhergehenden Systeme umfasst, die für den Betrieb von IT-Produkten benötigt werden, allerdings ohne die IT-Infrastruktur.
- die Haustechnik, welche u.a. Verantwortungsbereiche rund um die Gebäudeanlagen inkl. einhergehender Zutrittskontrollsysteme, Brandschutzanlagen, Kühlsysteme, Stromversorgung und -verteilungssystemen, übernimmt.
- die IT-Infrastruktur (auch: IT-Technik) wesentlich bestehend aus eingesetztem IT-Equipment, namentlich u.a. Servern, Speichereinrichtungen, Router und Hardware.

Dabei ist zu beachten, dass sich die genannten Einheiten in ihren Tätigkeiten gegenseitig bedingen können. Bspw. können Managemententscheidungen über Veränderungen der RZ-Infrastruktur die Tätigkeiten der Haustechnik direkt beeinflussen. Obgleich in einem RZ die Verantwortungen aufgrund von Größe, Ausstattung, Geschäftsausrichtungen, etc. bei unterschiedlichen Beteiligten angesiedelt sein kann, so ist das übergeordnete Ziel aller Beteiligten, den störungsfreien und reibungslosen Rechenzentrumsbetrieb sicherzustellen.

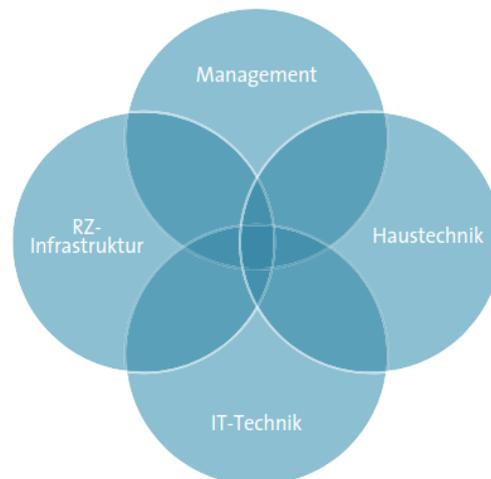
2.3.2 Anforderungen an den Rechenzentrumsbetrieb

Unter einer Anforderung ist eine „Erwartung, (...) die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist“³ zu verstehen. Festgelegt bedeutet, dass Anforderungen nach geschlossenen Verträgen vereinbart werden. Im Rechenzentrumsbetrieb werden Verträge

¹ Für eine detaillierte Übersicht der Verantwortungsbereiche und Aufgabengebiete in RZ siehe außerdem: [Schödwell et al., 2018, S.91ff](#) und [Acton et al., 2017, pp.7](#)

² Vgl. [BITKOM, 2012, S.5ff](#)

³ [DIN EN ISO 9000:2015, S.39](#)



Quelle: BITKOM, 2012, S.3

Abbildung 2.3: Beteiligte am Rechenzentrumsbetrieb

zwischen Betreibern und Kunden in Form von ausgehandelten Dienstleistungsvereinbarungen (*engl. service level agreement, kurz SLA*) geschlossen. Als verpflichtende Anforderungen gelten die Einhaltung von Recht und Gesetz. Üblicherweise vorausgesetzt bedeutet, dass es für Organisationen oder Interessenvertreter der Regelfall ist, dass eine Anforderung erfüllt ist.

Um die Gestaltung eines RZ nachzuvollziehen, sind die in [Abbildung 2.4](#) gestellten Anforderungen an RZ zu berücksichtigen. Besonders hohe Anforderungen werden an die Verfügbarkeit, also die „Fähigkeit einer Einheit, zu einem gegebenen Zeitpunkt oder während eines gegebenen Zeitintervalls eine geforderte Funktion unter gegebenen Bedingungen erfüllen zu können“¹ der IT-Infrastruktur gestellt. Dies impliziert auch eine durchgängige Verfügbarkeit und Funktionsfähigkeit der RZ-Infrastruktur, wobei für RZ eine Gesamtverfügbarkeit von 100% erstrebenswert ist. In SLA wird vertraglich ein Wert näherungsweise 100% vereinbart. Diese Anforderung ist insofern bedeutsam, als dass in der Praxis wesentliche Bereiche u.a. in der Telekommunikation, der Flug- und Raumfahrttechnik, der Finanzdienstleistungen oder der Wasserversorgung von dieser Verfügbarkeit abhängen. Um dieser Anforderung nachzukommen, werden Systeme mitunter redundant gehalten und es existieren Einrichtungen zur Notfallversorgung, um Verfügbarkeit auch in Krisenfälle wie bspw. flächendeckenden Stromausfällen zu gewährleisten.

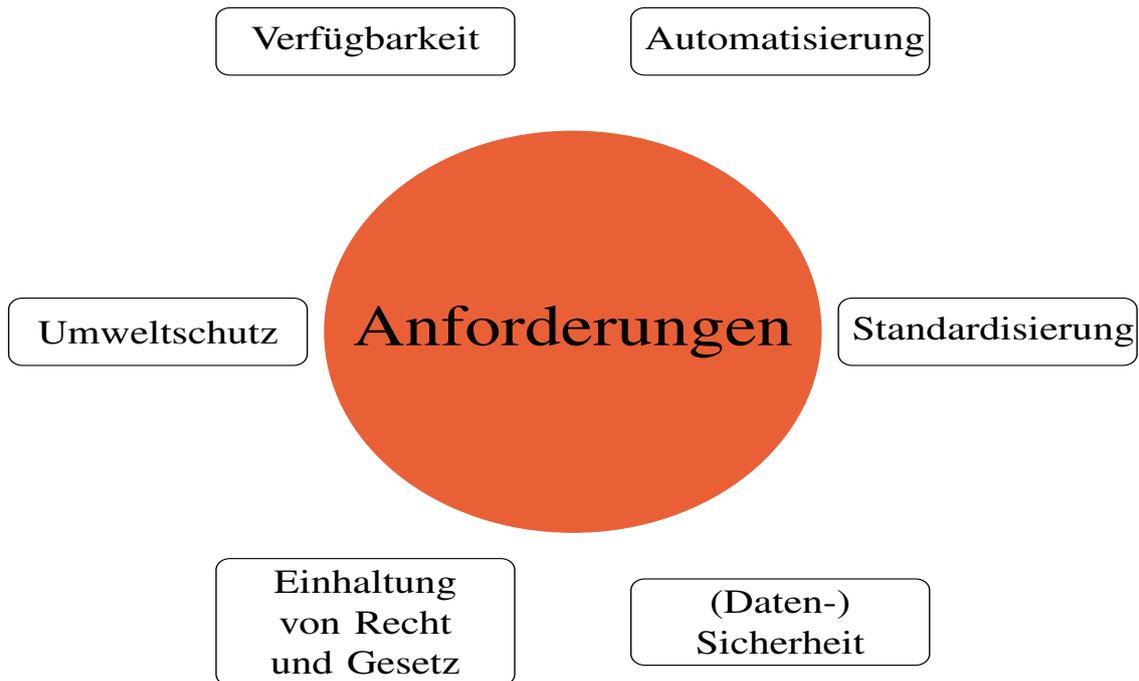
Eine nach im Experteninterview erlangten Erkenntnissen noch bedeutsamere Kundenanforderung ist die Datensicherheit, die deutschen Unternehmen besonders wichtig ist.² Unter Datensicherheit ist der Schutz von kundenspezifischen Daten zu verstehen. Diese Anforderung wird über den gesamten Lebensweg (siehe [Abschnitt 2.4.1](#)) eingefordert, sodass sichergestellt werden muss, dass Daten nicht ungewollt in die Hände Dritter gelangen.³ Außerdem werden Anforderungen an Automatisierungsgrad, also den Anteil „der selbsttätigen Funktionen an der Gesamtheit der Funktionen“⁴ im Rechenzentrumsbetrieb und an Vereinheitlichung von Dienstleistungen im Kontext von Standardisierung gestellt.

¹ DIN EN 50600:2019, S.8

² Vgl. KPMG / Bitkom Research, 2019

³ Vgl. DIN EN ISO/IEC 27001:2017, S.22ff

⁴ Vgl. DIN IEC 60050-351:2014, S.31



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 2.4: Anforderungen an den Rechenzentrumsbetrieb

Ferner werden von Kunden Anforderungen an den Umweltschutz in RZ gestellt, dabei konnte im RZ Biere in den vergangenen sechs Monaten ein Anstieg in der Nachfrage nach *Green-IT*, wie schon in angrenzender Literatur angedeutet¹, festgestellt werden. Primär geht es den Kunden um die nachhaltige Gestaltung von IT-Lösungen als Teil ihrer eigenen Wertschöpfung.

2.3.3 Zunehmende Bedeutung von Dienstleistungsrechenzentren

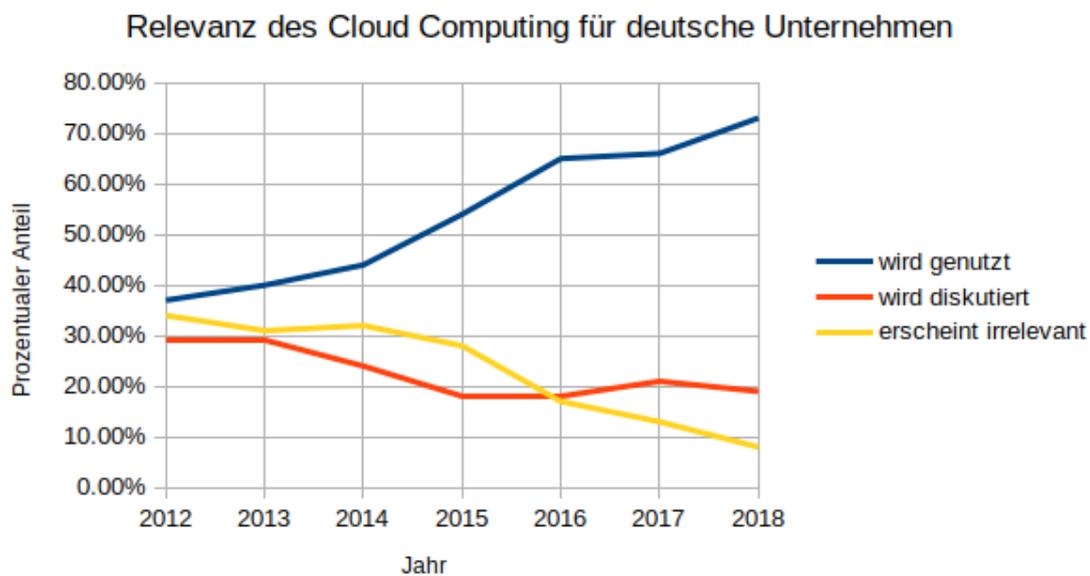
Wie in Abschnitt 2.2.3 vorausgegangen stellen RZ in der Diskussion um nachhaltige Gestaltung der IKT einen wesentlichen Bestandteil dar. In der Vergangenheit sind organisationsübergreifend Steigerungen nachhaltiger Entwicklung zu verzeichnen. Dies wurde u.a. dadurch erreicht, dass durch *Cloud-Computing*-Lösungen bestehende Infrastruktur in Dienstleistungsrechenzentren effizienter genutzt wird. Wie oben beschrieben wird beim *Cloud-Computing* für Kunden RZ-Infrastruktur und in SLA vertraglich vereinbarte IT-Infrastruktur bereitgestellt, sodass die Kunden letztendlich ausschließlich ihre eigene Software - sog. Anwendungssoftware - auf ihnen zur Verfügung gestellten Kapazitäten betreuen.² Dieser Ansatz ermöglicht eine effizientere organisationsübergreifende Nutzung von IT-Infrastruktur, da für jene Anwendungen „immer [nur] die aktuell benötigte Menge an Ressourcen zur Verfügung“³ gestellt wird.

Abbildung 2.5 gibt einen Überblick über die Nutzung des technischen Angebots von deutschen Unternehmen. Während im Jahr 2012 lediglich 37% der deutschen Unternehmen

¹ Vgl. Urban / Arndt, 2018, S.297ff

² Vgl. Mertens et al., 2016, S.10

³ Baun et al., 2009, S.2



Quelle: Eigene Darstellung; Datenbasis: (KPMG und Bitkom Research, 2016, 2017, 2018, 2019)

Abbildung 2.5: Relevanz von *Cloud-Computing* für deutsche Unternehmen

Cloud-Computing-Lösungen in ihren Unternehmen nutzen und 29% die Einführung diskutiert haben, so haben damals über ein Drittel aller Unternehmen den praktische Einsatz und damit die Auslagerung von Kapazitäten in Rechenzentren als belanglos bewertet.¹ In den vergangenen Jahren hat sich ein signifikanter Anstieg ergeben, so haben bereits knapp drei Viertel (73 Prozent) aller befragten Unternehmen die Technologie genutzt und in ihre Geschäftsprozesse integriert.² Auch die Tendenz der deutschen Unternehmen, welche *Cloud-Computing* für nicht relevant im Rahmen ihrer Geschäftsprozesse bewerten, sank im betrachteten Zeitraum von 34% auf 9%.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Kunden in den vergangenen Jahren ausgesprochen Gebrauch von den Vorteilen des *Cloud-Computings* gemacht haben und so ein enormer Anstieg in der Auslagerung von Kapazitäten hin zu zentralisierten Dienstleistungsrechenzentren festzustellen ist. Laut einer Gartner Prognose³ aus dem Jahr 2018, werden sich bis 2025 rund 80% der Unternehmen vollständig von ihren lokalen, traditionellen Rechenzentren lösen und tendenziell eigene Hardwarekapazitäten an externe Dienstleistungsrechenzentren abtreten.

Infolge eines zunehmend ansteigenden Datenaufkommens und der bevorstehenden Etablierung des Mobilfunkstandards 5G gibt es derzeit keinen Grund zur Annahme, dass sich in naher Zukunft ein grundlegender Wandel abzeichnen wird und weitere Kapazitätsauslagerungen den Stellenwert von Dienstleistungsrechenzentren verstärken werden.

¹ Vgl. KPMG / Bitkom Research, 2016

² Vgl. KPMG / Bitkom Research, 2019

³ Vgl. Costello, 2018 und Ostler, 2018

2.3.4 Ressourcenverbrauch von Rechenzentren

Basierend auf dem Kapazitätswachstum in Dienstleistungsrechenzentren entsteht aus der Anforderung an Umweltschutz auch ein Anstieg der Bedeutung nachhaltiger Gestaltung. Wie vorausgegangen kann derzeit im RZ Biere ein Anstieg in der Nachfrage nach *Green-IT* verzeichnet werden. Nachhaltige Gestaltung eines RZ dreht sich vor allem um den Begriff der Ressourceneffizienz, also dem „Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses zum dafür nötigen Ressourceneinsatz“¹, wobei Ressourcen „Mittel [sind], die in die Produktion von Gütern und Dienstleistungen eingehen“.² Wesentliche Ressourcen, die im Rechenzentrumsbetrieb zum Einsatz kommen, sind Energien und Materialien in der RZ- und IT-Infrastruktur.

Unter dem Aspekt der Energieeffizienz wurden in vorausgegangenen Forschungsprojekten bereits Kennzahlensysteme und Ordnungsrahmen zur Überwachung der Energieeffizienz in Rechenzentren³ entwickelt, an welchen sich Rechenzentrumsbetreiber orientieren können, um eine nachhaltigere Entwicklung voranzutreiben. Bisher wurden organisationsübergreifend technische Energieeinsparpotentiale für die Bereitstellung von IT-Kapazitäten u.a. durch *Cloud-Computing* realisiert⁴ und es liegen auf granularer Ebene weitere Einsparungspotentiale vor, z.B. in der Performanzoptimierung von Anwendungssoftware sowie damit verbundener effizienterer Hardwarenutzung.⁵

Wie bedeutsam der Energieverbrauch von RZ ist, zeigt die Grafik in *Abbildung 2.6*, welche den Energiebedarf von RZ in der Bundesrepublik Deutschland auf der Abzisse im zeitlichen Verlauf von 2010 bis 2018 darstellt. Auf der Ordinate ist der zusammengerechnete Energiebedarf in Milliarden Kilowattstunde⁶ angegeben. Summa Summarum ergibt sich für das Jahr 2018 ein Energiebedarf von 14 Terawattstunde, dieser lässt sich u.a. auf die IT-Produkte Server und Speichereinrichtungen (*engl. storage*) sowie auf weitere Produkte, die für die Bereitstellung des Netzwerks, Kühlung und Stromversorgung benötigt sind, aufteilen. Wenngleich die Studie keinen zuverlässigen Aufschluss darüber gibt, aus welchen Energiequellen der Energiebedarf anteilig zurückzuführen ist, so kann im betrachteten Zeitraum - trotz realisierter Energieoptimierungsmaßnahmen - ein Anstieg des von RZ ausgehenden Energiebedarfs von über 33% verzeichnet werden. Hierbei gehen die Autoren vor allem von einem durch IT-Produkte im RZ bedingten Anstieg des Energiebedarfs aus.⁷

Ein nicht unerheblicher Bestandteil des in *Abbildung 2.6* aufgeführten Energiebedarfs sind die rund 25% für die Kühlung des RZ benötigten Energien. So ergeben sich in Kühlsystemen, die im RZ zum Einsatz kommen, deutliche Einsparungspotentiale. Historisch und infolge gesteigerter Abwärme wurden Techniken den erkannten Umweltherausforderungen angepasst⁸ mit dem Ergebnis, dass im Design klassische Raumluftkühlungssysteme durch innovative Wasserkühlungssysteme, Umluftklimageräte oder auch adiabatische

¹ VDI 4800 Blatt 1:2016, S.9

² Voigt et al., 2020

³ Vgl. Marx Gómez / Gizli, 2018, S.3ff und Uddin / Abdul Rahman, 2012, pp.2052

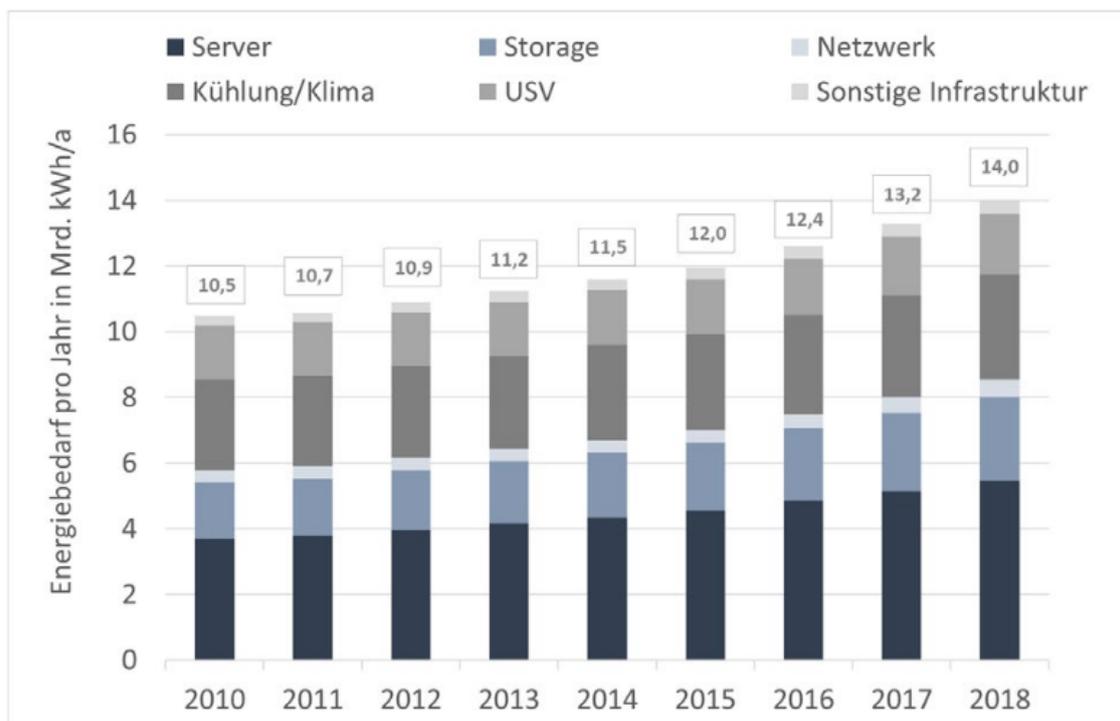
⁴ Vgl. Hintemann / Clausen, 2016, S.109ff

⁵ Vgl. dazu auch: Kachris et al., 2019, pp.87

⁶ Dies entspricht der Umrechnung in Einheiten Terawattstunde mit dem Umrechnungsfaktor 10⁹:1

⁷ Vgl. Borderstep, 2018

⁸ Vgl. Tsai, 2019



Quelle: Hintemann, 2020

Abbildung 2.6: Energiebedarf in deutschen Rechenzentren im Zeitraum von 2010 bis 2018

Kühlungssysteme ersetzt wurden. Von RZ ausgehende Umwelteinwirkungen werden vor allem verdeutlicht durch Wasserkühlungssysteme, die Wasser als natürliche Ressource in großen Mengen zur Kühlung verwenden und dieses als erhitztes Abwasser wieder der Umwelt zurückführen sowie durch innovative Projekte wie die Versenkung sog. Containerechenzentren in Ozeanen¹ mit dem Ziel, den Energiebedarf zu reduzieren.

Insgesamt kann gesagt sein, dass RZ weltweit zu den Großabnehmern von Energie gehören und „vor dem Hintergrund der fortschreitenden Digitalisierung (.) ein weiterer Anstieg auch künftig zu erwarten“² ist. Kritik an der Erfassung des Energiebedarfs besteht darin, dass „der tatsächliche Bedarf der Rechenzentren an elektrischer Energie (.) jedoch weitaus höher [sei]“³ und konsequenterweise auch sog. graue Energien zu berücksichtigen sind. Unter grauer Energie wird der Energiebedarf verstanden, der in vor- und nachgelagerten Tätigkeiten des Einsatzes von Produkten benötigt ist. Dabei ist zu beachten, dass für die Herstellung eines üblichen IKT Produktes ca. 60 verschiedene chemische Grundelemente verarbeitet werden, wobei in vorgelagerten Tätigkeiten besonders die Gewinnung und Verarbeitung von natürlichen Ressourcen wie Gold, Silber, Kupfer, Neodym und Tantal zu nennen sind.⁴ Auch werden in IKT Produkten eine Vielzahl sog. gefährlicher Substan-

¹ Vgl. Wittenhorst, 2018

² Umweltbundesamt, 2017

³ Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 2017

⁴ Vgl. ebd.

zen verwendet¹, wodurch die ordnungsgemäße Entsorgung, als nachgelagerte Tätigkeit, gesondert zu betrachten ist.

Ressourceneffizienz geht, wie sich an dieser Kritik zeigt, weit über den Aspekt der Energieeffizienz hinaus und betrachtet alle eingesetzten Ressourcen, so auch Materialien.² Dahingehend wird im Folgenden der Begriff der Materialeffizienz - also dem Verhältnis zwischen Materialaufwand für ein Produkt und dem Nutzen des Produktes³ - aufgeworfen. Unter dem Aspekt der Materialeffizienz ist die Betrachtung von Haltbarkeit und der Umgang mit Produkten entlang des **Produktlebenszyklus (PLZ)** als zusätzliches Optimierungspotential hinsichtlich nachhaltiger Entwicklung denkbar, welchem sich im Folgenden in ausführlicher Weise hingegeben wird. Hier spielt insbesondere der Begriff der Obsoleszenz eine zentrale Rolle, der in **Abschnitt 2.4** aufgegriffen wird und für die Beantwortung der zugrundeliegenden wissenschaftlichen Fragestellung, nämlich wie im Umgang mit Obsoleszenz eine nachhaltigere Entwicklung vorangetrieben werden kann, primär relevant ist.

2.4 Obsoleszenz

Unter Obsoleszenz ist „die [in seiner Herstellungsweise, seinen Materialien oder Ähnlichem angelegte] Alterung eines Produkts, das dadurch veraltet oder unbrauchbar wird“⁴ zu verstehen.

Obsoleszenz steht damit als zentraler Begriff für die „Kurzlebigkeit in der [sog.] Wegwerfgesellschaft“⁵ und stellt eine signifikante Herausforderung für nachhaltige Entwicklung dar. In weiterer Literatur wird das Auftreten von Obsoleszenz auch als andauernder Vorgang des Ungebräuchlichwerdens beschrieben.⁶ Dementsprechend ist die Obsoleszenzbetrachtung einer Organisation ebenso wie die Betrachtung des Lebenszyklus einzelner Produkte (siehe **Abschnitt 2.4.1**) stets über einen definierten Zeitraum zu sehen, wobei vorweggenommen werden kann, dass Obsoleszenz unvermeidlich ist.⁷

Die Debatte um Obsoleszenz ist in den vergangenen rund 15 Jahren vermehrt in wissenschaftlichen Publikationen untersucht worden⁸ und auch der medial aufbereitete Zielkonflikt zwischen Industrie in der Täterrolle gegenüber den Verbrauchern in der Opferrolle⁹ verstärkt die Notwendigkeit der Forschung um Obsoleszenz.

Folgende Abschnitte beschreiben den idealtypischen Lebensweg von Produkten und kategorisieren das Inerscheintreten von Obsoleszenzen in verschiedenen Formen. Zudem

¹ weitere Literatur zu giftigen Substanzen in IKT Produkten vgl. [European Commission, 2020](#); [IT-Recycling-Festplatten Schreddern, 2020](#) und [TCO Certified, 2020](#)

² Vgl. [Bundeszentrale für politische Bildung, 2014](#)

³ Vgl. ebd.

⁴ [Duden, 2019](#)

⁵ [Jaeger-Erben et al., 2016](#), S.91

⁶ Vgl. [Bradley / Dawson, 1998](#), p.123

⁷ Vgl. [DIN EN 62402:2017](#), S.11

⁸ Vgl. [Hübner, 2013](#), S.9 für eine Übersicht an Literatur zu (geplanter) Obsoleszenz

⁹ Vgl. [Prakash et al., 2016](#), S.31 u.288f; [Stiftung Warentest, 2013](#); [Becker, 2017](#); [Sawall, 2013](#); [Böcking, 2013](#)

wird das Phänomen der geplanten Obsoleszenz als künstlich herbeigeführte Produktalterung behandelt und es werden aus Obsoleszenz resultierende Herausforderungen für Organisationen abgeleitet. Um die wissenschaftliche Fragestellung aus [Abschnitt 1.2](#) zu klären, wird im Rahmen dieser Arbeit die Obsoleszenzbetrachtung auf die Gestaltung des Rechenzentrumsbetrieb im Speziellen erörtert.

2.4.1 Produktlebenszyklus

Um sich der Entstehung von Obsoleszenz hinzugeben, ist es entscheidend, den gesamten Lebensweg eines Produktes zu verstehen. Ein Produkt kann alles sein, „was entwickelt und hergestellt wird mit dem Ziel, es selbst oder seine Nutzung zu verkaufen“.¹ Dieser sehr weitgefaste Begriff kann im Rechenzentrumsbetrieb u.a. auf Maschinen, Produktionsanlagen, Transportmittel, Anlagegüter, Infrastruktur, langlebige Gebrauchsgüter, wie z.B. auf Server und deren eingebaute Hard- und Software, Verbrauchsmaterialien, sonstige Materialien sowie auf Dienstleistungen und Versicherungen angewendet werden. Für alle diese Produkte lässt sich ein Lebensweg skizzieren.²

„Mit Produktlebensweg oder Produktlebenszyklus bezeichnet man aufeinander folgende und miteinander verbundene Stufen eines Produktsystems von der Rohstoffgewinnung oder Rohstoffherzeugung bis zur stofflichen oder energetischen Verwertung oder endgültigen Beseitigung des Produktes.“³

Diese zugrundeliegende Definition des [PLZ](#) zeigt eine zeitbezogene untere Grenze der Produktherstellung (Rohstoffgewinnung) sowie eine obere Grenze (endgültige Produktbeseitigung) auf. Zwischen diesen beiden Zeitpunkten liegt ein für das Produktleben relevanter Zeitraum, welcher im Folgenden in verschiedene Phasen eingeteilt wird. (siehe [Tabelle 2.2](#)) Idealtypischerweise durchläuft ein Produkt während seines Lebenswegs alle fünf Phasen.⁴

Dabei ist zu verstehen, dass an einem Produktleben eine Vielzahl von Akteure aktiv beteiligt ist. (siehe [Abbildung 2.7](#)) So gibt es Organisationen, die sich bspw. auf den Abbau oder die Verarbeiten von natürlichen Ressourcen zu Einzelteilen spezialisieren, welche wiederum mit Produzenten zusammenarbeiten, die sich auf die Zusammensetzung von Einzelteilen spezialisieren. Dann kann es ggf. mehrere Zwischenhändler geben, bevor ein Produkt tatsächlich genutzt wird. Auch nach der Nutzung von einem oder mehreren Nutzern, gibt es wiederum Entsorger, die an der Beseitigung und Verwertung eines Produktes beteiligt sind. Der koordinierte „Fluss aller Materialien und Informationen“⁵ wird als Lieferkette bezeichnet, wobei die Koordination der Tätigkeiten die Managementaufgabe des SCM darstellt.

¹ [Sandler 2009](#), S.6

² Anm.: Ausgenommen vom [PLZ](#) sind Innovationen und Technologien, für welche anstelle des [PLZ](#) der Technologielebenszyklus anzuwenden ist. Für weiterführende Literatur zur Veränderung von Technologien im zeitlichen Verlauf siehe auch [Gochermann, 2020](#), S.5ff. Eine Obsoleszenzbetrachtung von Technologien findet außerdem in [Amankwah-Amoah, 2017](#) statt.

³ [Borderstep, 2019](#)

⁴ Vgl. [Wöhe / Döring, 2013](#), S.84f

⁵ [Duden, 2020](#)



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 2.7: Darstellung der Lieferkette

Die Produktlebensbetrachtung ist für die Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung dahingehend von Relevanz, als dass eine Grundlage geschaffen wird, auf der die Nachhaltigkeit eines Produktes zu verstehen ist. Geeignet erscheint hierbei der Produktlebenszyklus, weil dieser „das Leben eines Produktes aus Sicht der Industrie“¹ beschreibt und sich die Handhabung dieses Zyklus als Managementaufgabe, dem **PLM**, bereits etabliert hat. Dabei ist das **PLM** im operativen Rechenzentrumsbetrieb u.a. verantwortlich für die Planung, Beschaffung und Entsorgung von Infrastrukturkomponenten entlang des **PLZ**.²

	Phase im PLZ	Beschreibung
1.	Einführungsphase	Vor der Markteinführung werden finanzielle Mittel u.a. zum Aufbau von Produktionsstätten und vorgelagerten Tätigkeiten zur Produktentwicklung benötigt, sodass negative Gewinne erzielt werden. Die Einführungsphase zeichnet sich durch hohe Kosten für die Markteinführung des Produktes aus, mit dem Risiko, dass das Produkt vom Markt überhaupt nicht angenommen wird. Die für den Markteintritt aufgewendeten Kosten überschreiten die anfänglich verhältnismäßig geringen Umsätze.
2.	Wachstumsphase	Die Wachstumsphase beginnt mit dem Break Even Punkt (BEP) zu „an dem eine Ausbringungsgröße [Umsatz] eine Einsatzgröße [Kosten] erstmalig im Zeitablauf überschreitet“ ³⁴ , und somit ein Gewinn erwirtschaftet wird. Die Absatzmengen, der Umsatz, der Gewinn und die Bekanntheit des Produktes steigen in dieser Phase und das Produkt etabliert sich auf dem Markt.
3.	Reifephase	In der Reifephase ist das Produkt bei verhältnismäßig hohem Marktanteil besonders profitabel. In dieser Phase erreichen die Umsatz- und Gewinnfunktionen ihre Hochpunkte. Hersteller sind dementsprechend bemüht, diese Phase so lang wie möglich zu gestalten, um den Absatz hoch zu halten, bspw. durch die Etablierung von Produktvariationen oder Maßnahmen zur Kostenoptimierung. Spätestens in dieser Phase entsteht eine Konkurrenzsituation, in welcher Mitbewerber versuchen, ähnliche Produkte auf dem Markt einzuführen.

¹ Sendler, 2009, S.9

² Vgl. BITKOM, 2012, S.12

³ Pape / Weber, 2018b

⁴ Für die Analyse des **BEP** siehe Pape / Weber, 2018a

4.	Sättigungsphase	In der Sättigungsphase sättigt sich die Nachfrage, d.h. Konsumenten fragen das Produkt nicht weiter in derartig hohem Maß wie bisher nach. Es sind bei starker Konkurrenzsituation Rückgänge in Umsatz und Gewinn zu verzeichnen.
5.	Degenerationsphase	Die Degenerationsphase zeichnet sich dadurch aus, dass der Markt ein Produkt nicht mehr abnimmt. Dies hat zur Folge, dass das Produkt aus dem Markt genommen werden muss. Hierbei wird kein bzw. ein negativer Gewinn erzielt und es können zusätzlich Kosten für die Entsorgung des Produktes anfallen. In dieser Phase endet der Lebenszyklus des Produktes, auch Lebensende (<i>engl. end of life, kurz EOL</i>) genannt. Bei Maßnahmen wie Produktmodifikation durchläuft das modifizierte Produkt als neues Produkt den PLZ erneut.

Tabelle 2.2: Phasen des Produktlebenszyklus

Abbildung 2.8 stellt die Entwicklung von Umsatz und Gewinn mit Hilfe der Funktionen *Umsatz U* und *Gewinn G* dar. In vertikaler Ausrichtung ist die Höhe von *U* und *G* abzu- lesen. In horizontaler Ausrichtung entlang der x-Achse ist der zeitliche Verlauf in die in Tabelle 2.2 aufgeführten Phasen des PLZ unterteilt.

In Betrachtung des PLZ kann davon ausgegangen werden, dass die Lebensdauer eines Produktes eine planbare Größe ist, an der sich die Produktentwickler orientieren können und dies in der Praxis auch tun.¹ Indem die Zeitspanne zwischen Markteinführung und Degeneration reduziert wird, kann der PLZ insgesamt verkürzt werden, was aus Sicht des Produktherstellers profitabel ist. Entgegen dieser einseitigen Betrachtung kann auch der Produktnutzer im Rahmen des PLM Maßnahmen ergreifen, um einzelne Phasen länger als vom Hersteller vorgesehen zu gestalten und damit ein Produkt länger als geplant zu nutzen. Hier sind die folgenden Kennzahlen zu differenzieren:

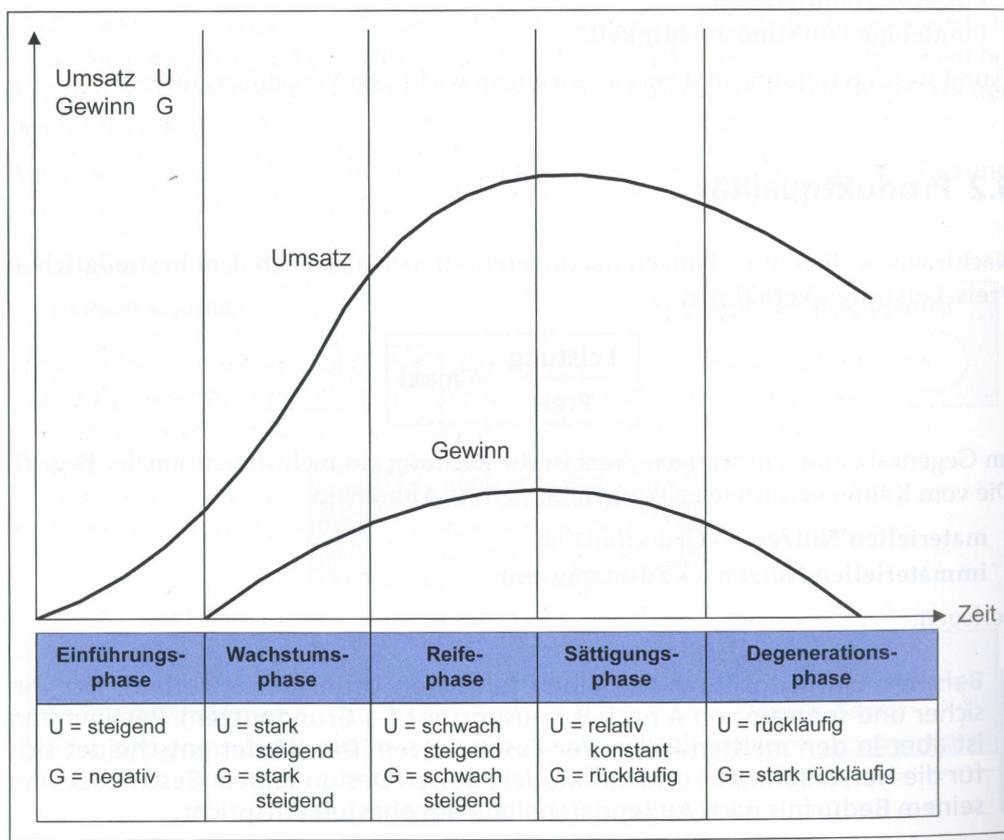
- Produktlebensdauer: Gesamtlebensdauer eines Produktes von der Entwicklung bis zur Entsorgung
- Produktnutzungsdauer: „Zeitraum von der Vermarktung über die Erstnutzung bis zum Ende der Verwendung innerhalb des Sekundärmarktes“²

Diese Kennzahlen sind stets im Kontext der Materialeffizienz, also dem Verhältnis von Materialaufwand zu Nutzen³, zu betrachten. Wird der Materialaufwand für die Herstellung eines Produktes als konstant betrachtet, so kann die Materialeffizienz durch längere Nutzung gesteigert werden. Dabei ist zu beachten, dass auf längstmöglichen Produktlebensdauer zu bestehen nicht immer zielführend ist. Es ist der gesamte PLZ zu betrachten,

¹ Prakash et al., 2016, S.289

² VDI Zentrum Ressourceneffizienz, 2019

³ Vgl. Bundeszentrale für politische Bildung, 2014



Quelle: Wöhe / Döring, 2013, S.400

Abbildung 2.8: Produktlebenszyklus mit Umsatz- und Gewinnfunktion

um durch Produktvariationen, -modifikationen und -innovationen technische Fortschritte zu erzielen, die dem Ziel dienen, die Ressourceneffizienz voranzutreiben. Im folgenden Abschnitt wird vorgestellt wie eine Kostenbetrachtung entlang des PLZ aussehen kann.

2.4.2 Gesamtkostenrechnung

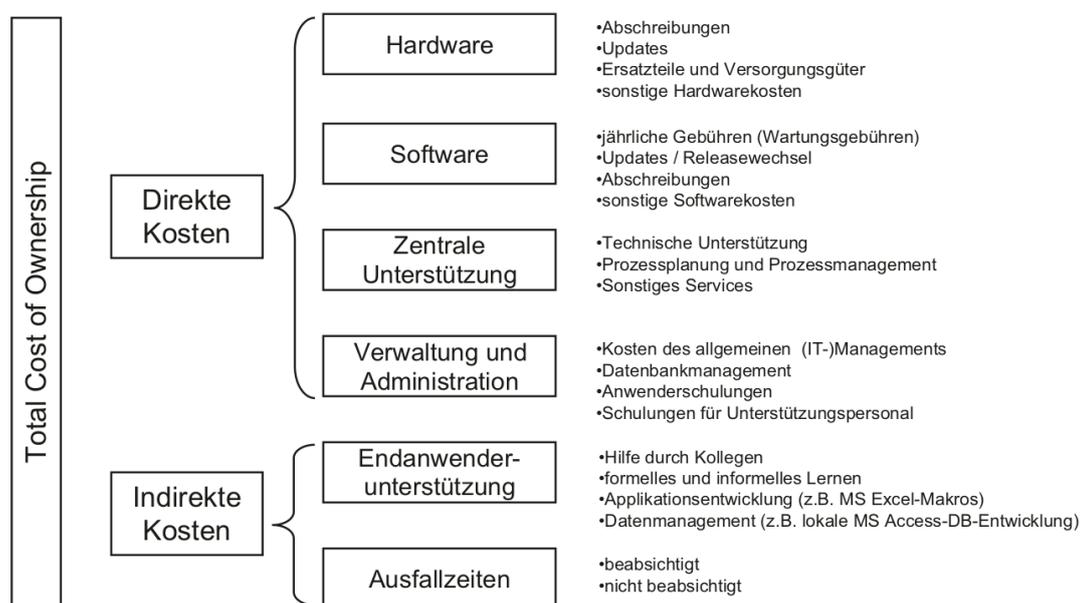
Für jede Investition im RZ ist eine Kostenbetrachtung im Voraus unerlässlich, dies gilt sowohl für Anlagen und Großkomponenten der RZ-Infrastruktur, die langfristig genutzt werden, als auch für einzelne IT-Produkte wie Hard- und Software sowie IT-Dienstleistungen. Fachlich ist diese Betrachtung u.a. im Lieferkettenmanagement (*engl. supply chain management, kurz SCM*)¹ sowie in der unternehmerischen Steuerung (*engl. controlling*) angesiedelt und betrachtet die Organisation RZ aus einem betriebswirtschaftlichen Blickwinkel. Im Folgenden werden die Gesamtkosten des Betriebs (*engl. total cost of ownership, kurz TCO*) als kalkulatorische Größe vorgestellt.

Die „TCO-Analyse ist ein Werkzeug des IT-Controllings zur Ermittlung der Gesamtkosten während des Lebenszyklusses einer IT-Investition“²

¹ Vgl. Chrzanowski, 2020

² Gadatsch, 2020, S.44

Um die Kosten eines Produktes über seinen gesamten Lebensweg (siehe [Abschnitt 2.4.1](#)) korrekt und näherungsweise vollständig zu erfassen, ist die Betrachtung der Gesamtkosten entscheidend. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass der eigentliche Kaufpreis eines Produktes nur einen geringen Teil an den Gesamtkosten darstellt, die im Laufe des Lebenszyklus - beginnend mit der Beschaffung und endend mit der Entsorgung - anfallen.¹ Durch die TCO Kostenanalyse sollen mit dem Produkt verbundene Kosten transparent gestaltet und idealerweise im betrieblichen Rechnungswesen erfasst werden. Grundsätzlich lassen sich dabei Kosten in direkt und indirekt anfallende Kosten aufteilen. (siehe [Abbildung 2.9](#))



Quelle: Gadatsch, 2020, S.45

Abbildung 2.9: Direkte und indirekte Kosten der TCO-Analyse

Der günstigste Kaufpreis für ein Produkt impliziert folglich nicht die geringsten Kosten, da dieser einen relativ geringen Anteil an den TCO hat.² So können direkt und indirekt anfallende Kosten, die ein Produkt verursacht den Kaufpreis signifikant übersteigen. Zusätzliche Kosten, wie bspw. Betriebskosten, Kosten zur Beseitigung von nachteiligen Umwelteinwirkungen, Wartungskosten, Entsorgungskosten, etc. sind sichtbar zu machen und als Kriterien der Kostenbewertung über den Kaufpreis hinaus, bereits vor der Beschaffung heranzuziehen, um Produkte untereinander vergleichbar zu machen. Dabei sind vor allem laufende Kosten, wie z.B. die benannte Energienutzung, zu berücksichtigen. Außerdem existiert nach der TCO Kalkulation ein verbleibender Restwert von Produkten nach ihrer Nutzung, da ein Produkt bzw. Einzelteile eines Produktes nach der Nutzung i.d.R. noch einen Materialwert aufweisen.³

¹ Vgl. Gadatsch, 2020, S.44f

² Vgl. Graco Inc, 2020

³ Vgl. ebd.

Durch TCO-Analyse werden sämtliche anfallende Kosten indentifiziert und es bieten sich so vrschiedene Möglichkeiten der Kostenoptimierung. Der praktische Einsatz von TCO als Teil der organisatorischen Steuerung in RZ ist unabdingbar und die Anwendung von TCO Modellen kann hier zu erheblichen Kosteneinsparungen führen.¹ Wenig verwunderlich bildet TCO die Basis aller Kalkulationsmodelle in RZ.(siehe Abschnitt A.9)

Im RZ werden für die Erbringung einer IT-Dienstleistung alle relevanten Dienste erfasst und mit produktionsnahen Kosten über den geplanten Verwendungszeitraum versehen. Relevante Dienste können u.a. Anschaffung, Wartung Betrieb, Installation, Deinstallation und Reinvestition sein. In Tabelle 2.3 wird eine TCO Betrachtung für den Betrieb - also die Leistungsbereitstellung „mittels des Einsatzes von Produktionsfaktoren für Dritte“² - eines Servers vorgestellt. Der Betrieb eines Server dient in diesem Beispiel der Erbringung einer Dienstleistung für Kunden im Rahmen des *Cloud-Computing*. Dabei besteht die Zusammensetzung dieser Dienstleistung aus der Gesamtheit aller genutzten Dienste. Die TCO dieser Dienstleistung sind die Summe aller damit verbundenen Kostenblöcke.

	Dienst	Kostenblock
Direkte Kosten	Beschaffung	Transportkosten
		Personalleistungen
	Aufbau	Personalleistungen
	Inbetriebnahme	Personalleistungen
	Betrieb	Absetzung für Abnutzung
		Wartungsleistungen
		Stromkosten
	Servicelevel	Werkzeuge
Personalleistungen		
Abbau	Personalleistungen	
Verschrottung	Entsorgungskosten	
Indirekte Kosten	Ausfallzeiten	Opportunitätskosten
	Umwelteinwirkungen	Beseitigungskosten
		Haftungskosten
(In-)Direkte Kosten	Sonstige Dienste	Sonstige Kosten
Summe	Betrieb eines Servers	Gesamtkosten (TCO)

Tabelle 2.3: Beispielhafte TCO Zusammensetzung für den Betrieb eines Servers

Entscheidend ist in der praktischen TCO-Analyse die Kostenblöcke mit konkreten Zahlenwerten zu versehen. Dies kann sich bei direkt anfallenden Kosten als kompliziert herausstellen, besonders dann wenn Personalleistungen anteilig umgelegt werden. Demgegenüber steht in großen RZ eine bedeutsame Inanspruchnahme von externen Dienstleistungen, wobei selten eigenes Personal eingestellt, sondern bei Bedarf eine externe Dienstleistung beauftragt wird. Aus Sicht des Rechenzentrumsbetreiber wird die TCO-Analyse dahingehend vereinfacht, dass Personalleistungen wie z.B. für den Aufbau des Servers ein eindeutiger Kostenwert eines inanspruchgenommenen Dienst zugewiesen werden kann. Wenngleich die TCO-Analyse für Produkte im RZ in der Praxis durch Nutzung marktführender kaufmännischer Systeme vereinfacht und automatisiert werden kann, ist die

¹ Handlin, 2013

² Schmidt et al., 2018

Bemessung indirekter Kosten wie Opportunitäts- und Folgekosten bspw. von Ausfällen oder nachteiliger Umwelteinwirkungen, sowie sonstige Produktivitätsverluste grundsätzlich umstritten.¹

Im Rahmen dieser Arbeit dient die TCO Berechnung als Grundlage, um die Auswirkungen von Obsoleszenz in Kosten ausdrücken zu können. Um sich den Auswirkungen von Obsoleszenz auf die Gesamtkostenbetrachtung hingeben zu können, ist zunächst das komplexe Auftreten von Obsoleszenz detaillierter zu untersuchen. Dazu findet im folgenden Abschnitt eine Unterteilung von Obsoleszenz in Erscheinungsformen statt.

2.4.3 Formen von Obsoleszenz

Das Phänomen der Obsoleszenz lässt sich in der Praxis nicht auf das Unbrauchbarwerden von Produkten als natürliche Veralterung eines Produktes reduzieren, da verschiedene Gründe Ursache sein können. Dafür ist essenziell, die jeweiligen Formen des Auftretens von Obsoleszenz voneinander abzugrenzen und klar unterscheidbar zu machen. In [Tabelle 2.4](#) wird Obsoleszenz im Bereich der IKT, basierend auf einer Vielzahl an Praxisbeispielen, in die Formen der werkstofflichen², der funktionalen, der psychologischen und der ökonomischen Obsoleszenz unterteilt.³

Obsoleszenzform	Definition
werkstoffliche Obsoleszenz	„Defekte aufgrund mangelnder Leistungsfähigkeit von Materialien oder Komponenten“. ⁴
funktionale Obsoleszenz	Es werden neue Anforderungen an die Fähigkeit eines funktionierenden Produktes gestellt, die das Produkt jedoch nicht in vollem Umfang erfüllt. ⁵
psychologische Obsoleszenz	Hierbei ist die gezielte „Beeinflussung der Psyche des Konsumenten“ ⁶ gemeint. Ein Produkt wird trotz qualitativ ordnungsgemäßem Zustand als obsolet betrachtet, da Modegründen oder andere Veränderungen zu einer weniger begehrenswerten Erscheinung beitragen. ⁷
ökonomische Obsoleszenz	Ein Produkt könnte zwar technisch repariert werden, der Nutzen ist allerdings geringer als der ökonomische Aufwand einer Reparatur und lohnt sich somit nicht.

Tabelle 2.4: Obsoleszenzformen im Bereich der IKT

¹ Vgl. [Gartner, 2020](#)

² In wissenschaftlicher Literatur wird der Begriff der werkstofflichen Obsoleszenz synonym mit den Begriffen absolute (nach Cooper) bzw. qualitative Obsoleszenz (nach Packard) verwendet.

³ Die Unterteilung erfolgt auf Basis des in angrenzender Literatur untersuchten Auftretens von Obsoleszenz in der IKT. Vgl. [Prakash et al., 2016](#) und [Oehme et al., 2017](#)

⁴ [Oehme et al., 2017](#), S.2

⁵ Vgl. [Gutberlet, 2017](#)

⁶ [Reuß / Dannoritzer, 2013](#), S.56

⁷ Vgl. [Packard / McKibben, 2011](#), S.61

Im Bereich der werkstofflichen Obsoleszenz ist vor allem der Einsatz bzw. die Verarbeitung minderwertiger Materialien zu nennen, durch welche ein vorzeitiger Defekt eines oder mehrerer Einzelteile aufkommt, woraus auch ein Defekt des Gesamtsystems resultieren kann.¹ Dabei sind durchaus Praxisbeispiele zu identifizieren, deren Obsoleszenz ausschließlich auf werkstofflich minderwertige Bauteile zurückzuführen ist.²

Eine weitere Form der Obsoleszenz, die funktionale Obsoleszenz, ergibt sich aus gestiegenen Anforderungen an ein Produkt. Hier kann z.B. das Einspielen eines Softwareupdates bzw. Softwareupgrades genannt werden, für welche eine zugrundeliegende Hardware nicht weiter die zusätzlich benötigten Kapazitäten stellen kann. Infolge der gestiegenen Anforderung, einzelne Hardwareprodukte ausgetauscht werden müssen, um den Anforderungen weiter nachzukommen.

Werkzeuge zur Herbeiführung von psychologischer Obsoleszenz sind u.a. Werbung, Marketing und Öffentlichkeitsarbeit. Dabei setzen Unternehmen in ihrer Verkaufsstrategie gezielt auf psychologische Kauffaktoren, sodass Kunden zu regelmäßigen Neukäufen angeregt werden, bspw. mit der Absicht, stets als vermeintlich erste einem neuen Trend nachzugehen.³ Diese Art ist besonders in Geschäftsbeziehungen zwischen Unternehmen und Privatpersonen, dem sog. Business-to-Customer (B2C) Geschäft, verbreitet.

Als Beispiel einer ökonomischen Obsoleszenz sind die Preisgestaltung von Dienstleistungen oder Ersatzteilbeschaffungen zu nennen. So kann ökonomische Obsoleszenz z.B. an überproportional teuren Einzelteilen oder überproportional hohen Kosten für Reparaturdienstleistungen eines Produktes liegen, sodass für einen Kunde keine ökonomischen Anreize existieren, den Defekt eines Einzelteils selbst zu beheben oder das Produkt reparieren zu lassen und stattdessen ein Neukauf sinnvoll erscheint.

In den letzten Jahren ist ein allgemeiner Anstieg von Obsoleszenz im IKT Bereich zu beobachten, im Besonderen ist hierbei ein Anstieg von werkstofflicher und funktionaler Obsoleszenz zu verzeichnen.⁴ Dieser Anstieg und die Tatsache, dass die Wahl der genutzten Werkstoffe und eingesetzten Komponenten in letzter Konsequenz i.d.R. dem Hersteller obliegt, stoßen eine neue Diskussion um den Begriff der „geplanten Obsoleszenz“ an. Dahingehend erscheint es sinnvoll, sich mit dem Begriff in detaillierter Ausführung zu beschäftigen. Dies geschieht in [Abschnitt 2.4.4](#).

2.4.4 Geplante Obsoleszenz

Geplante Obsoleszenz kann als eine spezielle Produktion von Gütern definiert werden, wobei die Kunden dazu gedrängt werden, nützliche Produkte, trotz einer unwirtschaftlich kurzen Lebensdauer, wiederholt zu kaufen.⁵ Erstmals wurde das Phänomen der geplanten Obsoleszenz in der Literatur als Mittel zur Bekämpfung der Weltwirtschaftskrise der 1920er und frühen 1930er Jahre bezeichnet, womit es wirtschaftsgeschichtlich kaum älter

¹ Vgl. Schridde in [ARD, 2013](#), ab 0:55

² Vgl. ebd.

³ Vgl. [Schulze / Grätz, 2011](#), pp.47

⁴ Vgl. [Prakash et al., 2016](#), S.21

⁵ Vgl. [Bulow, 1986](#), pp.730

als 100 Jahre ist.¹ Der Autor schlägt dabei vor, dass der Staat durch verordnete Verfallsdaten für bestimmte Gebrauchsgegenstände festlegen kann, wie lange diese verwendet werden dürfen. So kann langfristig eine regelmäßig hohe Nachfrage nach jenen Gebrauchsgegenständen garantiert werden.² Die Obsoleszenzthese - eine These, dass es einen geplanten vorzeitigen Verschleiß gibt und dieser in der Industrie systematisch eingesetzt wird - wurde in der deutschen Literatur erstmalig 1976 aufgefasst.³ Dabei wurden technische Geräte, wie z.B. Elektrohaushaltsgeräte auf geplanten Verschleiß untersucht. Es konnte damals keine konkrete Nachweisbarkeit der Obsoleszenzthese geliefert werden, obgleich in der Bevölkerung ein grundsätzlich subjektives Gefühl existierte, dass es eine Strategie des geplanten Verschleißes geben müsse. Der Autor belegt dieses Gefühl mit auffällig hohen Produktionszahlen für vermeintlich langlebige Güter.⁴ Wenngleich nach deutscher Rechtslage geplante Obsoleszenz dem Straftatbestand des Betrugs gerecht werden kann⁵, existiert diese subjektive Wahrnehmung noch heute im Zeitalter der fortschreitenden Digitalisierung⁶ Dies liegt nicht zuletzt „an unseren im Markt vorhandenen ökonomischen Anreizstrukturen“⁷

Als geplante Obsoleszenz bezeichnet man „Strategien und Vorgehensweisen der Hersteller und des Handels, um durch Verkürzung der Nutzungszyklen den Neukauf von Produkten [zu] beschleunigen.“⁸

Von signifikanter Bedeutung ist hierbei die Unterscheidung zwischen Lebensdauererwartung und tatsächlicher Nutzungsdauer eines Produktes. Grundsätzlich kann geplante Obsoleszenz wie in [Abbildung 2.10](#) dargestellt, in zwei verschiedenen Zeitintervallen eintreten. Einerseits vorzeitig, andererseits verzögert. Während die vorzeitige Obsoleszenz eine tatsächliche Lebensdauer eines Produktes geringer als die Lebensdauererwartung beschreibt, kann unter dem Begriff der geplanten Obsoleszenz auch die technische Auslegung von Produkten zur Erreichung einer sinnvollen Lebensdauer unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten verstanden werden, bei welcher die tatsächliche Lebensdauer höher ist als die Lebensdauererwartung eines Produktes.⁹

Wenngleich sich Übernutzung von Produkten in Form verzögerter Obsoleszenz nicht zwangsweise erstrebenswert ist, soll in dieser Arbeit die Konzentration insbesondere auf der vorzeitigen Obsoleszenz liegen. Sofern es sich um vorzeitige Obsoleszenz handelt, ist geplante Obsoleszenz „als Produkteigenschaft ein Fehler im Sinne eines nachhaltigen Qualitätsverständnisses“¹⁰. Formen der geplanten Obsoleszenz können dabei nach dem Grad des Vorsatzes differenziert werden. Es wird unterteilt in:

1. Bewusst geplanten vorzeitigen Verschleiß (bewusster Vorsatz)

¹ Vgl. [Schridde et al., 2013](#), S.5

² Vgl. [London, 1932](#), pp.3

³ Vgl. [Röper, 1976](#)

⁴ Vgl. [Röper, 1976](#), S.313ff

⁵ Vgl. [Hoven, 2019](#), S.3113f

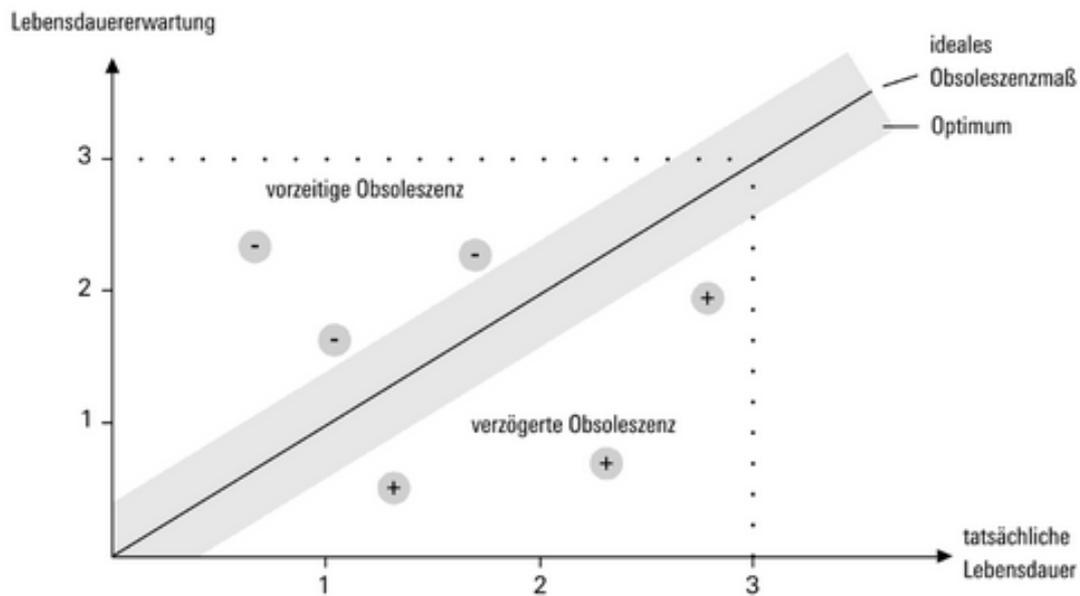
⁶ Vgl. [Adrion / Woidasky, 2019](#), pp.13

⁷ [Schridde et al., 2013](#), S.6

⁸ [Schridde, 2015](#), S.1

⁹ Vgl. [Poppe / Longmuß, 2019](#), S.26

¹⁰ [Schridde, 2017](#), S.63



Quelle: Poppe / Longmuß, 2019, S.27

Abbildung 2.10: Wirkungsrichtung von Obsoleszenz

2. gewollten vorzeitigen Verschleiß
3. Billigend in Kauf genommenen schnellen Verschleiß
4. Antifeatures (künstlich errichtete Hindernisse (*engl. defective by design*))

Entwickelt ein Produkthersteller ein Produkt so, dass bewusst in Kauf genommen wird, dass jenes Produkt vorzeitig obsolet wird, so kann hierbei zurecht ein bewusster Vorsatz unterstellt werden.¹ Jedoch ist die Nachweisbarkeit des bewussten Vorsatzes äußerst schwierig. Oftmals ist auch nur der Ausfall eines Einzelteils in einem Produkt geplant, hierbei werden gezielte Schwachstellen in Produkte eingebaut, wodurch in Konsequenz jedoch das gesamte Produkt obsolet wird.² Die Nachweisbarkeit zeigt sich hier höchstens in der Verurteilung von Unternehmen,³ weniger im tatsächlichen Zugeständnis.

Der Hersteller ist bemüht, Nutzungszyklen kurz zu halten, damit in regelmäßigen Abständen ein noch funktionierendes Produkt ersetzt wird. Während der Kunde durch sein Nutzungsverhalten anteilig zu gewolltem Verschleiß beiträgt, so kann der Produzent u.a. zu folgenden Mitteln greifen:

- Ersatzteile und Dienstleistungen aus dem Sortiment nehmen
- Ersatzteile und Dienstleistungen verteuert anbieten

Es existiert kein ökonomischer Anreiz für den Kunden, Reparaturen vornehmen zu lassen, stattdessen wird der Kunde in die Situation gedrängt, ein neues Produkt anzuschaffen.

¹ Vgl. Schridde et al., 2013, S.12

² Vgl. Schridde in ARD, 2013, ab 0:55

³ Vgl. Morris, 2020

Einerseits preiswerte, andererseits auch in Hinblick auf Qualität der Verarbeitung minderwertige Produkte oder auch nur einzelne Produktteile werden schnell obsolet. Ein Produzent kann diese Produkte bzw. Produktteile entsprechend kostengünstig herstellen und nimmt dabei schnellen Verschleiß durch minderwertiges Design billigend in Kauf.

Unter Antifeatures werden Merkmale eines Produktes verstanden, die dessen optimale Funktionsfähigkeit einschränken. Ferner ergibt sich für Hersteller von Hard- und Software auch die Möglichkeit, technische Steigerungsraten von IKT Produkten „künstlich zurückzuhalten, obwohl größere Techniksprünge möglich wären“¹

Das Design eines Produktes bildet insgesamt einen erheblichen Grundstein in der ganzheitlich nachhaltigen Betrachtung eines IKT Produktes. So sollten auch IKT Produkte in ihrem Design über den innovativen und funktionsfähigen Anspruch hinaus, Aspekte wie Langlebigkeit und Umweltfreundlichkeit berücksichtigen.² Geplante Obsoleszenz und der Designansatz von künstlich errichteten Hindernissen steht damit in Konflikt und in direktem Widerspruch zu den bewährten Designkonzepten und zeigt ferner auf, dass das Phänomen der Obsoleszenz von IKT Produkten vielseitig ist. Nichtsdestotrotz existiert Uneinigkeit über die tatsächliche Nachweisbarkeit geplanter Obsoleszenz von IKT Produkten. Aufgrund ökonomischer Anreizstrukturen in der Wettbewerbssituation auf dem IKT Markt ist es jedoch nicht auszuschließen, dass geplante Obsoleszenz zum Einsatz kommt.

Es kann festgehalten werden, dass Obsoleszenz nicht so eindimensional ist wie im oben angedeuteten medial aufbereiteten Zielkonflikt und sowohl Hersteller, als auch Kunden haben direkt Einfluss auf die Lebens- sowie die Nutzungsdauer von Produkten. Die Nachweisbarkeit und der Vorsatz sind umstritten, wenngleich der Gründer von *Microsoft Corp.* im Jahr 2006 geplante Obsoleszenz als Basis für Geschäftserfolg definiert hat:

„The only big companies that succeed will be those that obsolete their own products before someone else does.“³

2.4.5 Herausforderungen im Umgang mit Obsoleszenz

Wie vorausgegangen tritt Obsoleszenz in verschiedenen Formen auf und auch komplexe Kombinationen einzelner Formen sind in der Praxis nachgewiesen. Entscheidend ist zu verstehen, dass Produktobsoleszenz unvermeidbar ist und somit grundsätzlich jede Organisation von den Folgen einer Obsoleszenz betroffen sein kann. Entsprechend stellt dies Organisationen vor die primäre Herausforderung, Obsoleszenz angemessen zu handhaben. Jene Herausforderungen für Organisationen in Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung lassen sich anhand der Dimensionen des Nachhaltigkeitsdreiecks (siehe [Abbildung 2.1](#)) aufzeigen.

In Betrachtung des Eckpunkts Ökonomie kann unvorhersehbar eintretende Obsoleszenz einen enormen Kostenfaktor für Organisationen darstellen. Dieser Kostenfaktor kann vor

¹ Schridde et al., 2013, S.15

² Vgl. Vitsoe Ltd, 2020

³ Gates, Bill, 2006, so zitiert in Koshiol, 2019 und Rajagopal et al., 2014, p.76

allem dann kritisch sein, wenn Nachschub, Ersatzteile und/oder Unterstützung, um nachteilige Auswirkungen einer Obsoleszenz zu minimieren, schwer zu erhalten sind. Besonders schwerwiegend ist dies, wenn Anforderungen, die an die Tätigkeit einer Organisation gestellt werden nicht weiter in vollem Umfang erfüllt werden können. Weitere ökonomische Kriterien im Kontext vorzeitiger Obsoleszenz sind steigende Ressourcenknappheit und Preisschwankungen auf den Energie- und Rohstoffmärkten, die sich wiederum auf die Beschaffungskosten neuer Produkte auswirken. Diese Beschaffungskosten können bei gesteigertem Nutzen und gesteigerter Materialeffizienz nachhaltig reduziert werden.

Im konkreten Fall des Rechenzentrumsbetrieb ist aus dem sozialen Blickwinkel ein Ausfall mit teilweise verheerenden Auswirkungen auf die Gesellschaft verbunden. Sollten in Folge von Obsoleszenz (dies impliziert auch die Behebung einer Obsoleszenz) wesentliche Produkte der RZ-Infrastruktur oder gar der gesamte Rechenzentrumsbetrieb ausfallen, sind allumfassende gesellschaftliche Folgen kaum absehbar¹, daher ist eine Notfallplanung, die u.a. redundante Infrastruktur und Notstromaggregate umfasst, unabdingbar. Ebenfalls sind soziale Auswirkungen in Schwellen- und Entwicklungsländer in Folge geringer Materialeffizienz erkennbar und herausfordernd.²

Neben den nachteiligen Auswirkungen entlang der ökonomischen und sozialen Dimension des Nachhaltigkeitsdreiecks sind letztendlich vor allem ökologische Umweltbelastungen infolge steigender Abfallmengen und einer Ausbeutung natürlicher Ressourcen als herausfordernd zu betrachten, insbesondere dann, wenn jene durch Planung, Überwachung oder Überprüfung vermeidbar wären. Herausfordernd erscheint in Hinblick auf alle drei Dimensionen der Umgang mit natürlichen Ressourcen im Kontext der Ressourceneffizienz. Dabei kann die Handhabung von Obsoleszenz durch Optimierung von Materialeffizienz, wie bspw. durch eine Annäherung der Nutzungsdauer an die technische Produktlebensdauer, wie folgt motiviert werden:

Wenn die Nutzungsdauer eines Produktes an dessen technische Lebensdauer angenähert wird, steigt der Zeitraum, in dem eine Funktion bereitgestellt wird, ohne hierfür erneut Ressourcen (insbesondere Energie und Material) für die Produktion aufzuwenden.³

Es kann festgehalten werden, dass Organisationen im Umgang mit den Herausforderungen von Obsoleszenz eine zielorientierte Strategie einschlagen sollten, um nachteilige Auswirkungen auf nachhaltige Ziele zu minimieren.

¹ Für Praxisbeispiele zu den Folgen eines Ausfalls vgl. [Mansmann, 2015](#) und [Runge, 2019](#)

² Vgl. [Bundeszentrale für politische Bildung, 2014](#)

³ [VDI Zentrum Ressourceneffizienz, 2019](#)

3 Obsoleszenz in Rechenzentren

Ausgehend von der aufgezeigten Obsoleszenzthematik geht dieses Kapitel verstärkt auf die Situation der Obsoleszenz in **RZ** ein. Ziel des Kapitels ist die Präsentation des Ist-Zustandes von Obsoleszenz in **RZ**, welche eine wesentliche Grundlage bildet, um später eine Antwort auf die wissenschaftliche Fragestellung aus **Abschnitt 1.2** geben zu können. Ein grundlegender Bestandteil dieses Kapitels sind Erkenntnisse aus einem im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit praktisch durchgeführten und leitfadengestützten Experteninterviews. Eine detaillierte Beschreibung der Durchführung sowie eine Zusammenstellung aller gestellten Fragen und gegebenen Antworten ist an diese wissenschaftliche Arbeit angehängt. (Siehe **Kapitel A**) Die gegebenen Antworten sind wesentlich in die folgende Obsoleszenzbetrachtung eingearbeitet und werden bei der Beantwortung der wissenschaftlichen Frage maßgeblich beachtet.

In der Relevanz dieser Arbeit werden in diesem Kapitel konkrete Obsoleszenzfälle in **RZ** vorgestellt. Dazu wird die praktische Erkennung und Erkennungsmöglichkeiten von Obsoleszenz skizziert. Außerdem werden in diesem Kapitel Obsoleszenzursachenanalyse anhand vorausgegangener Obsoleszenzfälle und durch Obsoleszenz beeinträchtigte Managementaufgaben in **RZ** reflektiert. Zudem findet eine Kostenerfassung von Obsoleszenz und Auswirkungen auf die TCO in **RZ** statt und vervollständigt die Darstellung des Ist-Zustands. Das Kapitel wird mit einer Bewertung des erfassten Ist-Zustandes im Kontext nachhaltiger Entwicklung abgeschlossen.

3.1 Obsoleszenzfälle in Rechenzentren

Wie in **Abschnitt 2.4** vorausgegangen ist Obsoleszenz eines Produktes unvermeidlich, dies gilt folglich auch für Produkte, die im **RZ** eingesetzt werden. Dabei wurde der Begriff Produkt bisher sehr weit gefasst. Um in der Produktlandschaft von **RZ** einzelne Produkte durch Abstraktion voneinander zu differenzieren, werden zunächst die Begriffe Endprodukt, Baugruppe, Einzelteil und Element eingeführt. Dabei wird für die Betrachtung physischer Produkte unter einer Baugruppe „eine Gruppe von Einzelteilen, die als Einheit in das Endprodukt eingeht“¹ verstanden. Ein Endprodukt kann bspw. ein Server oder ein Notfallversorgungssystem sein, wobei sich genannte Beispiele abhängig von ihrer Zusammensetzung in unterschiedlich viele Einzelteile zerlegen lassen. Einzelteile wie bspw.

¹ Voigt, 2018a

eine Festplatte oder ein Prozessor in einem Server lassen sich wiederum in weitere Einzelteile zerlegen usw. Als Element ist dabei ein Produkt zu verstehen, das „innerhalb dieser Gesamtheit nicht weiter zerlegt werden kann“¹

Um die Obsoleszenzsituation in RZ nachvollziehen zu können, sind die vorausgegangenen Abgrenzungen grundlegend. Aufgrund der messbaren „Gesamtheit aller voneinander abhängigen (...) Elemente“², kann die Produktlandschaft in großen RZ als äußerst komplex beschrieben werden. Die in Abschnitt 2.3 dargestellte Unterscheidung zwischen Endprodukten der IT-Infrastruktur und der RZ-Infrastruktur wird bei der Vorstellung konkreter Obsoleszenzfälle im Folgenden berücksichtigt.

3.1.1 Obsoleszenz in der IT-Infrastruktur

Obsoleszenz von Hardware

In der IT-Infrastruktur wird eine Vielzahl verschiedener, miteinander verbundener und für die Bereitstellung von IT voneinander abhängiger Hardware eingesetzt. Dabei bestehen Hardwareprodukte i.d.R. aus einer Vielzahl an Einzelteilen und Elementen. Dementsprechend wird im Umfang dieser Arbeit nur ansatzweise skizziert, wie Hardwareobsoleszenz in der IT-Infrastruktur in Erscheinung tritt. Während aufgrund der zugrundeliegenden Komplexität und Vielzahl eingesetzter Produkte höchstwahrscheinlich jeder Rechenzentrumsbetreiber schon einmal mit Hardwareobsoleszenz konfrontiert wurde, spielen diese Obsoleszenzfälle in großen RZ eine alltägliche Rolle. Hardwareobsoleszenz in der IT-Infrastruktur umfasst dabei sämtliche eingesetzte Endprodukte wie z.B. Netzwerk, Server und Speichereinrichtungen. Auf granularer Ebene impliziert Hardwareobsoleszenz in der IT-Infrastruktur auch Produkte, die wiederum als Einzelteile verbaut sind wie z.B. CPU oder GPU und auf noch granularerer Ebene Produkte wie z.B. Halbleiter auf einer CPU. Ausgehend von der zugrundeliegenden Komplexität sind vielzählige Obsoleszenzfälle von Einzelteilen bzw. deren Elemente denkbar. Dabei können die Folgen bis zur Nicht-Verfügbarkeit einer oder mehrerer Endprodukte reichen. So kann bspw. die Nicht-Erreichbarkeit eines Servers durch Hardwareobsoleszenz einer obsoleten Festplatte bedingt sein. Auf granularer Ebene ist möglicherweise nicht einmal die gesamte Festplatte, sondern lediglich ein Halbleiter - also ein einziges Element - defekt, welches die Funktionsfähigkeit der gesamten Festplatte und damit auch die des Endprodukts Server beschränkt.

Besonders kritische Obsoleszenzfälle von Hardware in der IT-Infrastruktur betreffen Netzwerkprodukte. Da eine Vielzahl unterschiedlicher Endprodukte durch Netzwerkprodukte miteinander verbunden sind und kommunizieren, sind infolge obsoleter Netzwerkprodukte im operativen Betrieb unter Umständen zahlreiche kommunizierende Server nicht weiter erreichbar und der Rechenzentrumsbetrieb kann seinen Anforderungen ggf. nicht vollständig nachkommen. Beispiele hierfür sind Obsoleszenzen von Netzwerkweichen (*engl. switch*) oder Routern. Hierbei ist in den seltensten Fällen der gesamte Router defekt. Meist sind lediglich darin verbaute Einzelteile wie z.B. ein Netzwerkadapter oder eine CPU defekt bzw. einzelne Elemente.

¹ Gillenkirch, 2018

² Feess, 2018a

Obsoleszenz von Software

Nicht nur Hardwareprodukte der IT-Infrastruktur, sondern auch zunehmend Softwareprodukte sind von Obsoleszenz betroffen.¹ Dabei wird die eingesetzte Software als Endprodukt betrachtet, welches aus Softwarekomponenten besteht², die sich wiederum in Einheiten aufspalten lassen.³

Wie in [Abschnitt 2.3](#) differenziert, ist im Kontext dieser Arbeit unter Software jene zu verstehen, die in Verantwortungsbereichen des RZ liegt. Anhand des vorausgegangenen Obsoleszenzfalls eines Routers ist abseits der Obsoleszenz physischer Hardware auch eine Obsoleszenz der auf dem Router eingesetzten Software bspw. zur Verarbeitung von [Internetprotokoll \(IP\)](#)-Paketen auf unterschiedlich granularer Ebene realistisch. In verwandten wissenschaftlichen Untersuchungen wurde der Zusammenhang zwischen Hardware- und Softwareobsoleszenz am Beispiel eines Telekommunikationsgerätes anhand des direkten Einfluss von Programmcode auf die Langlebigkeit eines Endproduktes belegt.⁴ Durch Programmierung von „scheinbar unendlich flexible[r] Software“⁵ existieren neben Einfluss auf die Langlebigkeit von Hardwareprodukten auch Möglichkeiten zur Programmierung von Ausfällen, bis hin zum bewusst geplanten vorzeitigen Verschleiß durch wenig transparenten Softwarequelltext bzw. Softwareänderungen. Dabei besteht für den betroffenen Verbraucher, aufgrund des komplexen Zusammenwirkens von sehr vielen Softwareeinheiten in einer Software, ein unverhältnismäßig hoher Aufwand geplante Schwachstellen auf Softwareebene zu entdecken und nachzuweisen.⁶

Eine Veränderung an Software wird grundsätzlich aus zwei verschiedenen Gründen vorgenommen:⁷

- kleinere Nachbesserungen bzw. Fehlerbehebungen in Form einer Softwareaktualisierung (*engl. update*)
- neue Programmfunktionen (*engl. upgrade*)

Während durch ein fehlerfreies Update an Software eine größtenteils unproblematische Obsoleszenz bisheriger Softwareversionen entsteht, kann ein Upgrade, welches in Form eines Versionssprungs in Erscheinung tritt und nicht ungefragt installiert wird⁸, in funktionaler Obsoleszenz münden. Dies ist z.B. der Fall, wenn Anforderungen an die zugrundeliegende Hardware steigen. Anhand eines Softwareupgrades auf einem Betriebssystem eines Servers lässt sich dieser Zusammenhang verdeutlichen. Steigen bspw. die Anforderungen an die Nutzung von Einzelteilen wie Kernen eines Hauptprozessors (*engl. central processing unit, kurz CPU*) oder eines Grafikprozessors (*engl. graphical processing unit, kurz GPU*), so kann dies zur Folge haben, dass jene Einzelteile die neuen Anforderungen nicht in vollem Umfang erfüllen können und infolgedessen direkt Einfluss auf die Verwendbarkeit der Einzelteile in Hardware besteht.⁹

¹ Vgl. [Kirschenbauer, 2018](#)

² Vgl. [DIN EN 62304:2016](#), S.19

³ Vgl. ebd.

⁴ Vgl. [Arndt, 2019a](#), S.543ff

⁵ [Arndt, 2019a](#), S.539

⁶ Vgl. [Krajewski in Südwestrundfunk, 2019](#), ab 5:29

⁷ Vgl. [Geißler / Ostler, 2018](#)

⁸ Vgl. ebd.

⁹ Vgl. [Bradley / Dawson, 1998](#), S.124

Obsoleszenz von Dienstleistungen

Eine Dienstleistung lässt sich in Module gliedern.¹ Diese Module lassen sich wiederum auf involvierte Personen(-gruppen), eingesetzte Technologien und Prozesse aufschlüsseln, wobei eine Funktion, ein Ereignis und eine involvierte Person die Elemente darstellen. Es kann vorweggenommen werden, dass IT-Dienstleistungen zunehmend von Obsoleszenz betroffen sind.²

In der IT-Infrastruktur werden IT-Dienstleistungen u.a. für die Instandhaltung von eingesetzter Software genutzt (siehe [Abbildung 3.2](#)), dabei kommt es im RZ vor, dass für ein eingesetztes Softwareprodukt durch Produktabkündigungsmitteilungen (*engl. product discontinuance note, kurz PDN*) das Ende einer Unterstützungsdienstleistung angekündigt wird. Diese Form ist dahingehend kritisch, als dass ein eingesetztes Produkt (wie in diesem Beispiel eine Software) sehr wahrscheinlich nicht weiter alle an den Geschäftsbetrieb gestellten Anforderungen in vollem Umfang erfüllen kann. Ein regelmäßig eintretender Obsoleszenzfall sind obsoletere Unterstützungsdienstleistungen bspw. in Form nicht weiter ausgelieferter Updates zur Fehlerbehebung. Besonders kritisch ist in diesem Fall die Existenz bekannter Sicherheitslücken, sodass Anforderungen an Datensicherheit nicht hinreichend eingehalten werden können und der Einsatz solcher Software in RZ fatale Folgen für den reibungslosen Geschäftsablauf haben kann. Hier zeigt sich ein Zusammenhang zwischen Softwareobsoleszenz und Obsoleszenz von Dienstleistungen. In der Praxis kann dieses Phänomen anhand von PDN der Unterstützungsdienstleistungen von Windows-basierten Servern belegt werden. Bekannte Beispiele sind die Einstellung von Unterstützungsdienstleistungen für die Betriebssysteme *Windows XP* und *Windows 7*.

In großen RZ werden IT-Dienstleistungen i.d.R. durch externe Dienstleister durchgeführt, dies betrifft auch die Dienstleistungsmodule Reparatur und Wartung eingesetzter Hardware. Hier spielt die Obsoleszenz von Dienstleistungen dahingehend eine wesentliche Rolle, als dass bspw. die PDN eines Wartungsprozesses Auswirkungen auf die Möglichkeiten von Obsoleszenzbehebung hat. Auch Obsoleszenzen von Beschaffungsdienstleistungen, wie die Beschaffung von Ersatzteilen oder Alternativprodukten sind existent. Insgesamt kann das EOL einer IT-Dienstleistung auch frühzeitige Obsoleszenz von Hardwareendprodukten in der IT-Infrastruktur herbeiführen.³

3.1.2 Obsoleszenz in der RZ-Infrastruktur

In einer zweiten Betrachtung werden Obsoleszenzfälle von RZ-Infrastruktur vorgestellt. Durch die RZ-Infrastruktur wird die ordnungsgemäße Bereitstellung und Versorgung aller Gebäude mit dem Ziel der Kundenzufriedenheit sichergestellt. Dazu zählt auch die Versorgung physischer Gebäudeeinrichtungen u.a. mit Wasser, Strom, Kälte, Wärme und Energie.⁴ Auch hier sind eingesetzte Produkte praktisch von Obsoleszenz betroffen. Beispiele hierfür sind in der Baukonstruktion, in den physischen Räumlichkeiten sowie in der technische Gebäudeausrüstung ansässig. Dabei zählen zu letzterem vor allem Obsoleszenzfälle von technischen Großkomponenten im RZ.

¹ Vgl. [Thomas et al., 2017](#), S.20f

² Vgl. [Kirschenbauer, 2018](#)

³ Vgl. [Bradley / Dawson, 1998](#), S.124

⁴ Vgl. [Ritter, 2011](#), S.31

Obsoleszenz physischer Räumlichkeiten

Physische Räumlichkeiten können funktionalen Obsoleszenzen unterliegen, bspw. dann wenn Anforderungen an Raumnutzung steigen¹ und ein RZ seine Kapazitätsgrenzen erreicht. Weitere Obsoleszenzfälle resultieren aus gesteigerten technischen Anforderungen an die bereitgestellte Leistung der Stromversorgung. Diese sind kritisch, wenn bestehende Konzepte der Stromversorgung den neuen Anforderungen nicht gerecht werden und mit der Umgestaltung der Stromversorgungskonzeption funktionsfähige Produkte obsolet werden. Auch werkstoffliche Obsoleszenz bspw. durch Abnutzung oder Verschlechterung des Gebäudezustandes ist existent.² Aufgrund einer Vielzahl an Faktoren, die für das Abnutzungsverhalten von Gebäudesubstanz verantwortlich sind, genügt im Rahmen dieser Arbeit die Feststellung, dass auch physische Räumlichkeiten von unterschiedlichen Obsoleszenzformen betroffen sind.³

Obsoleszenz von Großkomponenten

Als technische Großkomponenten kommen in der RZ-Infrastruktur u.a. Kühltechnik und Notstromversorgung zum Einsatz. Im zeitlichen Verlauf entstehen auch hier Obsoleszenzen, die sich nachteilig auf den reibungslosen Rechenzentrumsbetrieb auswirken können. Wenngleich die Häufigkeit solcher Fälle tendenziell geringer ist als die Obsoleszenz von Endprodukten in der IT-Infrastruktur, so sind im Rahmen der Obsoleszenzbetrachtung in dieser Arbeit durchaus auch Obsoleszenzfälle von Großkomponenten zu berücksichtigen. Auch hierbei ist in den seltensten Fällen die gesamte Kühltechnik von Obsoleszenz betroffen, sondern viel eher einzelne Kühlgeräte bzw. darin verbaute Einzelteile. Obsoleszenzfälle können hier u.a. in Form werkstofflicher Obsoleszenzen in Erscheinung treten. Dabei unterliegt die Verwendbarkeit von Großkomponenten verglichen mit Produkten der IT-Infrastruktur in einem größeren Umfang gesetzlichen Vorschriften und behördlichen Genehmigungen.

Obsoleszenz von Dienstleistungen

Für die Bereitstellung von RZ-Infrastruktur werden auch Dienstleistungen in der Haus-technik genutzt. Diese können bspw. Versorgungs-, Sicherheits-, Instandhaltungs- oder facilitäre Dienstleistungen sein.⁴ Obsoleszenz dieser Dienstleistungen spielt ebenso wie in der IT-Infrastruktur eine bedeutsame Rolle und tritt dahingehend auf, dass eine Dienstleistung nicht weiter verfügbar ist. Auch hier kann Obsoleszenz einzelner Module und Einheiten zur Obsoleszenz der Dienstleistung führen.

Für alle vorgestellten Obsoleszenzfälle lässt sich als Gemeinsamkeit festhalten, dass unvorhersehbar eintretende Obsoleszenzen weitreichende Folgen für den Rechenzentrumsbetrieb haben können, insbesondere dann, wenn Maßnahmen zur Obsoleszenzbehebung nicht wie geplant umgesetzt werden können. Dahingehend wird sich im Folgenden damit beschäftigt, welche Möglichkeiten existieren, um Obsoleszenz zu erkennen.

3.2 Erkennung von Obsoleszenz

Wesentlich bei der Betrachtung von Obsoleszenz ist die Erkennung, bei der es nicht nur um das Wie, sondern auch um das Wann geht. Aus Sicht eines Rechenzentrumsbetrei-

¹ Vgl. König, 2009, S.32

² Vgl. ebd.

³ Vgl. Bahr / Lennerts, 2010, S.14ff

⁴ Vgl. Ritter, 2011, S.31f

bers ist es äußerst erstrebenswert, schnellstmöglich ein obsolete Produkt zu identifizieren und Maßnahmen zur Obsoleszenzbehebung einzuleiten. Die vorausgegangene Unterteilung der Produktlandschaft in IT- und RZ-Infrastruktur wird auch im Folgenden bei den Möglichkeiten der Erkennung von Obsoleszenz berücksichtigt.

3.2.1 Präventive Erkennung von Obsoleszenz

Um präventiv, also bereits vor dem Eintreten, Obsoleszenz erkennen zu können, ist Wissen über den Bestand eingesetzter Produkte notwendig. Dies findet auf IT-Ebene im RZ z.B. durch Überwachung der IT-Infrastruktur (sog. Monitoring) näherungsweise in Echtzeit statt.¹ Hierbei lassen sich Einzelteile durch technische Möglichkeiten zur Übermittlung von Messwerten hinsichtlich ihres Zustandes überwachen. Konkret kann z.B. die Qualität von Bauteilen wie eines Festkörperlaufwerks (*engl. solid-state drive, kurz SSD*) oder einem GPU-Kern prognostiziert werden. Dies geschieht durch permanente Erhebung und Auswertung von Messwerten, woraus sich Kennzahlen wie bspw. die Lese-Schreibstärke einer SSD-Festplatte durch sog. **Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology (Technologie der Eigenmessung, Analyse und Berichterstattung) (SMART)** ableiten.² Mit Hilfe dieses auf Software basierenden Monitorings, lässt sich der Ist-Zustand genannter Produkte im Produktlebenszyklus einordnen und es entstehen Möglichkeiten, präventiv Maßnahmen ergreifen zu können. Diese erhobenen Messdaten können zu Informationen aufbereitet und mit Produzenten, Dienstleistern oder intern im Management des RZ ausgewertet und interpretiert werden. Auf Basis dieser Informationen lässt sich Wissen ableiten³, welches nicht nur dazu dient Bauteile untereinander vergleichbar zu machen, sondern auch um frühzeitig zu erkennen, wann eine technische Einrichtung ausfällt.(siehe [Tabelle A.7](#))

Ökonomische Produktobsoleszenzen wie z.B. von Reparatur-, Wartungs oder IT-Dienstleistungen in RZ lassen sich durch Überwachung präventiv vermeiden. Dafür sind im Kontext des SM in Echtzeit voraussichtliche Auftragskosten von Dienstleistungen, Produktänderungsmitteilungen (*engl. product change notes kurz PCN*) sowie PDN zu erheben und auszuwerten, sodass präventiv Möglichkeiten genutzt werden können, alternative Dienstleister auf dem Markt zu finden. PCN bzw. PDN spielen nicht nur bei der Obsoleszenzerkennung von Dienstleistungen, sondern auch von eingesetzten Bauteilen und Ersatzteilen eine wichtige Rolle, um frühzeitig Obsoleszenz zu erkennen. Dafür ist entscheidend, die Zusammensetzung eines Endprodukts im Rahmen des **MM** zu verstehen und die Verfügbarkeit von Bauteilen in der aktuellen Marktsituation bewertbar zu machen.

Auch können Änderungen von Genehmigungen und Gesetzen präventiv berücksichtigt werden. Dies betrifft ins Besondere die RZ-Infrastruktur und Großkomponenten wie Dieselaggregate und Kühlsysteme, deren Betriebsfähigkeit auf behördlichen bzw. gesetzlichen Vorgaben basiert. Bevorstehende Änderungen sind präventiv zu erkennen und adäquat zu berücksichtigen, um fahrlässig herbeigeführte Obsoleszenzen zu vermeiden.

¹ Vgl. [Hernantes et al., 2015, S.88ff](#)

² Vgl. [Micron Technology Inc, 2019](#)

³ Vgl. [Arndt 2012 S.24](#)

3.2.2 Rechtzeitige Erkennung von Obsoleszenz

Die Erkennung von Obsoleszenz während bzw. kurz nach dem Eintreten zeichnet sich besonders dadurch aus, dass ein oder mehrere Produkte nicht weiter leistungsfähig sind. Dies kann relativ schnell auffallen, sobald ein oder mehrere Endprodukte nicht erreichbar sind und Anwendungssoftware nicht mehr den Anforderungen entsprechend genutzt werden kann. Wenngleich jene Obsoleszenzfälle spätestens als Obsoleszenzfälle erkannt werden, sobald sich Kunden über die Folgen beschweren, sollte ein Rechenzentrumsbetreiber Möglichkeiten schaffen, Verfügbarkeit sicherzustellen und Obsoleszenzfälle so zeitnah wie möglich zu identifizieren, die Obsoleszenzursache ausfindig zu machen und zu beheben. Die praktische Erkennung findet bspw. durch Softwareeinsatz und in Form von Störungsmeldungen in Monitoringsystemen statt. Dabei kommuniziert ein Hardwareprodukt seinen Defekt an das Monitoringsystem, sodass die Verantwortlichen im RZ das obsolete Produkt und idealerweise obsolete Einzelteile auf granularer Ebene eindeutig identifizieren können.

3.2.3 Nachträgliche Erkennung von Obsoleszenzmustern

Die Erkennung von Obsoleszenz endet nicht, sobald eine Obsoleszenz behoben wurde. Auch nachträglich erscheint es sinnvoll, Obsoleszenzfälle aufzuarbeiten. Dabei werden einzelne Obsoleszenzfälle bewertet, miteinander verglichen und Rückschlüsse gezogen. Dies bietet die Möglichkeit, Muster in Obsoleszenzfällen zu erkennen und angemessen darauf zu reagieren. In Mustern lassen sich z.B. Abhängigkeiten von Dienstleistern erkennen oder Feststellungen tätigen, dass für ein bestimmtes Produkt oder eine Produktgruppe Obsoleszenzen auffallend häufig eingetreten sind oder Obsoleszenzmaßnahmen unter Bewertung von Erfahrungswerten auffallend häufig durchgeführt wurden.

Bis hierhin kann festgehalten werden, dass es bei der Erkennung von Obsoleszenz aufgrund der komplexen Produktlandschaft grundsätzlich keine universale Erfolgsmethode gibt. Dies betrifft die IT-Infrastruktur sowie die RZ-Infrastruktur und einhergehende Dienstleistungen. Ein in dieser Arbeit durchgeführtes Experteninterview hat offenbart, dass vor allem letztere in großen RZ sehr umfangreich genutzt werden und hier Obsoleszenzen eine signifikante Herausforderungen darstellen. Für kleine und mittelgroße RZ, welche über eine eigene IT-Technik verfügen und Obsoleszenzfälle eigenverantwortlich handhaben, ist tendenziell die Erkennung von Obsoleszenz physischen IT-Equipments herausfordernd.

Unabhängig von der Größe des RZ ist bei der Erkennung von Obsoleszenz Dokumentation essenziell. Dies bezieht sich nicht ausschließlich auf die Dokumentation der IT-Infrastruktur durch Monitoring, sondern Dokumentation wird innerhalb einer Organisation sowie organisationsübergreifend benötigt, um gezielt Informationen und Dokumente wiederzufinden und nutzbar zu machen.¹ Dokumentation ist für den weiteren Umgang mit Obsoleszenz grundlegend. Abhängig vom Zeitpunkt der Feststellung eines Obsoleszenzfalls kann unterschiedlich mit Obsoleszenz umgegangen werden. Um den Ist-Zustand im

¹ Vgl. Gaus, 2003, S.11

Umgang mit Obsoleszenz als Teil der Beantwortung der wissenschaftlichen Frage darstellen zu können, ist zunächst ein Verständnis über die Ursachen der vorausgegangenen Obsoleszenzfälle zu schaffen.

3.3 Obsoleszenzursachen in Rechenzentren

Durch die Dokumentation und Aufarbeitung von Obsoleszenzfällen lassen sich Rückschlüsse auf deren Entstehungsursachen ziehen. Wie bereits in [Abschnitt 2.4.3](#) aufgezeigt, tritt Obsoleszenz in unterschiedlichen Formen bzw. in Kombination unterschiedlicher Formen in Erscheinung. Dies erhöht die Komplexität in der Analyse von praktischer Obsoleszenzursachen. Primäres Ziel der folgenden Abschnitte ist, ohne Anspruch auf Vollständigkeit Entstehungsursachen vorausgegangener vorzeitiger Obsoleszenzfälle verständlich zu machen. Dieses Vorgehen bezweckt auch die Erreichung sekundärer Ziele, namentlich die Möglichkeit zur Erörterung der Behebung und Kompensation von Obsoleszenzursachen sowie die Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse, um im späteren Verlauf der Arbeit Maßnahmen zur systematischen Vorbeugung und Behebung von Obsoleszenz unter kritischer Beurteilung von Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich nachhaltiger Entwicklung aufzeigen zu können.

3.3.1 Werkstoffliche Obsoleszenz

Werkstoffliche Obsoleszenz tritt durch technische Defekte, bspw. in Form von Abnutzung auf. Vor allem Hardwareprodukte in der IT-Infrastruktur unterliegen oft werkstofflicher Obsoleszenz. Ursächlich sind hierbei Defekte elektronischer oder mechanischer Bauteile bzw. Elemente. Diese Form der Obsoleszenz ist weit verbreitet und es konnten Obsoleszenzfälle aufgedeckt werden, deren Ursache ausschließlich auf Defekte bzw. mangelnde Leistungsfähigkeit - also werkstoffliche Obsoleszenz - von Produkten zurückzuführen ist.

3.3.2 Funktionale Obsoleszenz

Wenngleich wie vorausgegangen auch Gebäude in der RZ-Infrastruktur funktional obsolet werden können, ist funktionale Obsoleszenz vor allem ursächlich im Einsatz von Software in der IT-Infrastruktur. Nicht nur Softwareversionen werden durch gesteigerte Anforderungen an die Leistungsfähigkeit obsolet, interessanterweise wirken sich an dieser Stelle die Folgen funktionaler Obsoleszenz auch auf Hardwareprodukte in der IT-Infrastruktur aus. Hier können sogar Obsoleszenzen von Hardware durch funktional obsoletere Software festgestellt werden. Da in großen RZ hohe Ansprüche an die Leistungserbringung gestellt werden, können auch indirekte Formen von Obsoleszenz entstehen.

3.3.3 Psychologische Obsoleszenz

Während psychologische Obsoleszenzen wie in [Abschnitt 2.4.3](#) vorgestellt, im Geschäftsbeziehungen zwischen Unternehmen und Privatpersonen weitverbreitet sind und einen geschäftsstrategischen Bestandteil im Marketing bilden, konnten im Rahmen der praktischen Untersuchung keine Beispiele ausschließlich psychologisch herbeigeführter Obsoleszenz identifiziert werden. Stattdessen verstärken psychologische Einflussfaktoren des Marktumfelds unterschiedliche Kombinationsformen von Obsoleszenzfällen in RZ.

3.3.4 Ökonomische Obsoleszenz

Ökonomische Obsoleszenz ist wie sich am bereits dargestellten Beispiel obsoleter IT-Dienstleistungen gezeigt hat, ein regelmäßig auftretender Obsoleszenzgrund. Folglich liegt aufgrund der hohen Rate beauftragter Dienstleistungen ein gewisses Abhängigkeitsverhältnis von der Preisgestaltung externer Dienstleistern vor. Zu große Abhängigkeiten von einem oder wenigen Dienstleistern können zu steigenden Kosten aufgrund eines geringen Wettbewerbs führen. Problematisch sind Abhängigkeitsverhältnisse von externen Dienstleistern, bspw. wenn Homogenität in der Produktlandschaft in unverhältnismäßig hohem Ausmaß berücksichtigt wird und externe Dienstleister ihre Marktstellung missbrauchen können, um ökonomische Obsoleszenzen vorsätzlich herbeizuführen. Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit konnte eine derartige Form dahingehend festgestellt werden, dass Tätigkeiten im PLM von Herstellerseite sich direkt auf Tätigkeiten des PLM von RZ auswirken. Konkret geht es um Dienstleistungen für Softwareunterstützung von Produkten des Unternehmens Microsoft, namentlich Unterstützungsdienstleistungen für das Betriebssystem *Windows7*. Diese Ursache bildet einen interessanten Anknüpfungspunkt für weitere wissenschaftliche Forschungen um geplante Obsoleszenz. (Vgl. [Abschnitt 2.4.4](#)) Ökonomische Obsoleszenzen entstehen auch durch kalkulierte Nutzungsdauer von Produkten, wie der folgende Abschnitt detailliert zeigen wird.

3.3.5 Zyklischer Austausch

Die Nutzung von Produkten in RZ wird durch Abschreibungen festgelegt, d.h. bereits in der Beschaffung und vor der Installation wird eine Nutzungsdauer kalkuliert. Es konnte im Rahmen der Untersuchungen festgestellt werden, dass die Abschreibungsdauer von Produkten dabei i.d.R. geringer als die technisch mögliche Lebensdauer ausfällt. Erreichen Produkte das Ende ihrer durch Abschreibung kalkulierten Nutzungsdauer, so werden die Produkte unabhängig ihrer technischen Leistungsfähigkeit aus dem operativen Betrieb genommen, erreichen den Status EOL und werden ersetzt. Dies betrifft Endprodukte wie Server, deren Leistungsfähigkeit möglicherweise vollständig gegeben ist, wobei kurz- bzw. mittelfristig Wahrscheinlichkeiten von Ausfällen durch werkstoffliche Obsoleszenzen einzelner Bauteile existieren und entsprechend ein Entsorgungsprozess eingeleitet wird. Die ökonomischen Auswirkungen dieser durch Abschreibung herbeigeführten Obsoleszenzen werden in [Abschnitt 3.6](#) vertieft.

3.3.6 Nicht-Verfügbarkeit

Im Rahmen der Expertenbefragungen konnte festgestellt werden, dass die mangelnde Verfügbarkeit von Einzelteilen maßgeblich zur praktischen Obsoleszenz von Endprodukten beitragen kann. Zieht sich ein Originalgerätehersteller (*engl. original equipment manufacturer, kurz ORM*) oder ein Originalteilehersteller (*engl. original component manufacturer, kurz OCM*) vom Markt zurück und bietet seine Dienstleistungen nicht wie bisher an, reduzieren sich die Möglichkeiten auf entsprechende Obsoleszenzen zu reagieren.¹

¹ Vgl. [Bartels / Haeffs, 2018, S.182](#)

Auf Produktebene kann dabei ursächlich sein, dass ein OEM bestimmte Produkte nicht mehr fertigt und diese durch Abkündigung den Status EOL erreichen. Auch stellt die Nicht-Verfügbarkeit von Dienstleistungen eine Obsoleszenzursache dar. Verschwindet ein Dienstleister vom Markt und ist eine alternative Dienstleistung auf dem Markt nicht auffindbar, können dadurch Produktgruppen obsolet werden. Besonders kritisch können die Auswirkungen sein, wenn ein Akteur bspw. durch Insolvenz vom Markt verschwindet, somit sind vertragliche Vereinbarungen im Rahmen geschlossener SLA meist als obsolet zu betrachten. Die Auswirkungen können weitreichend sein, insbesondere wenn PDN kurzfristig kommuniziert werden und passende Alternativprodukte nicht trivial zu beschaffen sind.

3.3.7 Energieeffizienz

In der Vergangenheit konnten in großen RZ Bemühungen festgestellt werden, aus Nachhaltigkeitsbegründung heraus Rücksicht auf Energieeffizienz zu nehmen. Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs der IT-Infrastruktur ohne Performanzeinbußen hinnehmen zu müssen, sind z.B. Standardisierung, Konsolidierung und Virtualisierung.¹ Hier wird das Phänomen der ethischen Obsoleszenz² betrachtet. Ursächlich können hierfür bspw. Anreize zur Erreichung nachhaltiger Ziele sein, sodass Produkte, welche diesen Anforderungen nicht hinreichen nachkommen können obsolet werden. Ein Endprodukt wird dabei z.B. aufgrund der Beschaffung eines energieeffizienteren Alternativproduktes ausgetauscht und damit obsolet. Diese Obsoleszenzform ist teilweise auf funktional gestiegene Anforderungen zurückzuführen, hat allerdings auch psychologische Ursachen beeinflusst durch politisch gesetzte Anreize. Hier zeigt sich, dass Obsoleszenzursachen in der Praxis keineswegs trivial segmentiert werden können.

3.3.8 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften hat einen hohen Stellenwert und ist für Rechenzentrumsbetreiber verpflichtende Anforderung, die berücksichtigt werden muss. Dies betrifft im Rahmen von IT-Produkten vor allem den Einsatz verbotener Substanzen in Hardwareprodukten. Ebenfalls haben behördliche Genehmigungen einen signifikanten Einfluss auf Produkte der RZ-Infrastruktur, wie sich in [Abschnitt 3.1.2](#) am Beispiel von Kühlmitteln in Klimageräten verdeutlichen lässt. Ursächlich hierfür ist eine EU-Verordnung³ zum internationalen Ausstieg aus der Verwendung bestimmter synthetisch hergestellter Stoffe. Auch auf lokaler Ebene haben gesetzliche Rahmenbedingungen, wie z.B. behördliche Genehmigungen, Einfluss auf die praktische Verwendbarkeit von Großkomponenten in der RZ-Infrastruktur. Dieser Einfluss kann die Verwendbarkeit stark beeinträchtigen und sogar verbieten. Hier kann zurecht von einer Form der politischen Obsoleszenz⁴ gesprochen werden, da die Ursprünge solcher Obsoleszenzen auf politische Entscheidungen und gesetzliche Rahmenbedingungen zurückzuführen sind.

¹ Vgl. [Krüger et al., 2012, S.607ff](#)

² Vgl. [Schridde, 2015, S.13](#)

³ Vgl. EU-Verordnung Nr.517/2014 über fluorierte Treibhausgase in [European Environment Agency, 2020](#) und [Eur-Lex, 2020](#)

⁴ Vgl. [Schridde, 2015, S.13](#)

3.3.9 Technische Fortschritte

Ein technischer Fortschritt ist definiert als eine „Herstellung neuartiger oder wesentlich verbesserter Produkte und Materialien sowie Anwendung neuer Verfahren“¹. Dabei können technische Fortschritte eine aus psychologischen und funktionalen Ursachen kombinierte eigenständige Obsoleszenzursache in **RZ** darstellen. Diese tritt praktisch dahingehend in Erscheinung, dass **RZ** einen hohen Anspruch an möglichst leistungsstarke Produkte stellen, die auf dem Markt angeboten werden. Um dieser Anforderung nachzukommen, werden ausschließlich neuwertige Produkte auf dem Primärmarkt beschafft. Technische Steigerungen dieser Produkte können durch Umstrukturierung der IT-Infrastruktur dazu führen, dass technisch schwächere Produkte obsolet werden. Zusätzlich spielen hier natürlich auch wie vorausgegangen ökonomische Aspekte der kalkulatorischen Abschreibung eine Rolle. In Produkten der IT-Infrastruktur wurden in der Vergangenheit durch die Nutzung von Innovationen wie bspw. GPU-basierter Server technische Fortschritte des Markts ausgenutzt und in den Rechenzentrumsbetrieb integriert. Durch diese technischen Steigerungen werden bisherige, technisch schwächere, aber dennoch funktionsfähige Produkte teilweise ersetzt und weisen dadurch eine geringere Nutzungsdauer auf, als technisch möglich wäre.

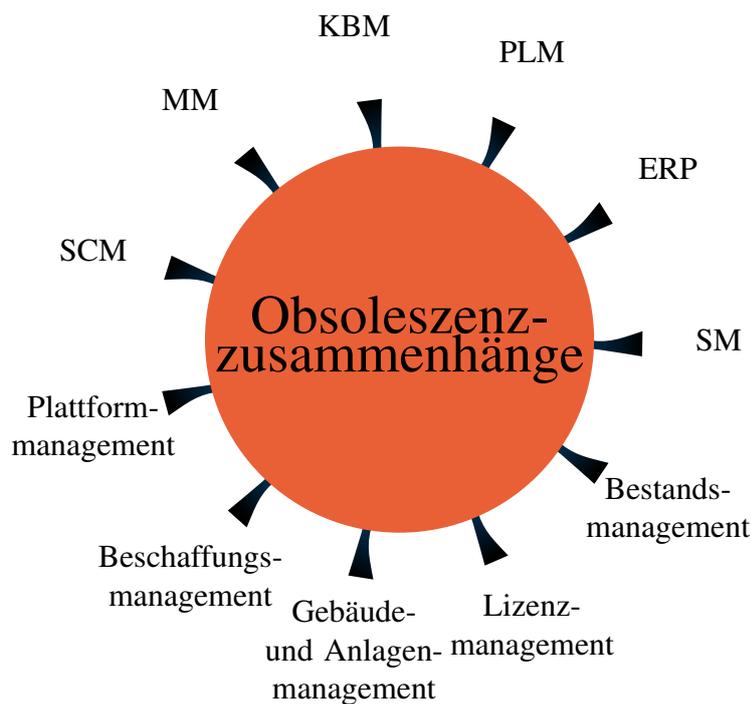
3.4 Vernetzung von Obsoleszenz

Um die vielseitigen Obsoleszenzursachen im Kontext dieser wissenschaftlichen Arbeit einzuordnen, sind über die betroffenen Produkte in **RZ** auch die durch Obsoleszenz beeinträchtigten Managementaufgaben im **RZ** aufzuzeigen. In diesem Abschnitt werden diese Beeinträchtigungen vorgestellt, um ein Verantwortungsbewusstsein im Umgang mit Obsoleszenz zu motivieren und Verantwortungsbereiche zu identifizieren. **Abbildung 3.1** gibt hierbei eine unvollständige Übersicht.

Wesentlich verantwortlich für die Handhabung der Obsoleszenz von Produkten ist das **PLM**, denn Obsoleszenz tritt im **PLZ** unvermeidbar auf. Hier ist die Verantwortung insbesondere, Erfahrungswerte und **PLZ**-Daten zu erheben, aufzubereiten und für verwandte Managementaufgaben bereit zu stellen. Zusätzlich sind auch die Produktstrukturdaten aus der Unternehmensressourcenplanung (*engl. enterprise resource planning, kurz ERP*) entscheidungsrelevant.² Vorausgegangen ist in den vorgestellten Obsoleszenzfällen eine Signifikanz von Dienstleistungen in großen **RZ**. Die produktübergreifende Obsoleszenz von Dienstleistungen betrifft evidenterweise das **SM**. Gleichzeitig zeichnet sich an obsoleten Dienstleistungen in der IT-Infrastruktur am Beispiel von Unterstützungsdienstleistungen für Betriebssysteme auch eine Verantwortung des Lizenzmanagements ab. Beeinträchtigt die Obsoleszenz von Dienstleistungen die Angebotsbereitstellung für Kunden, so ist auch das **KBM** indirekt involviert. Obsoleszenz kann auch physische Gebäude betreffen (siehe **Abschnitt 3.1.2**), hier spielen u.a. Design und Errichtung der physischen Gebäudeeinrichtung eine wichtige Rolle, für welche das Gebäude- und Anlagenmanagement verantwortlich ist. Hierbei ist u.a. bei der Planung und dem Aufbau der Faktor Obsoleszenz zu be-

¹ Klodt / Schäfer, 2018

² Vgl. Wittke, 2013



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 3.1: Von Obsoleszenz beeinträchtigte Managementaufgaben im RZ

rücksichtigen. Gleiches gilt für die IT-Infrastruktur, welche durch das Plattformmanagement konzipiert wird. Was die Obsoleszenz einzelner Produkte in RZ angeht, ist hervorzuheben, dass selten vollständige Endprodukte obsolet werden. I.d.R. weisen Einzelteile, die im Endprodukt verbaut sind einen Defekt auf. Hier ist ein informatives Verständnis über die Zusammensetzung erforderlich. Das MM ist dahingehend verantwortlich, Obsoleszenzauswirkungen gering zu halten, indem es Informationen bzgl. der Verfügbarkeit von Ersatzteilen und Alternativprodukten zu präventiv nutzbarem Wissen aufbereitet. Auch das SCM und das Beschaffungsmanagement können dieses Wissen sinnvoll nutzen. Es zeigt sich also, dass in Hinblick auf den Umgang mit Obsoleszenz eindeutige Verbindung zwischen technischen und kaufmännischen Problemstellungen stehen.¹

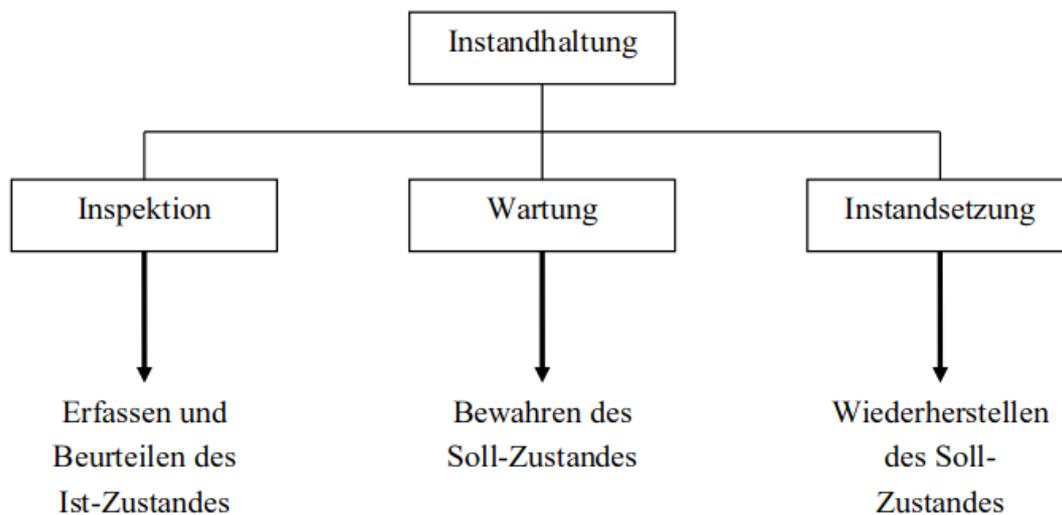
Abhängig von der Größe eines RZ sind möglicherweise verschiedene Managementaufgaben zusammengelegt oder Verantwortungsbereiche werden intern individuell abgegrenzt. Insgesamt zeigt sich jedoch, dass Obsoleszenz in RZ viele Managementaufgaben direkt und indirekt beeinflusst. Bis hier hin kann eine außerordentliche Vernetzung von Managementaufgaben in RZ in der Obsoleszenzbetrachtung aufgezeigt werden, wodurch der im Folgenden vorgestellte Umgang mit Obsoleszenz einen querschneidenden Charakter hat. Gleichzeitig können die aufgeführten Managementaufgaben auch den Umgang mit Obsoleszenz aktiv mitgestalten.

¹ Vgl. Bartels / Haeffs, 2018, S.194

3.5 Umgang mit Obsoleszenz

Abhängig von einem bestimmten Obsoleszenzfall und der Verantwortlichkeit beeinträchtigter Managementaufgaben lässt sich vielfältig mit Obsoleszenz umgehen. Grundsätzlich lässt sich der praktische Umgang mit Obsoleszenz in RZ in präventives bzw. proaktives Vorgehen mit dem Ziel der Obsoleszenzvermeidung und in korrekatives bzw. reaktives Vorgehen mit dem Ziel der Obsoleszenzbeseitigung aufteilen.¹

Eine in RZ angewandte Methode ist dabei die Instandhaltung, worunter technische sowie administrative Maßnahmen im Rahmen des PLZ fallen, „die dem Erhalt oder der Wiederherstellung (.) [des] funktionsfähigen Zustands“ eines Produkts dient, sodass jenes „die geforderte Funktion erfüllen kann“². Dabei wird die Instandhaltung in die drei Dienstleistungen Inspektion, Wartung und Instandsetzung unterteilt. (siehe [Abbildung 3.2](#)). In der Inspektion wird der aktuelle Zustand eines bestimmten Produktes wie vorausgegangen erfasst und im Obsoleszenzkontext beurteilt. Unter Wartungsdienstleistungen werden präventive Maßnahmen verstanden, die „zur Verminderung bzw. Verhinderung von Verschleißerscheinungen“³ beitragen. Unter Instandsetzung sind Wiederherstellungsmaßnahmen zu verstehen, die der Rückführung eines bestimmten Produktes „in den funktionsfähigen Zustand ohne technische Verbesserung“ dienen.⁴



Quelle: Ritter, 2011, S.32; in Anlehnung an DIN 31051:2003

Abbildung 3.2: Gliederung der Instandhaltung

Hier kann von einem reaktiven Vorgehen gesprochen werden, welches „Lösungen zu bereits eingetretenen Ausfällen“⁵ bereitstellt. Die Maßnahmen greifen erst nach dem Auftreten einer Obsoleszenz, sodass durch reaktives Vorgehen Möglichkeiten existieren auf

¹ Vgl. Klingenberger, 2007

² DIN 31051:2019, S.4

³ Voigt, 2018b

⁴ Ritter, 2011, S.32

⁵ Radwell International, 2020

Obsoleszenzen angemessen zu reagieren und dabei Auswirkungen für den produktiven Geschäftsbetrieb möglichst gering zu halten. Reaktiver Umgang mit Obsoleszenz erfolgt praktisch bspw. in Form von:

- Neubeschaffung von Produkten, die ein obsoletes Produkt ersetzen wie z.B. Ersatzgeräte (Endprodukte) oder Einzelteile
- Einleitung eines Garantiefalls beim Produzenten bzw. bei kooperierenden Dienstleistern
- Beauftragung externer Dienstleister zur Obsoleszenzbehebung
- Erhaltung und Bearbeitung von PDN und PCN¹
- sonstige Handhabungs- und Abschwächungsmaßnahmen eingetretener Obsoleszenzen

Aufgrund der Beauftragung externer Dienstleister für die Handhabung von Obsoleszenz im Rahmen von Garantiefällen sind seltenere Maßnahmen in großen RZ:

- die Reparatur obsoleter Produkte unter Verwendung vorhandener Lagerbestände
- eine Alternativensuche von Produkten, die in ihrer Form mit den benötigten Funktionen mit einem obsoleten Produkt übereinstimmen²
- die Emulation von Produkten³

Ein naheliegender Nachteil in diesem reaktiven Umgang ist, dass unvorhersehbare Obsoleszenzen schnell auftreten können und ggf. auch mit hohen Kosten verbunden sind, insbesondere dann wenn in entscheidende Prozesse des Rechenzentrumsbetrieb Störungen auftreten. Da Auswirkungen auf nachhaltige Entwicklung abhängig von den Obsoleszenzauswirkungen sind, implizieren unvorhergesehene Obsoleszenzen unvorhersehbare Auswirkungen und Herausforderungen entlang des Nachhaltigkeitsdreiecks. (Siehe [Abschnitt 2.4.5](#)) Es zeigt sich, dass das korrektive bzw. reaktive Vorgehen zeitaufwändig sein und in Konflikt mit den Anforderungen an den reibungslosen Ablauf des Rechenzentrumsbetrieb stehen kann.

„Müssen Komponenten ad-hoc und ungeplant ersetzt werden, können Kriterien wie Kosteneffizienz und Energieeffizienz möglicherweise nicht so berücksichtigt werden, wie es der Product Lifecycle Management Prozess vorsieht.“⁴

¹ Vgl. [Bartels, 2019](#), S.9

² Vgl. *form-fit-function* in [Poppe / Longmuß, 2019](#), S.131

³ Vgl. ebd.

⁴ [BITKOM, 2012](#), S.31

Eine weitere Form im praktischen Umgang mit Obsoleszenz in RZ ist eine teilweise vorausschauende Handhabung durch präventive Maßnahmen der Obsoleszenzenvermeidung. Dabei wird nicht erst nach dem Eintreten einer Obsoleszenz Handlung ergriffen, sondern bereits davor. Für Produkte der IT-Infrastruktur wurde in [Abschnitt 3.2](#) vorgestellt, wie sich im Rahmen der Inspektion ein Ist-Zustand von IT-Produkten erfassen und präventiv Obsoleszenz erkennen lässt. In der Praxis zeigt sich hier, dass präventiver Umgang mit Obsoleszenz in großen RZ praktisch dahingehend stattfindet, dass permanente Statusübermittlung einzelner Produkte mit Herstellern und externen Dienstleistern im Kontext des PLM genutzt wird. An dieser Stelle können präventive Instandhaltungsmaßnahmen bspw. in Form von Wartungsdienstleistungen angewendet werden. Auch berücksichtigt das Plattformmanagement den Faktor Obsoleszenz bereits im Design der IT-Infrastruktur, durch größtenteils redundant gehaltene Hardware, um in Fällen von Hardwareobsoleszenz den Betrieb auf redundanten Systemen fortzuführen und Obsoleszenzfolgen präventiv zu minimieren. Dieses präventive Vorgehen im Umgang mit Obsoleszenz ist auch im Design der RZ-Infrastruktur verankert. So berücksichtigt bspw. das Gebäude- und Anlagenmanagement präventiv funktionale Obsoleszenz der Räumlichkeiten im Design des RZ, dahingehend, dass durch Erweiterung physischer Räumlichkeiten gestiegenen funktionalen Anforderungen nachgekommen werden kann. Auch werden funktionale Obsoleszenz in der Berücksichtigung vorliegender und langfristiger Betriebserlaubnis von Produkten der RZ-Infrastruktur vorgebeugt. Für die Vorbeugung von Obsoleszenz durch Nicht-Verfügbarkeit durch OEM bzw. OCM, werden vertragliche Bedingungen in SLA festgelegt, dass Ersatzteile im Rahmen von Garantie- und Wartungsdienstleistungen verfügbar sein müssen.

Die Erkennung von Obsoleszenz stellt sich dabei im praktischen Umgang als herausfordernd dar, als dass sich bei später Erkennung im zeitlichen Verlauf lediglich korrektive Maßnahmen umsetzen lassen. Abhängig von einem konkreten Obsoleszenzfall sind hier vielseitige Möglichkeiten denkbar. So können Bauteile ausgetauscht oder Reparaturmaßnahmen an defekten Produkten vorgenommen werden. In der Praxis zeigt sich, dass in großen RZ für Maßnahmen der Instandhaltung unterschiedliche Möglichkeiten der Prozessautomatisierung existieren, um den Rechenzentrumsbetrieb effizienter zu gestalten. Bspw. können nachfolgende Prozessen wie die Beauftragung externer Reparaturdienstleister oder die Einleitung eines Garantiefalls automatisiert werden. Im Rahmen des durchgeführten Experteninterviews konnte ferner festgestellt werden, dass viele Maßnahmen der Instandhaltung historisch aus der Motivation heraus automatisiert wurden, um keine eigenen IT-Techniker anzustellen und Haftungsgrenzen zu verschieben. Nur selten werden in großen RZ noch eigenständig Austausch und Reparaturmaßnahmen durchgeführt, vielmehr wird auf vertraglich vereinbarte SLA zur Obsoleszenzbehebung zurückgegriffen. Begründet wird dies auch mit ökonomischen Kosteneinsparungen, um im *Cloud-Computing* Geschäft konkurrenzfähig bleiben zu können. Dies verdeutlicht die Signifikanz von des Managements von Dienstleistungen im Kontext des SM. Insgesamt zeigt sich, dass im geschichtlichen Verlauf im Umgang mit Obsoleszenz viele Verantwortlichkeiten abgetreten wurden, wodurch die Obsoleszenzthematik nicht gelöst, sondern lediglich verschoben wurde.

3.6 Obsoleszenzauswirkungen auf die Gesamtkosten

Ausgehend von den gewonnenen Erkenntnissen aus [Abschnitt 2.3.4](#) bildet der Energieverbrauch in Form von laufenden Kosten einen enormen Bestandteil des im [Abschnitt 2.4.2](#) vorgestellten TCO Kalkulationsansatzes.¹ Da die Ressourceneffizienz jedoch vollständigerweise auch die Materialeffizienz impliziert, werden in diesem Abschnitt die Auswirkungen von Obsoleszenz auf die Gesamtkostenrechnung dargestellt. Dabei sind bei den Auswirkungen auf die Gesamtkosten sämtliche Obsoleszenzformen zu berücksichtigen.²

Das folgende Zitat legt die Vermutung nahe, dass der Einfluss von Obsoleszenz auf die TCO zahlenmäßig beachtlich sein könnte:

Bei langlebigen Geräten und Anlagen werden inzwischen bis zu 50 Prozent der über den gesamten Produktlebenszyklus anfallenden Gesamtbetriebskosten (TCO) direkt oder indirekt durch abgekündigte oder aus anderen Gründen plötzlich nicht mehr verfügbare Hardware und Software verursacht.³

Im praktischen Einsatz ist die TCO Analyse eine organisationsübergreifende Kalkulationsgrundlage, von welcher sämtliche vorgestellte Managementaufgaben Gebrauch machen. In der IT-Infrastruktur zeigt sich historisch bei der Betrachtung von IT-Produkten eine Verkürzung der PLZ im gewerblichen Sektor, sodass hier der „systemische Charakter der Obsoleszenz“⁴ hervorzuheben ist. So wird bspw. der Austausch eines Servers nach kalkulierter Abschreibungsdauer vorgenommen, obwohl der Server ggf. noch voll funktionsfähig ist, ohne mögliche Instandsetzung durchzuführen. Dabei fällt die kalkulierte Nutzungsdauer i.d.R. geringer aus als die technisch mögliche Nutzungsdauer. Grund dafür sind auch Gefahrenpotentiale, die mit einem Serverausfall verbunden sein könnten. Hier kann also ein Anstieg der Gesamtkosten aufgrund der gestellten Anforderungen an RZ, namentlich der Anforderung an Verfügbarkeit, festgestellt werden. Auch werden die TCO durch die Anforderung an Datensicherheit in die Höhe getrieben, nämlich dahingehend, dass äußerst selten Wiederverwendung stattfindet. I.d.R. werden obsolete Produkte meist ungeprüft unter sog. datengesicherter Entsorgung (*engl. data media disposal*)⁵ entsorgt. Der verbleibende Wert von Endprodukten bzw. deren Einzelteilen wird in praktischen TCO Berechnungen mit null bzw. einem negativen Wert kalkuliert, da Entsorgungsaktivitäten zu bezahlen sind und so die TCO zusätzlich in die Höhe getrieben werden. Auch Opportunitätskosten für die Minderung der Erlöse eines obsoleten Produktes im Vergleich zu den technisch möglichen Erlösen sind in den TCO zu kalkulieren.⁶

Wie sich diese Auswirkungen konkret in Zahlen ausdrücken lassen, überschreitet den Umfang dieser Arbeit und wird deswegen nicht weiter beleuchtet. Insgesamt kann jedoch festgehalten werden, dass sich ein Anstieg der TCO bedingt durch den derzeitigen Umgang mit Obsoleszenz in RZ ergibt. Ausgehend von diesem überwiegend ökonomischen

¹ Vgl. [Handlin, 2013](#)

² Vgl. [Zyla, 2009](#), S.121

³ [Goldbacher, 2017](#)

⁴ [Burazerovic, 2015](#)

⁵ Vgl. [DIN EN ISO/IEC 27001:2017](#), S.20

⁶ Vgl. [Winckler, 1991](#), S.37

Blickwinkel auf den Umgang mit Obsoleszenz, soll im folgenden Abschnitt in einer Nachhaltigkeitsbetrachtung unter Miteinbeziehung der beiden weiteren Eckpunkte des Nachhaltigkeitsdreiecks eine Bewertung des Umgangs mit Obsoleszenz in RZ stattfinden.

3.7 Bewertung der Nachhaltigkeit

Zunächst kann gesagt sein, dass der befragten Organisation ein organisationsweites Umweltprogramm mit Konzentration auf Nachhaltigkeit¹ existiert, in welchem der Faktor Ressourceneffizienz eingebunden ist. Die Ressourceneffizienz im organisatorischen Kontext bezieht sich dabei jedoch fast ausschließlich auf den Faktor Energieeffizienz. Die Materialeffizienz wird nicht hinreichend berücksichtigt. Wie vorausgegangen findet im Umgang mit Obsoleszenz kaum eine Überprüfung defekter Produkte durch Ursachenanalyse im RZ statt, sodass nur in Ausnahmefällen Defekte von Einzelteilen in Hardware lokalisiert werden. Hier zeichnet sich vor allem eine Verschiebung der Verantwortung hin zu externen Dienstleistern ab. Damit werden wesentliche Verantwortungsbereiche bzgl. nachhaltiger Gestaltung des RZ im Umgang mit Obsoleszenz abgetreten und die Obsoleszenzproblematik verlagert. Das Management von Obsoleszenz findet folglich in vielen Fällen beim Produzenten bzw. bei externen Dienstleistern statt. Dies betrifft sowohl mögliche Reparaturprozesse, als auch abschließende Entsorgungsprozesse, sodass das Produktleben i.d.R. nicht über den gesamten PLZ verfolgt werden kann. Hier ist jedoch ein deutlicher Unterschied zwischen großen RZ und mittelgroßen bzw. kleinen RZ festzustellen. Während in kleineren RZ vermehrt Ersatzteile und Alternativprodukte vorrätig gehalten werden, ist dies aufgrund der Größe und der Anzahl an Produkten, die in großen RZ zum Einsatz kommen, oft eine sehr aufwendige logistische Herausforderung, welcher sich Rechenzentrumsbetreiber aufgrund von Wirtschaftlichkeit nicht stellen wollen. Hier entstehen im Umgang mit Obsoleszenzbehebung ökologisch nachteilige Transportkosten, da für jede korrektive Maßnahme, die ein Ersatzteil oder einen Techniker erfordert, Transportwege zurückgelegt werden müssen.

Wenngleich Obsoleszenzfälle in der RZ-Infrastruktur real sind, ist die Obsoleszenzthematik in RZ insbesondere durch die Obsoleszenz von IT-Produkten geprägt. Da die Konzentration in großen RZ auf neuwertigen und technisch anspruchsvollen Produkten liegt, werden Produkte in großen RZ kaum wiederverwendet. Das RZ kann somit als Erstnutzer und einziger Nutzer betrachtet werden. Entsprechend tritt mit Ende der Nutzungsdauer auch das Ende der Lebensdauer ein, obwohl diese unter technischen Umständen und Instandhaltung ggf. länger sein könnte. Dies spiegelt sich wie vorausgegangen u.a. in den TCO wieder. Auch entsteht durch diesen Umgang mit Obsoleszenz unnötig große Abfallmengen, die durch effizientere Nutzung mit optimierter Materialeffizienz, reduziert werden kann. Die verkürzten PLZ von Produkten in RZ decken sich mit den Marktbeobachtungen kürzer werdender Lebenszyklen von IT-Produkten.² Insgesamt kann zurecht der Begriff der Kurzlebigkeit von Produkten in RZ genutzt werden, obgleich in der Wiederverwendung von IT-Produkten wie bspw. von Festplatten Zielkonflikte zwischen nachhaltiger Entwicklung und den Anforderungen an die Datensicherheit nachvollziehbar erscheinen.

Trotz bedeutsamer Marktstellung existiert kaum Zusammenarbeit entlang der Lieferkette, indem z.B. auf Produzenten oder Entsorger Einfluss genommen wird, um wertschöpfende

¹ Vgl. [Deutsche Telekom, 2020a](#)

² Vgl. [Zarnekow, 2013, S.85](#)

Prozesse nachhaltiger zu gestalten. Zudem bieten sich durchaus Möglichkeiten geplanter Obsoleszenz im Geschäftsbereich, die sowohl Hardware, als auch Software betreffen können und sich nachteilig auf nachhaltige Entwicklung auswirken können. Hierbei ist ferner zu beachten, dass wie in [Abschnitt 2.4.4](#) angedeutet auch der Nutzer - in diesem Fall der Rechenzentrumsbetreiber - einen maßgeblichen Beitrag zu vorzeitigen Obsoleszenzen leistet, u.a. durch mangelnde Überprüfung obsoleter Produkten, verlagerte Verantwortungen im Umgang mit Obsoleszenz, kalkulatorische Nutzungsdauer anstatt technisch möglicher und teilweise hohen Abhängigkeiten zu Akteuren entlang der Lieferkette. Zusammenfassend ist eine zu einseitige Ausrichtung entlang des ökonomischen Eckpunktes des Nachhaltigkeitsdreiecks zu vermerken, wodurch entsprechende Einbußen an den Eckpunkten Ökologie und Soziales resultieren. Unter Bewertung von Nachhaltigkeitsgesichtspunkten im Umgang mit Obsoleszenz in RZ konnten sich einige Schwachstellen identifizieren lassen, weswegen im folgenden Kapitel Verbesserungsmöglichkeiten im Umgang mit Obsoleszenz vorgestellt und diskutiert werden, um nachhaltige Entwicklung voranzutreiben.

4 Obsoleszenzmanagement

Forschung um das Thema der Obsoleszenz sucht nach Möglichkeiten, wie Obsoleszenz angemessen gehandhabt, vermindert und behoben werden kann.¹ Aufgrund der ansteigenden Rechenleistung, dem einhergehenden Wachstum von physischen Kapazitäten in RZ bei kürzer werdenden PLZ, den damit einhergehenden negativen Auswirkungen auf nachhaltige Entwicklung und um die mit Obsoleszenz verbundenen weitreichenden Herausforderungen, Risiken und negative Auswirkungen einzudämmen², sind speziell für die nachhaltige Gestaltung des Rechenzentrumsbetrieb neue Managementkonzepte erforderlich. Ein möglicher Ansatz ist, den Umgang mit Obsoleszenz als eine kontinuierliche Managementaufgabe in Organisationen aufzufassen. Dabei soll durch dauerhafte Berücksichtigung des Faktors Obsoleszenz bereits ab den frühesten Phasen der Programmpläne, der Nutzung und Entsorgung der Faktor Obsoleszenz berücksichtigt werden. Um zu diskutieren, wie die praktischen Verbesserungsmöglichkeiten im Rechenzentrumsbetrieb aussehen, wird zunächst das **Obsoleszenzmanagement (OM)** als Managementaufgabe durch einen Ordnungsrahmen strukturiert und vorgestellt. Dabei werden Planungsansätze in Form von Zieldefinition und Aufgabenzuteilung sowie Umsetzungsansätze nach proaktivem, reaktivem und strategischem Vorgehen aufgezeigt. Ferner wird zur Überprüfung dieser Umsetzungsansätze eine kennzahlenbasierte Überprüfung skizziert.

Ausgehend von einem strukturierten Ordnungsrahmen wird diskutiert, ob ein OM in RZ die in **Abschnitt 2.4.5** aufgezeigten Herausforderungen bewältigen kann. Dabei wird für die Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung erörtert, ob und wie ein strategisches Obsoleszenzmanagement eine Optimierung hinsichtlich nachhaltiger Entwicklung in RZ verglichen mit bisherigem Vorgehen (siehe **Kapitel 3**) darstellen kann. Zur Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung findet eine Gegenüberstellung von Herausforderungen und Potentialen eines OM in RZ statt, gefolgt von einer kritischen Würdigung der Verbesserungen unter Berücksichtigung nachhaltiger Entwicklung.

4.1 Ordnungsrahmen

Insgesamt kann das OM als ein fortlaufender und regelmäßig zu überprüfender Prozess - also ein „Satz zusammenhängender oder sich gegenseitig beeinflussender Tätigkeiten, die Eingaben in Ergebnisse umwandeln“³ - aufgefasst werden, mit der Konzentration auf

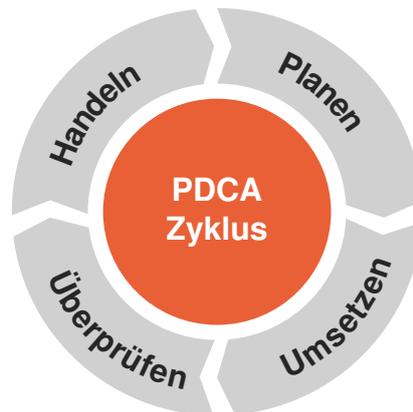
¹ Vgl. Romero Rojo et al., 2009, S.1

² Vgl. Ignatzek, 2017, S.2

³ DIN EN ISO 50001:2018, S.13

fortlaufender Verbesserung.¹ Dabei gilt als primäre Zielsetzung dieses **Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)** die qualitativ gesicherte Gestaltung eines nachhaltigeren Umgangs mit Obsoleszenz und als ein erwünschtes Ergebnis die Reduzierung von nachteiligen Obsoleszenzauswirkungen. In Bereichen der Luft- und Raumfahrttechnik, Wehrtechnik, Kraftwerkstechnik und des Schienenverkehrs findet das **OM** bereits praktische Anwendung.² Jedoch ist das **OM** als eine Managementaufgabe keineswegs auf spezielle Organisationen zu limitieren. Ob und wie **RZ** von diesem Konzept profitieren können, soll in dieser Arbeit diskutiert werden.

In Anlehnung an das **Qualitätsmanagement (QM)** kann der **KVP** im Umgang mit Obsoleszenz nach dem **Plan-Do-Check-Act (Planen-Umsetzen-Überprüfen-Handeln) (PDCA)-Zyklus**³ in vier Phasen strukturiert werden. Entscheidende Phasen entlang des **PDCA-Zyklus** sind Planen (*engl. plan*) – Umsetzen (*engl. do*) – Überprüfen (*engl. check*) – Handeln (*engl. act*). (siehe **Abbildung 4.1**) Dieser Zyklus gibt dem **OM** dahingehend eine Struktur, als dass zu verstehen ist, dass die einzelnen Phasen aufeinander aufbauen und somit in Verbindung zueinander stehen. Das bedeutet, nachdem die Planungsvorhaben definiert und umgesetzt wurden, findet eine Überprüfung hinsichtlich der Kriterien Effektivität und Effizienz⁴ statt, wonach Handlungsmöglichkeiten zur Optimierung erörtert werden. Aus diesen wiederum lassen sich bestehende Ziele konkretisieren oder neue Ziele des fortlaufenden Prozesses planen.



Quelle: Eigene Darstellung; In Anlehnung an **DIN EN ISO 50001:2018**, S.7f

Abbildung 4.1: PDCA Zyklus nach W. Edwards Deming

Für die tatsächliche Umsetzung des **OM** können dabei zwei unterschiedliche Implementierungsansätze genutzt werden:

1. **OM** als eigenständiges (auch isoliertes) Managementsystem
2. **OM** als integriertes Managementsystem⁵

¹ Vgl. **DIN EN ISO 9001:2015**, S.49

² **Chang et al., 2015**, S.123ff

³ nach W. Edwards Deming; Vgl. **Rouse, 2019**

⁴ Entgegen umgangssprachlich synonymen Gebrauchs, werden die Begriffe im Kontext dieser Arbeit gezielt differenziert. Effektivität beschäftigt sich damit, die richtigen *Dinge* umzusetzen, wohingegen Effizienz erreicht wird, indem die *Dinge* richtig umgesetzt werden. Vgl. **Wirtschaftslexikon24, 2018**

⁵ Vgl. **VDI 4060 Blatt 1:2005**, S.5ff

In einem eigenständigen Managementsystem wird das OM, sofern noch nicht in organisatorischen Tätigkeiten umgesetzt, grundlegend neu entwickelt und als eigenständige Disziplin aufgefasst. Demgegenüber werden in einem integrierten OM Ressourcen verwandter Bereiche gebündelt bzw. das OM wird in bestehende Managementaufgaben integriert.

Wie sich jedoch anhand der vernetzten Zusammenhänge im Umgang mit Obsoleszenz in RZ gezeigt hat (siehe Abschnitt 3.4), erscheint ein isoliertes Vorgehen weniger geeignet für große RZ. Viel eher könnte ein OM auf Elementen von bereits existierender und inhaltlich verwandter Managementsysteme etabliert werden. Diese können bspw. in Anlagen-, Konfigurations-, PLZ-, Qualitäts-, Risiko- und Umweltmanagementsystemen verankert sein. Der entscheidende Vorteil ist bei diesem Vorgehen auch eine Reduzierung des Aufwands gegenüber der Etablierung eines eigenständigen OM.

4.2 Ziele und Aufgaben des Obsoleszenzmanagements

Unter einem Ziel ist ein „zu erreichendes Ergebnis“¹ zu verstehen. Damit ein Ziel effektiv und effizient erreicht werden kann, ist die Formulierung eines Ziels von wichtigster Bedeutung.² Das OM ist als zielorientierter Managementansatz aufzufassen und verfolgt das Hauptziel „durch eine vorausschauende und sorgfältige Planung die Auswirkungen und Kosten einer Obsoleszenz zu minimieren“³, wobei als Kosten direkte und indirekte Kosten, die mit einer nachhaltigeren Gestaltung des RZ verbunden sind, betrachtet werden. (Vgl. Abschnitt 2.4.2) Außerdem können sekundäre Ziele formuliert werden, wie z.B. die umweltbeeinträchtigenden Auswirkungen von Obsoleszenz zu reduzieren oder die Minimierung des Verbrauchs von IT-Produkten.

Ausgehend von der in Abschnitt 2.4.1 vorgestellten Annahme, dass die Produktlebensdauer von (IT-)Produkten planbar ist, umfasst das OM die folgenden Aufgabengebiete:

- Definition und Überprüfung der Erreichung des Hauptziels
- Definition und Überprüfung der Erreichung von Teilzielen
- Obsoleszenzbeständige Gestaltung des Rechenzentrumsbetriebs und eingesetzter Produkte entlang des gesamten PLZ
- Aufarbeitung vergangener Obsoleszenzfälle
- Insgesamt eine Reduzierung bzw. Vermeidung von Ausfällen durch Ermittlung von prozessmäßig gefährdeten Komponenten⁴ und Obsoleszenzrisiken
- Rechtzeitiges Wissen über drohende Ausfälle
- Miteinbeziehung von Lieferanten
- Erhebung, Bewertung und Analyse von Obsoleszenzkennzahlen

¹ DIN EN ISO 14001:2015, S.17

² Vgl. Ulrich et al., 2007, S.168ff

³ Schnieder, 2018, S.223

⁴ Vgl. Wiesböck, 2017

Im Folgenden wird der in [Abbildung 4.1](#) dargestellte PDCA-Zyklus mit seinen vier Phasen in detaillierter Ausführung vorgestellt und auf den Rechenzentrumsbetrieb angewendet. Ausgehend von Planungsansätzen werden Umsetzungskonzepte, Maßnahmen zur Überprüfung und Maßnahmen zur Verbesserung der Leistung im Rahmen des **OM** vorgestellt.

4.3 Entwicklung eines Obsoleszenzmanagementplans

Wie vorausgegangen ist Dokumentation im Umgang mit Obsoleszenz signifikant. Dazu nutzt das **OM** einen sog. **Obsoleszenzmanagementplan (OMP)**, der ein wesentlicher Bestandteil der Planung ist. Der **OMP** kann als eigenständiges Dokument oder als Teil eines anderen Dokumentes (wie bspw. eines Risikomanagementplans) aufgefasst werden. Bedeutend ist, dass der Plan regelmäßig gepflegt und seine Inhalte hinsichtlich Erreichung hinreichend dokumentiert und überprüft wird. Es empfiehlt sich um allgemeine Tätigkeiten des **OM** koordiniert zu leiten, auch die Erstellung einer mit den übergreifenden Geschäftszielen des **RZ** konsistenten Obsoleszenzmanagementrichtlinie.¹

Das Vorgehen bei der Erstellung eines **OMP** beruht auf einer Anforderungsanalyse. Um Anforderungen an das **OM** bilden zu können, werden die Ergebnisse der Problemanalyse (Vgl. [Kapitel 3](#)) mit der in [Abschnitt 4.2](#) vorausgegangenen Zielformulierung, kombiniert.² Dazu ist zunächst im **OMP** zu dokumentieren, wie Aktivitäten zur „Identifikation und Minderung der Auswirkungen von Obsoleszenz“³ derzeit umgesetzt werden und wie ein gewünschter Soll-Zustand aussieht. Inhaltlich werden hinsichtlich des Faktors Obsoleszenz neben Ist-Zustand und Zielen u.a. Obsoleszenzfälle, Ursachen, derzeitige Handhabungen, Auswirkungen, Prognosen und Risiken identifiziert und im **OMP** festgehalten. Auch sollten Verbesserungsmöglichkeiten, wie bspw. Optimierungsmöglichkeiten zur Verlängerung der Produktlebensdauer bestimmter Produkte dokumentiert werden. Ausgehend vom PDCA-Zyklus ist anzumerken, dass in der praktischen Umsetzung aus der Phase 'Handeln' im **OM** stets neue Anforderungen und Ziele aus dem **OMP** abgeleitet werden können und der **OMP** aus Gründen der Effektivität ein fortlaufendes Dokument darstellt, welches regelmäßig aktualisiert werden muss. Zusätzlich erscheint es sinnvoll, im **OMP** die Marktstellung eines **RZ** hinsichtlich der Einflussnahme auf Lieferanten entlang der Lieferkette zu dokumentieren und in Zusammenarbeit mit Herstellern bzw. autorisierten Lieferanten und deren Geschäftspartnern gemeinsame **OM**-Ziele zu vereinbaren und diese schriftlich im **OMP** festzuhalten und in regelmäßigen Abständen zu überprüfen.

4.4 Obsoleszenzbeständige Gestaltung

Die Phase 'Planen' geht im PDCA-Zyklus in die Phase 'Umsetzen' über. Für die Umsetzung eines effektiven **OM** gilt, dass die praktische Umsetzung obsoleszenzbeständig

¹ Vgl. [DIN EN 62402:2017](#), S.13

Für die Beantwortung der vorliegenden wissenschaftlichen Fragestellung ist keine Relevanz der Obsoleszenzmanagementrichtlinie erkennbar, dahingehend erscheint die Darstellung und Strukturierung einer Obsoleszenzmanagementrichtlinie für die grundlegende Realisierung eines Obsoleszenzmanagementansatzes als zu komplex.

² Vgl. [Fuchs et al., 2002](#), S.36f

³ [DIN EN 62402:2017](#), S.14 PRÜFEN!

sein soll, d.h. um das **OM** in Richtung der geplanten Ziele zu steuern, ist dauerhaft und gleichbleibend der Faktor Obsoleszenz zu berücksichtigen. Dabei soll die Organisation **RZ** obsoleszenzbeständig gestaltet werden, also sind auch Produkte entlang ihres gesamten **PLZ**, Prozesse und Beteiligte im **RZ** in die Obsoleszenzthematik einzubinden.

Im praktischen Rechenzentrumsbetrieb impliziert dies die obsoleszenzbeständige Gestaltung sämtlicher Produkte der **RZ**- und **IT**-Infrastruktur. Dabei ist eine für obsoleszenzbeständige Gestaltung entscheidende Produkteigenschaft die Modularität, also „die Verwendung austauschbarer Einheiten“¹, wodurch im Falle einer Obsoleszenz gezielt ein Einzelteil (oder ein Subsystem) ersetzt werden kann, ohne dass in dieser Instandhaltungsmaßnahme direkt oder indirekt zusammenhängende Produkte mit ersetzt werden müssen. Dies ist besonders für Hardwareprodukte wie bspw. Server oder gesamte Racks eine Gestaltungseigenschaft, durch die nachteilige Obsoleszenzauswirkungen bemerkenswert minimiert werden können, da lediglich obsolete Einzelteile instandgehalten werden können ohne dass das vollständige Endprodukt obsolet wird. Ferner ist eine festgelegte Anforderung obsoleszenzbeständiger Gestaltung die Verwendung langlebiger Produkte und langlebiger Materialien², sodass präventiv werkstoffliche Obsoleszenzfälle verhindert werden können. In Hinblick auf die obsoleszenzbeständige Gestaltung von im **RZ** eingesetzter Softwareprodukte empfiehlt sich der Besitz des Quellcodes, um angemessene Möglichkeiten zur Instandhaltung eigenständig und unabhängig von externen Dienstleistern durchführen zu können. Dies kann bspw. durch Software mit offenem Quellcode (*engl. open source software*) oder durch eine Weiterentwicklung von offenem Quellcode erreicht werden. Auch für proprietäre Software ist entscheidend, dass innerhalb der Organisation der Quellcode vorliegt und eigenständig instandgehalten werden kann. Über die Softwareprodukte hinaus ist auch eine übergeordnete Systemarchitektur, die offene Standards, offene Protokolle und offene Schnittstellen verwendet, eine Möglichkeit, obsoletere modulare Soft- oder Hardwareprodukte zu ersetzen und mittel- und langfristig dazu beizutragen, nachteilige Obsoleszenzauswirkungen durch obsoletere Software zu minimieren.³

Obsoleszenzbeständige Gestaltung umfasst auch Menschen, die am Rechenzentrumsbetrieb mitarbeiten. Diese sind mit obsoleszenzbeständiger Gestaltung bspw. durch Schulungen und Weiterbildungen mit dem Thema Obsoleszenz vertraut zu machen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden idealerweise in praktischen Tätigkeiten innerhalb der Organisation **RZ** umgesetzt. Ferner empfiehlt sich auch für das Management, obsoleszenzbeständige Gestaltung zu verinnerlichen und Analysen zukünftiger Marktentwicklungen durchzuführen, um ggf. Veränderung bzgl. der Verfügbarkeit und der Zukunftsfähigkeit von Endprodukten, Einzelteilen und Prozessen zu prognostizieren und so das Obsoleszenzrisiko bspw. durch die Beschaffung langlebiger Technologien und langlebiger Produkte zu minimieren.

Abschließend kann gesagt werden, dass obsoleszenzbeständige Gestaltung eine Aufgabe innerhalb des **RZ** darstellt. Dennoch empfiehlt es sich für die Zielerreichung, Möglichkeiten der Einflussnahme entlang der Lieferkette auszunutzen, um bspw. auf Prozesse von Lieferanten oder Entsorgern Einfluss zu nehmen. Hier können auch organisationsübergreifende Obsoleszenzziele formuliert werden, an denen Akteure entlang der Lieferkette

¹ DIN EN 62402:2017, S.16

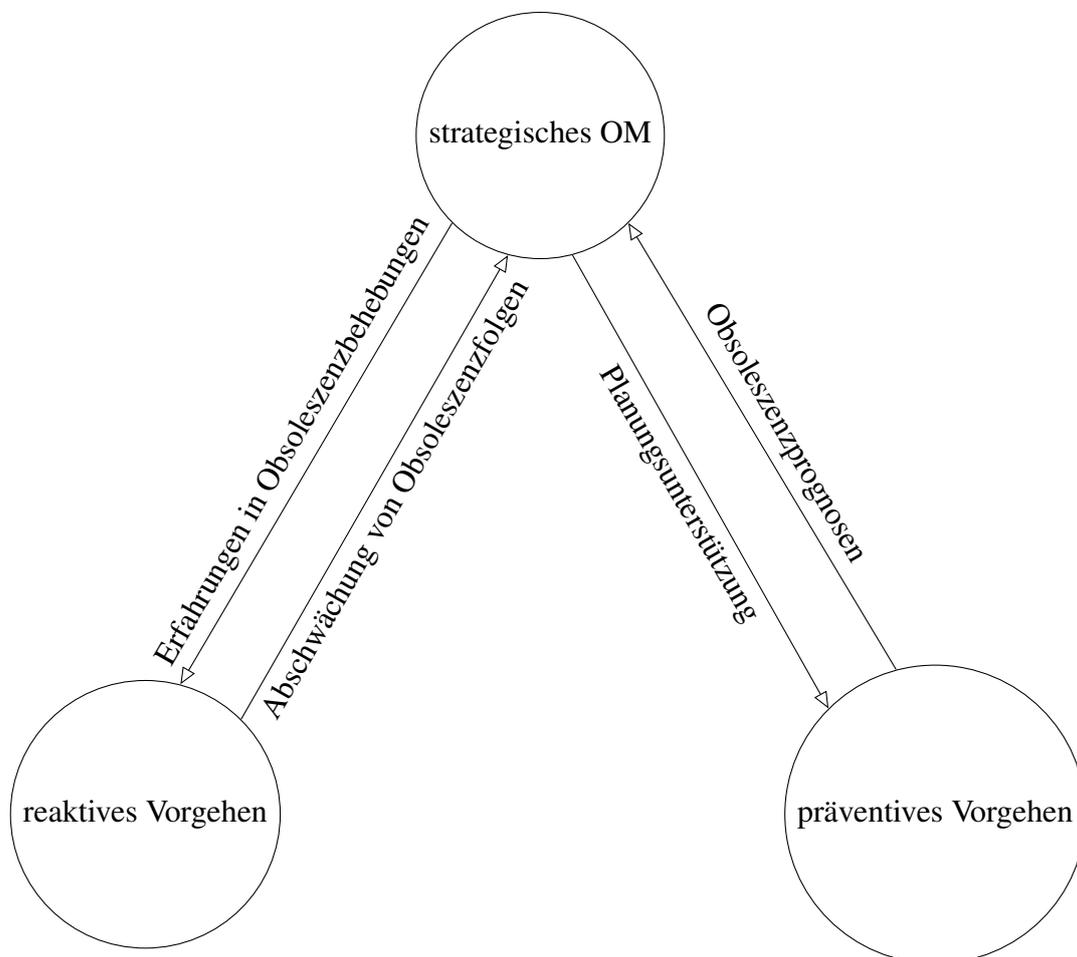
² Vgl. DIN EN 62402:2017, S.17

³ Vgl. ebd.

gemeinsam arbeiten. Über diese Planungsphase hinaus ist zu klären, wie die praktische Umsetzung aussehen kann. Dazu findet die Vorstellung praktischer Umsetzungsansätze im folgenden Abschnitt in detaillierter Form statt.

4.5 Strategische Umsetzung

Für die Umsetzung des **OM** gibt es nach dem normierten **OM** grundsätzlich drei verschiedene Ansätze.¹ Neben dem reaktiven Ansatz, welcher im Falle auftretender Obsoleszenz reagiert und dem proaktiven Ansatz, nach welchem präventiv Maßnahmen zur Bekämpfung und Verringerung von Obsoleszenz ergriffen werden, existiert ein aus beiden Ansätzen kombinierter, strategischer Ansatz. Dieser soll im Rahmen der Arbeit im Vergleich zu dem in **Abschnitt 3.5** vorgestellten Umgang mit Obsoleszenz eine Verbesserung darstellen. **Abbildung 4.2** gibt eine Übersicht der Zusammenhänge im strategischen **OM**:



Quelle: Eigene Darstellung; in Anlehnung an [Bartels, 2012, S.2](#)

Abbildung 4.2: Umsetzung des Obsoleszenzmanagements

Das strategische **OM** zeichnet sich durch sein strukturiertes Vorgehen aus. Dabei findet in der Planung wie vorausgegangen eine eindeutige Zieldefinition statt bei konsequenter

¹ Vgl. [DIN EN 62402:2017, S.17ff](#)

Dokumentation der Zielerreichung und kontinuierlicher Berücksichtigung von Obsoleszenz im produktiven Rechenzentrumsbetrieb. Hauptziel des strategischen OM ist, über den gesamten PLZ von Produkten des RZ eine lückenlose Versorgung mit hochwertigen Bauteilen sicherzustellen. Optimalerweise wird die Verfügbarkeit sämtlicher Produkte als Kernthema in Überlegungen über die gesamte Lieferkette hinweg einbezogen.¹ Das strategische OM ist im Kontext nachhaltiger Entwicklung als langfristig orientierter Ansatz aufzufassen.

Wenngleich das einseitige reaktive Vorgehen äußerst risikobehaftet ist, können sinnvolle Ansätze der Obsoleszenzbehebung im strategischen OM übernommen werden, um auf bereits eingetretene Obsoleszenzfälle effizient zu reagieren, diese zu handhaben und zu lösen. Auch wesentliche Ziele des proaktiven OM, wie Produkte und ihre Zusammensetzung zu verstehen und auf diesem Wissen aufbauend Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Obsoleszenzwahrscheinlichkeiten zu tätigen, sollten in das strategische OM übernommen werden. Dieses Wissen basiert auf Informationen, die u.a. das MM und das PLM aufgabenübergreifend bereitstellen. Dabei wird im strategischen OM auch ermittelt, in welcher Phase des PLZ sich ein Produkt befindet.² Entsprechend können reaktive oder präventive Maßnahmen ergriffen werden.³ Das strategische OM hat in seiner Funktionsfähigkeit folglich auch Verantwortung für die Koordination zwischen unterschiedlichen Managementaufgaben.

Der aus dem proaktiven OM abgeleitete Begriff des Obsoleszenzrisikos⁴ spielt auch im strategischen OM eine entscheidende Rolle. Die auf Basis einer breiten Datengrundlage prognostizierte Eintrittswahrscheinlichkeit einer Obsoleszenz von bestimmten Endprodukten in einem bestimmten Zeitraum, dient als Grundlage für eine Kategorisierung und Abstufung obsoleszenzgefährdeter Produkte im Kontext der strategischen Risikoanalyse.⁵ Tabelle 4.1 gibt einen Vorschlag für die Kategorisierung von Produkten nach Obsoleszenzrisiko. Dabei ist anzumerken, dass die Kategorisierung nicht als final zu betrachten ist. Sind in der Risikobeurteilung unter empirischen Erfahrungen Abweichungen zu erkennen, so können Produkte in eine andere Kategorie eingeordnet werden.

	Kategorie	Einstufung
Eintritts- wahrscheinlichkeit	1	<i>bereits obsolet</i>
	2	<i>sehr wahrscheinlich</i>
	3	<i>wahrscheinlich</i>
	4	<i>möglich</i>
	5	<i>unwahrscheinlich</i>
	6	<i>unvorstellbar</i>

Tabelle 4.1: Obsoleszenzkategorien der proaktiven Risikoeinstufung

Als konkrete Hilfsmittel für das strategische OM gelten bspw. Stücklisten (*engl. bill of material, BOM*) aus dem MM, verschiedene Softwaremodelle, die Auskunft über Zusammenhänge einzelner Komponenten geben oder Prozessmodellierungen. Auf der Basis

¹ Vgl. Kirschenbauer, 2018

² Vgl. [obsolescence.management, 2020](#)

³ Vgl. [Through Life Support, 2018](#)

⁴ Vgl. [DIN EN 62402:2017, S.19f](#)

⁵ Für den Ablauf einer Risikobewertung und die Kategorisierung obsoleszenzgefährdeter Produkten im Kontext des OM, siehe auch [Romero Rojo et al., 2012](#) und [Bartels et al., 2012](#)

dieser Hilfsmittel können dann auf granularer Ebene auch verbaute Einzelteile, Komponenten oder Module analysiert und nach ihrem Obsoleszenzrisiko eingestuft, kategorisiert und unterschiedlich gehandhabt werden.¹ Ausgehend von diesen Einstufungen können präventive Maßnahmen wie z.B. die Beschaffung und Vorratshaltung von Ersatzteilen oder Substitutionsgütern eingeleitet werden, um Obsoleszenzkosten durch schnelle Reparatur- oder Austauschmaßnahmen gering zu halten. Auch bietet es sich an, Prozesse in der Beschaffung hinsichtlich Obsoleszenzbeständigkeit zu optimieren, um bspw. Auswirkungen auf den Eckpunkt Ökologie im Nachhaltigkeitsdreieck durch die frühzeitige Berücksichtigung von Umweltzeichen² in der Produktbeschaffung zu reduzieren. Proaktiv lassen sich auch technische Möglichkeiten zur längeren Haltbarkeit umsetzen, so können Festplatten über die Statuserfassung hinaus auch durch sog. integrierte Befehlsreihenungen optimiert werden, wodurch die Leistung von Festplatten unter bestimmten Bedingungen verbessert werden kann und sich diese länger nutzen lassen.³

Abhängig von der Obsoleszenzrisikoeinstufung wird bei strategischem Vorgehen idealerweise im **OMP** festgehalten, für welche Produkte eine reaktive und für welche eine proaktive Obsoleszenzstrategie gefahren werden soll. Während das reaktive **OM** Obsoleszenzfolgen bspw. durch Reparaturmaßnahmen abschwächt, werden diese empirisch gesammelten Erfahrungswerte im strategischen **OM** genutzt, um z.B. Prognosen für das Auftreten von Obsoleszenzen zu unterstützen. Ein weiteres Beispiel sind im Rahmen reaktiver Obsoleszenzbehebung eingesetzte Alternativprodukte, die im proaktiven **OM** als Vorräte einkalkuliert werden. Ergänzend zu den bisherigen Aufgaben, die im Umgang mit Obsoleszenz anfallen, gibt die folgende Auflistung eine Übersicht an Aufgaben, die im strategischen **OM** angesiedelt sind und eine Ergänzung darstellen können:

- Verständnis der Zusammensetzung von Verbundprodukten, durch Nachvollziehbarkeit der BOM bzw. vergleichbarer Dokumente
- Analyse der Zusammensetzung von Produktdesign
- Klassifikation in kritische bzw. obsoleszenzgefährdete Komponenten
- Identifikation obsoleszenzkritischen Designs
- Suche nach Alternativ- und Substitutionsprodukten
- Bauteilrückgewinnung⁴
- Identifikation und Aufarbeiten vergangener Obsoleszenzfälle mit Analyse von Obsoleszenzursachen
- Bestimmung strategischer Ausrichtungen für einzelne Produkte
- Kommunikation entlang der Lieferkette mit Identifikation von Einflussmöglichkeiten u.a. auf Lieferanten, Hersteller, Distributoren und Entsorger

¹ Vgl. [Amin, 2015](#)

² Siehe dazu auch Kennzeichnungen langlebiger und reparaturfreundlicher Produkte durch *EU Ecolabel*, *Blauer Engel*, *ENERGY STAR label* und *EU-Bio-Siegel*.

³ Vgl. [SanDisk, 2020](#)

⁴ Vgl. [Schnieder, 2018](#), S.228

- Informationsaustausch zu Änderungen und Abkündigungen von Produkten und Einheiten durch automatisierte Verarbeitung von PCN und PDN in Form einer standardisierten Übermittlung durch Komponentenhersteller¹
- Kenntnisnahme von PCN und PDN mit fachlicher Beurteilung und Festlegung zu ergreifender Obsoleszenzmaßnahmen²

Sinnvollerweise werden Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Erkenntnisse aus dem strategischen OM im OMP dokumentiert, sodass die dokumentierten Ergebnisse in weiteren Durchläufen des PDCA-Zyklus wiederverwendet werden können.

4.6 Messen der Leistung

Die dritte Phase des PDCA-Zyklus nach dem tatsächlichen 'Umsetzen' ist die Phase 'Überprüfen'. In dieser Phase findet die Überwachung der Obsoleszenzsituation statt.³ Um den Ist-Zustand eines Prozesses beurteilbar zu machen und um Entscheidungen im OM sinnvoll treffen zu können, ist es wichtig, die Leistung der Phase 'Umsetzen' des PDCA-Zyklus durch Quantifizierung messbar zu machen. Der OMP kann durch die Bemessung der Leistung konkretisiert und die Zielerreichung kann mit Zahlenwerten beurteilbar gemacht werden. Dabei ist unter einer Messung ein „Prozess zum Bestimmen eines Wertes“⁴ zu verstehen. Dieser Wert kann durch eine Leistungskennzahl (*engl. key performance indicator, kurz KPI*), welche ein wichtiges Instrument ist, um sinnvoll Managemententscheidungen treffen zu können, ausgedrückt werden. Dabei wird unter einer Leistungskennzahl (*engl. key performance indicator, kurz KPI*) eine Zahl verstanden, die zur Messung von „Effektivität bzw. (.) Wirkungsgrad des Ressourcenverbrauchs“⁵ im Kontext des OM dient, die darauf abzielt, die „wirksame oder effektive Verwendung oder Nutzung von Ressourcen“⁶ zu ermöglichen. Als Ziele sind die in Abschnitt 4.2 definierten Ziele beizubehalten.

Für die praktische Bemessung der Leistung durch Kennzahlen empfiehlt sich die „systematische Verknüpfung von Einzel-Kennzahlen“⁷ zu einem Kennzahlensystem. Dazu ist zunächst zu klären, welche Anforderungen an eine Kennzahl gestellt werden und wie sich eine Kennzahl auf Basis von erfassten Daten nachvollziehbar zusammensetzt. Auch erscheint es bei der Kennzahlenanwendung sinnvoll, die angewendeten Kennzahlen hinsichtlich der vorausgegangenen Bestandsaufnahme über den Ist-Zustand im Umgang mit Obsoleszenz innerhalb des RZ sowie der Erreichung zuvor formulierter Ziele zu überprüfen. Im folgenden Abschnitt werden dahingehend zunächst Anforderungen an Kennzahlen im Kontext des OM definiert.

¹ Vgl. VDMA-Einheitsblatt 24903:2017, S.20ff

² Vgl. Ignatzek, 2017, S.4

³ Vgl. Bartels, 2019, S.6

⁴ DIN EN ISO 50001:2018, S.13

⁵ DIN EN 50600-4:2017, S.8

⁶ DIN EN 50600-4:2017, S.9

⁷ Weber, 2018

4.6.1 Anforderungen an Obsoleszenzkennzahlen

Tabelle 4.2 stellt eine Übersicht an Anforderungen¹ für die praktische Anwendung in RZ dar. Nur eine Kennzahl, die mit den definierten Anforderungen konsistent ist, ist ein Kandidat für die Aufnahme in ein Obsoleszenzkennzahlensystem. Dabei bilden die Obsoleszenzkennzahlen ergänzend zu der Bemessung von Energieeffizienz eine Grundlage zur Beurteilung der Ressourceneffizienz von RZ.

Anforderung ²	Beschreibung
Aktualität	Im Rahmen der Erhebung einer Kennzahl muss Aktualität sichergestellt werden, das bedeutet eine Kennzahl in regelmäßigem Abstand zu erheben und abhängig von Anforderungen an Reaktionsschnelligkeit idealerweise zeitaktuell zur Verfügung zu stellen. ³
Ausgewogenheit	Ein Kennzahlensystem ist abhängig vom „Grad unterschiedlicher Kennzahleninhalte“ ⁴ als ausgewogen zu bezeichnen.
Kontinuität	Kennzahlen, sowie das zugrundeliegende Kennzahlensystem sollten über den zeitlichen Verlauf nach gleichen Berechnungen und Prinzipien erfasst werden, um Vergleichbarkeit sicherzustellen.
Kosten	Für die Erhebung einer Kennzahl fallen Aufwände und damit verbundene Kosten an. Es muss sichergestellt werden, dass der Mehrwert durch die Erhebung einer Kennzahl die anfallenden Kosten für die Erhebung übersteigt.
Vergleichbarkeit	Dabei sollten Kennzahlen über längeren Zeitraum möglichst wenig verändert werden, damit Zeitreihenanalysen bzgl. der Bemessung und daraus folgend der Bewertung der Leistung des OM durchgeführt werden können. Auch entstehen Möglichkeiten zum Benchmarking, d.h. Vergleich unterschiedlicher Organisationen anhand von Kennzahlen. ⁵
Verständlichkeit	Das Zustandekommen einer Kennzahl muss verständlich und nachvollziehbar sein. Verantwortliche, die am Prozess mitwirken und Empfänger der Kennzahlen müssen das Messergebnis interpretieren können. ⁶
Zielorientierung	Eine Kennzahl muss der Erreichung eines festgelegten Ziels dienen.

Tabelle 4.2: Anforderungen an Obsoleszenzkennzahlen

¹ in Anlehnung an Arndt, 2019b, S.124

² Auflistung in lexikografischer Reihenfolge

³ Vgl. Fleig, 2016

Anm.: So sind bspw. Kennzahlen über aktuelle Logistikbestände zeitaktuell bereit zu stellen, wohingegen Kennzahlen über OM Schulungen von Mitarbeiter nicht zwingend tagesaktuell vorliegen müssen.

⁴ Weber, 2018

⁵ Vgl. Clausen / Kottmann, 1999, S.255ff

⁶ Vgl. Thissen, 2017

Wie vorausgegangen ist vor allem die Nachvollziehbarkeit von Kennzahlen essenziell, nicht nur ein übergreifendes Verständnis über die Ursprünge der Kennzahl, sondern ebenfalls damit die Einhaltung von Anforderungen auch langfristig eingehalten werden kann. Dazu werden im folgenden Abschnitt Obsoleszenzkennzahlen gebildet und vorgestellt.

4.6.2 Obsoleszenzkennzahlenbildung

Für die Bildung von Obsoleszenzkennzahlen sind drei unterschiedliche Zusammenhänge zu berücksichtigen:¹

- logischer Zusammenhang von Kennzahlen zur Bemessung der Leistung des RZ durch begriffliche Abgrenzungen oder mathematische Umformungen
- empirischer Zusammenhang von Kennzahlen aus Beobachtungen im Rechenzentrumsbetrieb, wobei gesetzmäßige Zusammenhängen von zufallsbedingten Zusammenhängen zu unterscheiden sind.
- hierarchische Beziehungen zwischen Kennzahlen durch „sachlich begründete Rangordnung [oder] Präferenzen des Entscheiders“²

Diese Zusammenhänge sind insbesondere bei der Zusammenführung von KPI in ein Kennzahlensystem zu beachten. Die im Rahmen der Arbeit vorgestellten Kennzahlen können bspw. zusammen mit Kennzahlen zur Umweltleistungsbewertung³, in bereits bestehende Kennzahlensysteme integriert werden. Alternativ kann ein eigenständiges Obsoleszenzkennzahlensystem etabliert werden. Die Erstellung eines vollständigen Obsoleszenzkennzahlensystems überschreitet den Umfang der Beantwortung der zur wissenschaftlichen Fragestellung notwendigen Verständnisgrundlage. Es reicht dahingehend zu verstehen, dass Kennzahlen strukturiert in Zusammenhang unter Berücksichtigung der vorausgegangenen Anforderungen gebracht werden können und dass die praktische Nutzung von Kennzahlensystemen zur Überprüfung der Leistung des OM signifikante Unterstützung bietet.

Da die Obsoleszenzbetrachtung im organisatorischen Kontext in den Bereich der Materialeffizienz als Teil der Ressourceneffizienz einzuordnen ist, wird die Rechenzentrumsressourceneffizienz (*engl. data center resource efficiency, kurz DCRE*) - analog zu Rentabilitätskennzahlen - als Erfolgsgröße für die Ressourceneffizienz durch das Verhältnis von IT-Leistung zum eingesetzten Ressourcenaufwand abgebildet:⁴

$$DCRE = \frac{IT - Leistung}{RZ - Ressourcen} \quad (4.1)$$

Data Center Resource Efficiency (DCRE)

¹ Vgl. Küpper et al., 2005, S.369ff

² Vgl. Palupski, 2002, S.142

³ Vgl. DIN EN ISO 14031:2013, S.10ff

⁴ Vgl. Schödwell et al., 2018, S.96ff

Ausgehend von der DCRE wird im Kontext der Obsoleszenzbetrachtung eine Optimierung hinsichtlich des Divisors RZ-Ressourcen - also der Gesamtheit aller im RZ in Anspruch genommenen Ressourcen der IT- und RZ-Infrastruktur - angestrebt. Ein hohes Optimierungspotential im Rahmen des OM konnte bereits im Umgang mit IT-Produkten identifiziert werden. Folglich sind neben der IT-Leistung auch die anteiligen IT-Ressourcen zu betrachten. Diese Betrachtung findet durch die Infrastrukturressourceneffizienz im RZ (engl. *data center infrastructure resource efficiency*, kurz *DCiRE*) statt.

$$DCiRE = \frac{IT - Ressourcen}{RZ - Ressourcen} \quad (4.2)$$

Data Center infrastructure Resource Efficiency (DCiRE)

Für die Formel 4.2 ergibt sich ein Wert zwischen 0 (keine IT-Ressourcen) und 1 (ausschließlich IT-Ressourcen), dabei beschreibt diese Kennzahl je größer sie ausfällt eine höhere Effizienz der eingesetzten RZ-Infrastruktur. Durch Quotientenbildung der vorausgegangenen Formeln lässt sich anhand eines logischen Zusammenhangs mit $\frac{DCRE}{DCiRE}$ die Ressourceneffizienz der im RZ zum Einsatz kommenden IT ableiten und als IT-Ressourceneffizienz (engl. *IT resource efficiency*, kurz *ITRE*) wie folgt darstellen:

$$ITRE = \frac{IT - Leistung}{IT - Ressourcen} \quad (4.3)$$

IT Resource Efficiency (ITRE)

Dabei wird die gesamte IT-Leistung in das Verhältnis zur Ressourceninanspruchnahme durch die IT gesetzt. Wird die Anzahl an IT-Ressourcen bei gleichbleibender IT-Leistung reduziert, fällt diese Kennzahl höher aus und folglich steigt die IT-Ressourceneffizienz im RZ. Insbesondere können hier bereits normierte Kennzahlen der IT Equipmenteffizienz¹ (engl. *IT equipment efficiency*, kurz *ITEE*) und der IT Equipmentauslastung² (engl. *IT equipment utilization*, kurz *ITEU*) herangezogen werden. In den bisherigen Kennzahlen werden im Faktor Ressourceneffizienz auch eingesetzte Energien berücksichtigt. Die Konzentration dieser Arbeit liegt vorrangig auf der Materialeffizienz, sodass hierarchische Abstufungen im Kontext der Obsoleszenz hinzugezogen werden. Produktübergreifend ist zunächst die Anzahl an eingetretenen Obsoleszenzfällen (N) eine nominelle Kennzahl. Diese berechnet sich aus der Summe aller bekannten Obsoleszenzfälle, ist jedoch aufgrund des mengenmäßigen Wachstums von physischen Kapazitäten in RZ historisch wenig vergleichbar. Es empfiehlt sich daher diese nominelle Kennzahl in das Verhältnis zur Gesamtzahl eingesetzter Endprodukte der IT-Infrastruktur zu setzen.

$$N_{IT} = \frac{N_{IT-Infrastruktur}}{\sum IT - Produkte} \quad (4.4)$$

Anteil Obsoleszenzfälle in der IT-Infrastruktur

¹ Vgl. ISO/IEC 30134-4:2017, p.5

² Vgl. ebd.

Diese Kennzahl lässt sich analog auch für die RZ-Infrastruktur erheben, in dem die Anzahl der in RZ-Infrastruktur eingetretenen Obsoleszenzfälle ($N_{RZ-Infrastruktur}$) in das Verhältnis zur Gesamtzahl eingesetzter Produkte der RZ-Infrastruktur gesetzt werden. Erstrebenswert ist in beiden Fällen ein möglichst geringer Anteil an Obsoleszenzfällen.

Es lassen sich ausgehend von [Formel 4.4](#) Unterteilungen in Vorgehensweisen zur Handhabung vornehmen. Da unvorhergesehene Obsoleszenzfälle kritisch für den reibungslosen Rechenzentrumsbetrieb sein können, empfiehlt es sich einen Anteil an unvorhergesehenen Obsoleszenzen zu erheben. Hierzu kann bspw. die Messung reaktiver Maßnahmen helfen, mit dem Ziel den Anteil reaktiver Obsoleszenzbehebungen im zeitlichen Verlauf zu reduzieren. Dabei wird in der Reactive-Ratio (RR) der Anteil von reaktiven Maßnahmen an der Gesamtheit aller Obsoleszenzfälle der IT-Infrastruktur betrachtet. Analog dazu lässt sich diese Kennzahl auch in der RZ-Infrastruktur erheben.

$$RR_{IT} = \frac{N_{reaktiv}}{N_{IT-Infrastruktur}} \quad (4.5)$$

Anteil reaktiven Vorgehens in der IT-Infrastruktur

Um die Anwendung reaktiver Maßnahmen als tendenziell risikobehaftete Vorgehensweise in der Obsoleszenzbehebung ins Verhältnis zu den proaktiven Maßnahmen zu stellen, sind neben den nominellen Obsoleszenzfällen (N), auch die Faktoren Zeit (Z) und Kosten (K) der jeweiligen Vorgehensweise zu berücksichtigen. Die dargestellte Formel der Reaktiven-Proaktiven-Verhältnisgröße (*engl. reactive-proactive ratio, kurz RPR*) stellt dabei eine Kennzahl dar, die alle drei Parameter der Obsoleszenzbehebung innerhalb eines definierten Zeitraums zusammenführt und bewertbar macht.

$$RPR = \frac{Z_{reaktiv}}{Z_{proaktiv}} * \frac{N_{reaktiv}}{N_{proaktiv}} * \frac{K_{reaktiv}}{K_{proaktiv}} \quad (4.6)$$

Reactive-Proactive Ratio

Die RPR kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen und ermöglicht Rückschlüsse auf die Verfassung des Materialbestands zu ziehen.¹ Erstrebenswert ist eine geringe RPR von unter 0,15 wodurch der Zustand des Equipments als sehr gut bezeichnet wird. Je höher die Kennzahl ausfällt, desto schlechter ist der Zustand zu verstehen. Auch hier bietet sich im Kontext der RZ an, Unterscheidungen zwischen IT- und RZ-Infrastruktur vorzunehmen. Idealerweise findet hier sogar eine Differenzierung hinsichtlich Endprodukte statt. Ab einer RPR größer 0,5 ist zwingend zu prüfen wodurch ein derartiges Fehlverhalten einzelner Endprodukte zurückzuführen ist.²

In der Betrachtung reaktiver Maßnahmen sind Ersatzbeschaffungen (E) zu beachten, welche sich nicht nur nominell erheben lassen, sondern auch die Möglichkeit bieten Auswirkungen reaktiver Maßnahmen ökonomisch zu bewerten. Produktübergreifend wurde im

¹ Vgl. [Ferreira et al., 2019](#), pp.1429

² Vgl. [Ferreira et al., 2019](#), p.1430

Rahmen dieser Arbeit bereits die Signifikanz von Ersatzbeschaffungen skizziert, somit ist eine weitere Kennzahl, die zur Einschätzung unvorhergesehener Obsoleszenzen herangezogen werden kann, das Verhältnis ungeplanter zu geplanter Ersatzbeschaffungen. Dieser Zusammenhang wird in der Verhältnisgröße ungeplanter Ersatzbeschaffungen (VuE) abgebildet.

$$VuE = \frac{E_{ungeplant}}{E_{ungeplant} + E_{geplant}} = \frac{E_{ungeplant}}{E_{gesamt}} \quad (4.7)$$

Anteil ungeplanter Ersatzbeschaffungen an der Gesamtzahl Ersatzbeschaffungen

Da vor allem ungeplante Ersatzbeschaffungen einen unvorhersehbaren und damit enormen Kostenfaktor im Rechenzentrumsbetrieb darstellen können, gilt es den Quotienten in Formel Formel 4.7 möglichst gering zu halten. Eine höhere VuE hingegen signalisiert konkreten Handlungsbedarf, sodass identifiziert werden sollte, auf welche Obsoleszenzfälle die ungeplanten Ersatzbeschaffungen zurückzuführen sind und entsprechend strategische Maßnahmen eingeleitet werden.

Eine weitere relevante Kennzahl im Kontext von Materialeffizienz ist die Ausschussquote, welche den Anteil nicht verwertbarer Produkte an der Verbrauchsmenge angibt.¹ Werden Produkte bspw. vorrätig gehalten, allerdings nicht verwertet, so steigt die Ausschussquote. Ziel im Kontext dieser Arbeit ist ein möglichst geringer Materialverbrauch, sodass eine geringe Ausschussquote (idealweise mit einem Wert von 0%) erstrebenswert ist.

$$Ausschussquote = \frac{\sum P_{nichtverwertbar}}{\sum P} \quad (4.8)$$

Ausschussquote

Hier können auch zusätzlich Kennzahlen zu gebundenem Kapital in Vorratshaltung wie bspw. Lager- und Vorratsumschlagshäufigkeit herangezogen werden, um den ökonomischen Kostenfaktor der Ausschussquote bewertbar zu machen.

Da als ein Ergebnis in der Erfassung des Ist-Zustands zu betrachten ist, dass zunehmend externe Dienstleister beauftragt werden, um die Ausschussquote und Lagerhaltung im Allgemeinen gering zu halten, ist im Kontext großer RZ zunehmend die Inanspruchnahme von Dienstleistungen zu berücksichtigen. Hier kann zunächst im Allgemeinen die Anzahl an Wartungsdienstleistungen (W) als Summe aller beauftragten Wartungsdienstleistungen erhoben werden. Sinnvollerweise wird hier auf Produktebene evaluiert, welche Produkte bzw. Produktgruppen einen auffällig hohen Anteil an Wartungsdienstleistungen aufweisen, um detaillierte Ursachenanalyse im Kontext der Obsoleszenz vorzunehmen und präventiv Kosten zu reduzieren.

$$AnteiligeWartungsdienstleistungen(P) = \frac{\sum W_P}{\sum W} \quad (4.9)$$

Anteilige Wartungsdienstleistungen eines bestimmten Produkts

¹ Vgl. Althoff et al., 2013, S.20

Auf granularer Ebene können für eingesetzte Produkte und Produktgruppen zusätzliche Obsoleszenzkennzahlen entlang des PLZ gebildet werden. Hierbei sind methodische Grundlagen zur Berechnung der Lebenszykluskosten zu verstehen.¹ Wenngleich in welchem Umfang eine produktspezifische Erhebung realisierbar und zielorientiert ist, nicht pauschal beantwortet werden kann, so erscheint es auf Produktebene für Produktgruppen der IT-Infrastruktur oder eines bestimmten Endproduktes (P) wie bspw. eines Server sinnvoll granulare Kennzahlen innerhalb des PLZ zu erheben. Wie in [Abschnitt 2.4.1](#) ausführlich erklärt sind im Kontext der Obsoleszenz vor allem die technisch mögliche Lebensdauer eines bestimmten Produktes von der tatsächlichen Lebensdauer nach Herstellerangaben des Produktes zu differenzieren. Die Nutzungsdauer eines P lässt sich empirisch als durchschnittliche Nutzungsdauer erfassen, indem ein Quotient aus der summierten Nutzungsdauer aller P durch die Anzahl aller erfassten P gebildet wird.

$$\boxed{\text{EmpirischeNutzungsdauer}(P) = \frac{\sum \text{Nutzungsdauer}(P)}{\sum P}} \quad (4.10)$$

Empirische Nutzungsdauer eines bestimmten Produktes

Ausgehend von [Formel 4.10](#) lassen sich über die technische Kennzahlenerhebung einzelner Produkte weitere statistische Parameter im Kontext der Produktobsoleszenz² wie z.B. Standardabweichung, Median, Extrema, erfassen und umfangreiche statistische Erhebungen durchführen. Werden bspw. vermehrt Frühausfälle zu Beginn der Nutzungsphase festgestellt, könnte dies Hinweise auf mangelhafte Qualitätskontrolle geben. Bei der produktbezogenen Betrachtung von Nutzungsdauer sind auch Eigenschaften der Nutzung wie z.B. Intensität zu beachten, welche in dieser abstrakten Darstellung als konstanter Faktor angenommen werden. Um auf Produktebene Abweichungen zur technisch möglichen Lebensdauer nach Herstellerangaben bilden zu können, ist erneut ein Quotient zu bilden, um festzustellen, ob und welche Produkte tendentiell vorzeitig obsolet werden.

$$\boxed{\text{Lebensdauerabweichung} = \frac{\text{EmpirischeNutzungsdauer}(P)}{\text{technischmöglicheLebensdauer}(P)}} \quad (4.11)$$

Abweichung der Nutzungsdauer von der technischen Lebensdauer

Anhand der Lebensdauerabweichung lassen sich obsoletere Produkte in vorzeitig obsoletere Produkte (Kennzahlenwert kleiner 1) und verzögert obsoletere Produkte (Kennzahlenwert größer 1) kategorisieren. Diese werden sinnvollerweise im Rechenzentrumsbetrieb anhand des Quotienten in [Formel 4.12](#) gegeneinander abgewogen.

$$\boxed{\text{Obsoleszenztendenz}(P) = \frac{\sum P_{\text{vorzeitigobsolet}}}{\sum P_{\text{verzögertobsolet}}}} \quad (4.12)$$

Verhältnis vorzeitiger zu verzögerter Obsoleszenzen

¹ Vgl. [Martin et al., 2019](#), S.12ff

² Vgl. [Oehme et al., 2017](#), S.10

Die Obsoleszenztendenz gibt dabei an, ob ein bestimmtes Produkt tendenziell vorzeitig (Kennzahlenwert größer 1) oder verzögert obsolet wird (Kennzahlenwert kleiner 1), wobei eine gegen 0 strebende Kennzahl eine höhere Materialeffizienz eines bestimmten Produktes abbildet. Auf Basis der Obsoleszenztendenz einzelner Produkte bzw. von Produktgruppen können wiederum obsoleszenzbeständige Maßnahmen realisiert werden, um die Leistung innerhalb des strategischen OM zu verbessern. Entscheidend sind dabei die Anwendung und Überprüfung der vorausgegangenen Kennzahlen.

4.6.3 Anwendung und Überprüfung der Obsoleszenzkennzahlen

Damit die praktische Erhebung der vorausgegangenen Kennzahlen effektiv ihren Zweck erfüllt, müssen erhobene Kennzahlen unter Berücksichtigung der definierten Anforderungen ausgewertet werden. Die Auswertung findet durch Beurteilung und Interpretation der weitgehend empirisch erhobenen Kennzahlen statt.

Die vorgestellten Kennzahlen sind als essenzielle Kennzahlen im strategischen OM in RZ zu verstehen, bilden jedoch kein geschlossenes Kennzahlensystem. Für die praktische Anwendung könnten die vorgestellten Kennzahlen in bestehende Kennzahlensysteme der Bereiche PLM oder SCM integriert werden. Alternativ kann für die praktische Anwendung auch ein eigenständiges Obsoleszenzkennzahlensystem etabliert werden.

Bei der Anwendung sind vertraglich vereinbarte Vereinbarungen bspw. in SLA zu berücksichtigen und einzuhalten. Abgestimmt auf die Zielerreichung, sind regelmäßige Überprüfungen der Obsoleszenzkennzahlen bzw. des übergeordneten Kennzahlensystems unerlässlich. Schlussfolgernd aus der Interpretation praktisch angewandeter Obsoleszenzkennzahlen können Empfehlung gegeben und Maßnahmen für die Optimierung einzelner Kennzahlenwerte ergriffen werden. Dazu wird im folgenden Abschnitt auf die Verbesserung der gemessenen Leistung eingegangen.

4.7 Verbessern der Leistung

Die letzte Phase des PDCA Zyklus ist die Phase 'Handeln', in welcher Maßnahmen ergriffen werden sollen, um die Ergebnisse aus 'Überprüfen' zu optimieren. Dazu ist ein Abgleich von erhobenen Daten und erhobenen Kennzahlen hinsichtlich der Erreichung von zuvor definierten Zielen im Umgang mit Obsoleszenz durchzuführen. In dieser Phase werden unerwünschte Obsoleszenzauswirkungen im RZ identifiziert, sodass Maßnahmen eingeleitet werden können, um diese zu korrigieren, zu verhindern oder verringern.¹

Zusätzlich sollten in dieser Phase Verbesserungen von einzelnen Produkten und Produktgruppen unter Berücksichtigung der Kundenanforderungen erörtert werden. Es werden dabei Potentiale hinsichtlich Prozessverbesserungen identifiziert, um den Umgang mit Obsoleszenz effizienter zu gestalten. Dazu findet eine Abwägung von Maßnahmen statt, die dazu beitragen können, unerwünschte Auswirkungen auf definierte Ziele zu korrigieren, zu verhindern oder zu verringern. Dabei geht es in der Phase 'Handeln' insgesamt um eine Verbesserung der Leistung und Wirksamkeit von Obsoleszenzmaßnahmen. Im Rahmen des QM findet eine Verbesserung bestehender Prozesse statt. Hierbei sind Methoden

¹ Vgl. DIN EN ISO 9001:2015, S.47

zur Prozessverbesserung wie bspw. die Implementierung eines Sig-Sigma Ansatzes¹ zu empfehlen. Auch kann es sinnvoll sein, Prozesse zu erneuern, bspw. dann wenn im Rahmen der Leistungsverbesserung festgestellt wird, dass ein Prozess ineffizient hinsichtlich Zielerreichung ist und grundlegend geändert werden sollte. Sinnvollerweise werden die Ergebnisse dieser Phase im OMP dokumentiert, damit das OM fortlaufend verbessert werden kann. Schlussendlich folgt die Konkretisierung bestehender bzw. die Ableitung neuer Obsoleszenzziele anhand von praktisch identifizierten Optimierungspotentialen im RZ. Diese Erkenntnisse gehen wiederum in die Phase 'Planen' des folgenden Durchlauf des PDCA-Zyklus ein und der OM Prozess wird erneut durchlaufen.

4.8 Potentiale und Herausforderungen strategischen Obsoleszenzmanagements in Rechenzentren

Wie vorgestellt geht der Ansatz des strategischen OM über den in Abschnitt 3.5 vorgestellten Ist-Zustand im Umgang mit Obsoleszenz in RZ hinaus. Definierte Ziele, eine konkrete Planung zur Erreichung dieser Ziele durch strategische Ausrichtung und obsoleszenzbeständige Umsetzung sowie kennzahlenbasierte Überprüfung der praktischen Umsetzung versprechen eine Verbesserung der Materialeffizienz auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit. Um die mit einem effektiven OM einhergehenden Potentiale praktisch ausschöpfen zu können, müssen jedoch einige Herausforderungen bewältigt werden. Tabelle 4.3 visualisiert eine Gegenüberstellung von Potentialen und Herausforderungen auf dem Weg zu einem effektiven OM in RZ.

Potentiale	Herausforderungen
ökonomische Kostenoptimierungspotential bei strategischer Vorgehensweise durch Verringerung bzw. Vermeidung kostspieliger reaktiver Korrekturmaßnahmen im Umgang mit Obsoleszenz	Finanzierungskosten und laufende Kosten für den Betrieb, das Personal, Werkzeuge, Ressourcen, Schulungen, etc.
Reduzierung von Umweltbeeinträchtigungen ausgehend von Obsoleszenz durch umweltfreundlichere Beschaffung, Nutzung und Entsorgung	Vorhersagen treffen zu Umweltvorschriften, Markt- und Technologieentwicklungen kann das OM nicht
Nachhaltigere Entwicklung durch obsoleszenzbeständige Gestaltung von Prozessen im RZ	Umgestaltung von Geschäftsprozessen (<i>engl. business process reengineering, kurz BPR</i>) und Einbeziehung des (Top-) Managements auf allen Ebenen des OM
Steigerung der Ressourceneffizienz durch Zusammenarbeit entlang der Lieferkette	effektive Kommunikation und Zusammenarbeit mit einer Vielzahl international agierender Dienstleister entlang der Lieferkette

¹ Vgl. Joseph Gordon, 2002, pp.33

Steigerung der Ressourceneffizienz durch effizientere Nutzung eingesetzter Ressourcen über den gesamten PLZ, höhere Verfügbarkeit von Produkten und optimierte Instandhaltung	Einhaltung bereits geschlossener Vereinbarungen zwischen RZ und externen Dienstleistern
Steigerung des RZ Image bspw. durch Zertifizierungen	Auswahl geeigneter Werkzeuge, die das OM effektiv unterstützen
Eindämmung von Ausfallrisiken und Reduzierung unerwarteter Ausfälle	Zugang zu Daten und die effektive Auswertung von großen Datenmengen im Rahmen des OM
Wissen durch gesteigerte Transparenz in der Produktlandschaft durch vorausschauende produktbezogene Kostenerfassung	Transparenz und Konsistenz bei der Messung von Umwelteinwirkungen ausgehend von Obsoleszenz

Tabelle 4.3: Gegenüberstellung von Potentialen und Herausforderungen der praktischen Umsetzung

Ein Hauptgrund für das Scheitern von BPR sind Widerstände des mittleren Managements und mangelnder Einsatz des Managements¹, sodass die Einbeziehung des Managements auf allen Ebenen des OM mit die größte aller aufgezeigten Herausforderungen darstellt. Für ein integriertes strategisches OM ist „die aktive Unterstützung durch die Unternehmensleitung“² zwingend erforderlich. Dieser Herausforderung kann durch die Vermittlung eines tiefgreifenden Verständnisses der Vorteile effizienterer Materialnutzung einhergehend mit einer verbesserten Anreizstruktur Prozesse obsoleszenzbeständiger als bisher zu gestalten, entgegengewirkt werden. Zwar existieren Anreize wie eine Imageverbesserung durch mögliche Zertifizierung³ und ökonomische Anreize der Kosteneinsparung in einem strategischen Vorgehen durch Verringerung bzw. Vermeidung kostspieliger reaktiver Korrekturmaßnahmen im Umgang mit Obsoleszenz. Diese stoßen in der Praxis möglicherweise aufgrund von Finanzierungskosten die mit der Umsetzung eines OM verbunden sind auf Widerstände des Managements, sodass die Konkretisierung einer effektiven Anreizstruktur ein möglicher Anknüpfungspunkt zukünftiger Arbeiten sein kann.

Besonders wichtig erscheint, die Chancen in den Steigerungen von Material- bzw. Ressourceneffizienz durch OM zu erkennen, um nachhaltig ökologisch negative Auswirkungen zu reduzieren und zu einem effizienteren Umweltschutz in der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) beizutragen. Hierbei sind in Rechenzentren zu der komplexen Produktlandschaft auch eine Vielzahl erhobener Daten aus unterschiedlichen Managementaufgaben für das OM zur Analyse aufzubereiten, wobei der Einsatz geeigneter Werkzeuge eine Herausforderung darstellen kann. Hier liegt es insbesondere am Management, Umsetzungsansätze zu entwickeln, um Daten zusammenzuführen und im Kontext des OM Informationen und Wissen abzuleiten sowie dieses innerhalb der Organisation bereitzustellen. Das strategische OM bietet darüber hinaus auch Möglichkeiten, durch

¹ Vgl. Schmelzer / Sesselmann, 2004, S. 252

² VDI 4060 Blatt 1:2005, S.5

³ Für Vorteile von Zertifizierung siehe BITKOM, 2013, S.59f

gemeinsame Zielsetzungen und Zusammenarbeit entlang der Lieferkette gemeinsam Potentiale auszuschöpfen, wengleich hierfür im internationalen Kontext zielorientierte Zusammenarbeit auf effektiver Kommunikation basiert und bereits geschlossene Vereinbarungen zu berücksichtigen sind.

Obwohl das strategische **OM** keine allumfassende Lösung für mit Obsoleszenz einhergehende Herausforderungen darstellt und das **OM** keine Prognosemöglichkeiten zu der Entwicklung von Umweltvorschriften, Märkten und Technologien bietet, sind in der Umsetzung eines **OM** vor allem die Chancen zu erkennen. Diese liegen eindeutig in der Kostenoptimierung, einer Reduzierung von Ausfallrisiken, einer Eindämmung von Ausfällen und einer Reduzierung nachteiliger Umweltauswirkungen innerhalb des **RZ** sowie in vor- und nachgelagerten Tätigkeiten. Dabei bieten sich vor allem Möglichkeiten, durch strategisches **OM** die aus dem Umgang mit Obsoleszenz resultierend hohen TCO reduzieren zu können.

4.9 Kritische Würdigung

Basierend auf dem vorgestellten Ist-Zustand von Obsoleszenz in **RZ** und dem vorgestellten Verbesserungsansatz des strategischen Obsoleszenzmanagement in **RZ** wird in diesem Abschnitt unter Abwägung der vorausgegangenen Potentiale und Herausforderungen eine finale Beurteilung vorgenommen.

Eine wesentlich erlangte Erkenntnis aus den geführten Experteninterviews ist die Tatsache, dass der Umgang mit Obsoleszenz eine signifikante Herausforderung darstellt, welcher sich die befragten Experten hinreichend bewusst sind. Obgleich in Hinblick auf eine energieeffiziente und umweltfreundliche Gestaltung von **RZ** bereits erste erkennbare Umsetzungen stattgefunden haben, gibt es keine konkrete Zielsetzung bzgl. materialeffizienterer Nutzung. Hier kann das strategische **OM** bereits dahingehend eine wichtige Optimierung darstellen, als dass im Umgang mit Obsoleszenz organisationsweite Ziele definiert werden, an denen sich die Beteiligten orientieren können. Dabei sollten die in **Abschnitt 2.2.1** vorgestellten Ziele nachhaltiger Entwicklung der UN konsequent berücksichtigt werden, denn diese „haben einen deutlichen Bezug zum Rechenzentrumsbetrieb und können eine wertvolle Unterstützung auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit sein.“¹ Weitere Erkenntnisse aus den Befragungen zeigen auch, dass Obsoleszenz eine komplexe Menge an teilweise miteinander verbundenen Produkten in unterschiedlichen Managementaufgaben im **RZ** direkt oder indirekt beeinträchtigt und unvermeidbar ist. Das strategische **OM** bietet hier Möglichkeiten, die komplexe Produktlandschaft zu unterteilen und zu kategorisieren, sodass Produkte abhängig von ihrer prognostizierten Obsoleszenzwahrscheinlichkeit unterschiedlich gehandhabt werden können. In Hinblick auf ökonomische Potentiale durch strategisches **OM** ist stets zu beachten, dass durch ressourceneffiziente Gestaltung nicht nur die Verwendung natürlicher Ressourcen, sondern auch Kosten optimiert werden können.² Auch kann durch effizientere Nutzung die in der Gesamtkostenbetrachtung existente Differenz zwischen kalkulierter und tatsächlicher Nutzungsdauer von Produkten im operativen Rechenzentrumsbetrieb reduziert werden. Es ist zu berücksichtigen, dass das **RZ** als Nutzer die Phasen des **PLZ** durch den Umgang mit

¹ Borderstep, 2018

² Vgl. Lauer, 2014

Obsoleszenz maßgeblich mitgestalten und durch strategische Maßnahmen zu einer Effizienzsteigerung beitragen kann. Für die Nutzung von Produkten innerhalb des RZ existieren wie vorausgegangen durch das strategische Obsoleszenzmanagement hinsichtlich obsoleszenzbeständiger Gestaltung Potentiale in verschiedenen Bereichen. Auch sollten verstärkt Möglichkeiten der Reparatur obsoleter Produkte überprüft werden, um direkte und indirekte Umweltbeeinträchtigungen im Kontext der LCA und die Verschwendung natürlicher Ressourcen zu reduzieren. Hier hilft die Überprüfung der Leistung des strategischen OM durch Kennzahlen mit empirischem Zusammenhang, welche den Gesamtprozess bestimmbar machen. Bei anforderungskonformer Anwendung können dadurch Zeitreihenanalysen ermöglicht werden und es bietet sich an, bestehende Kennzahlensysteme sinnvoll zu erweitern und OM als querschneidende Managementaufgabe in der Umsetzung verwandter Managementaufgaben miteinzubeziehen.

Der Umgang mit Obsoleszenz ist wesentlich durch die Erkennung von Obsoleszenz geprägt. Dabei kann durch frühzeitige Erkennung von Obsoleszenz im Rahmen des strategischen OM eine größere Auswahl an diskutablen Optionen der Obsoleszenzbehebung herangezogen werden, die auf alle Dimensionen der Nachhaltigkeit zu erwägen sind. Wenngleich bereits im praktischen Umgang mit Obsoleszenz verschiedene Erkennungsmöglichkeiten Anwendung finden, bestehen durch strategisches OM nachhaltige Potentiale insbesondere in der Aufarbeitung vergangener Obsoleszenzfälle und der Erkennung von Obsoleszenzmustern. Die Aufarbeitung vergangener Obsoleszenzfälle ist dahingehend entscheidend, um zwischen identifizierten Obsoleszenzursachen zu differenzieren und in Konsequenz Produkte bzw. Produktgruppen die überproportional bestimmten Obsoleszenzursachen unterliegen in Zukunft und nach Abnutzung durch ein Alternativprodukt zu ersetzen, um langfristige Effizienzsteigerungen zu realisieren. Erhebliche Zweifel in Bezug auf die Steigerung des Umweltbewusstseins in Produkten und Unternehmensaktivitäten wurden nicht vollständig beseitigt.¹ Dennoch kann die praktische Konzentration auf nachhaltigem Produktdesign, bspw. durch die proaktive Berücksichtigung von Zertifikaten und Gütesiegeln für material-, energieeffiziente und reparaturfreundliche Produkte², im Rahmen des strategischen OM nachhaltige Entwicklung vorantreiben. Hierbei sind Zusammenhänge zwischen Anschaffungskosten von kurz- und langlebigen Produkten in das Verhältnis zu ggf. kostenaufwändigen Reparaturen und Aufrüstungen zu setzen.

Es zeigen sich jedoch auch Konflikte innerhalb der Ressourceneffizienz, bspw. zwischen Material- und Energieeffizienz. Obgleich im Rahmen dieser Arbeit der technologische Fortschritt als Obsoleszenzursache identifiziert wurde, sodass einerseits ökologische Vorteile durch energieeffizientere Nutzung von Ressourcen entstehen, andererseits auch ökologische Nachteile in Folge geringerer Materialeffizienz, stellt vor allem die Messbarkeit eine signifikante Herausforderung im Umgang mit Obsoleszenz dar. Wenngleich das strategische OM keine Möglichkeiten der Messbarkeit von Umwelteinwirkungen bietet und diese ein wichtiges Thema zukünftiger wissenschaftlicher Arbeiten sein wird, so kann gesagt sein, dass „Schritte der Rohstoffgewinnung und Bauteilherstellung häufig mit sehr großen Umweltwirkungen verbunden“³ sind, wodurch sich die Notwendigkeit der nachhaltigen Materialeffizienz in RZ verdeutlicht. Unter Berücksichtigung des gesamten PLZ und der analysierten Zusammensetzung von Endprodukten bietet das strategische OM einen

¹ Vgl. Prakash et al., 2014, S.248ff

² Vgl. Blauer Engel, 2019, S.9ff

³ Walther, 2010, S.29

Ansatz zur Steigerung der Materialeffizienzen. Praktische Obsoleszenzfälle zeigen, dass oft nur einzelne Bauteile innerhalb eines Verbundproduktes obsolet werden und detaillierte Ursachenanalysen und -behebungen Ausnahmefälle darstellen.

Auch durch die historisch gewachsene Nutzung von externen Dienstleistungen gestaltet sich die Nachverfolgung als intransparent, da Garantiedienstleister oder Hersteller für Rücknahmen zuständig sind und Produkte nicht über den gesamten PLZ verfolgt werden können. Das strategische OM greift hier als Ansatz, organisationsübergreifende Konzepte im Umgang mit Obsoleszenz zu entwickeln, wobei sich vor allem große RZ durch ihre zentralisierte Beschaffung und einhergehende bedeutsame Einkaufsstärke Einfluss auf die nachhaltige Gestaltung von Prozessen entlang der Lieferkette ausüben können und diese in die Zielerreichung mit einzubinden. Hier ist vor allem die Zusammenarbeit mit Herstellern zu erwähnen, denn ein gutes Design zeichnet sich u.a. durch Langlebigkeit und Umweltfreundlichkeit aus.¹ Eine Steigerung nachhaltiger Nutzung entlang des PLZ kann auch in nachgelagerten Tätigkeiten stattfinden. Dabei kann das RZ nach der Nutzung z.B. mit sog. Brokern zusammenarbeiten, welche sich auf den An- und Verkauf gebrauchter Hardware spezialisieren. Diese sorgen durch Instandhaltung für eine längere Nutzungsdauer von Bauteilen und Endprodukten durch Rezyklierung. Wenngleich dabei Konflikte mit gestellten Anforderungen existieren, kann die Wiederverwendung von Bauteilen auch in einer geringeren Qualität durch sog. *Downcycling* erfolgen.² Hier liegen nachhaltige Potentiale nicht nur in den erzielten Verkaufserlösen, sondern vor allem im Kontext des Umweltschutzes.

Wenngleich durch strategisches OM Obsoleszenz nicht verhindert wird, können jedoch negative Auswirkungen entlang des Nachhaltigkeitsdreiecks reduziert werden. In welchem Umfang ein OM letztendlich umgesetzt wird, hängt u.a. von der Größe eines RZ ab. Bei kleinen RZ erscheint der Aufwand hinsichtlich Erreichung nachhaltiger Ziele zu umfangreich, nichtsdestotrotz kann die Arbeit dennoch eine Inspiration im Umgang mit Obsoleszenz bieten. Große RZ können von einem strategischen OM insbesondere dahingehend profitieren, als dass sich das RZ durch zusätzliche Konzentration auf nachhaltige Entwicklung auszeichnet und somit den unterbrechungsfreien Rechenzentrumsbetrieb unterstützt. Insbesondere wird durch strategisches OM die von Kunden gewünschte nachhaltigere Gestaltung von Prozessen in RZ als Teil eigener Wertschöpfung berücksichtigt und vorangetrieben.

¹ Vgl. Vitsoe Ltd, 2020

² Vgl. Di Maria et al., 2018, S.3ff

5 Schlussbetrachtung

In der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit wurde die Obsoleszenzsituation in Rechenzentren untersucht. Dabei wurde die Fragestellung, wie RZ im Umgang mit Obsoleszenz eine nachhaltige Entwicklung vorantreiben, strukturiert beantwortet. Abschließend werden nachfolgend in diesem Kapitel die wichtigsten Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Arbeit zusammengefasst. Davon ausgehend wird ein Ausblick für die zukünftige Entwicklung um die Thematik der Obsoleszenz von RZ gewagt.

5.1 Zusammenfassung

Die Obsoleszenzsituation in Rechenzentren wurde in [Kapitel 3](#) detailliert dargestellt. Dabei wurde verdeutlicht, dass Obsoleszenz unvermeidbar ist und Rechenzentrumsbetreiber somit vor der Herausforderung stehen, wie sie angemessen mit Obsoleszenz umgehen können. Es konnte festgestellt werden, dass sich die im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeit befragten Experten in Hinblick auf das physische Kapazitätswachstum und die damit gesteigerte Obsoleszenzthematik und den einhergehenden Herausforderungen weitgehend bewusst sind. Wenngleich der Faktor der Ressourceneffizienz im Rahmen eines Umweltprogramms der befragten Organisation durch die Konzentration auf effiziente Energienutzung berücksichtigt ist, konnten im praktischen Umgang mit Obsoleszenz in Rechenzentren noch Potentiale zur Erreichung verbesserter Nachhaltigkeit identifiziert werden. Diese liegen unter anderem in einer eigenständigen Zielformulierung und -verfolgung im Umgang mit Obsoleszenz, in der Wiederverwendung von IT-Produkten, in der zielorientierten Zusammenarbeit entlang der Lieferkette und der obsoleszenzbeständigen Prozessgestaltung innerhalb des Rechenzentrums. Dabei ist in Konzentration auf nachhaltige Entwicklung stets zu beachten, dass die ressourceneffiziente Gestaltung nicht nur ökologische Aspekte wie die geringe Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen impliziert, sondern gleichzeitig auch Kostenoptimierungspotentiale im Rechenzentren schafft und die Auswirkungen auf die Gesamtkosten senken kann. Eine im Rahmen dieser Arbeit erlangte Erkenntnis ist, dass in den vergangenen Monaten ein Anstieg in der Nachfrage nach *Green-IT* und der nachhaltigen Gestaltung von Rechenzentren seitens der Betreiber festgestellt werden konnte, sodass ein gesteigertes Kundeninteresse vorliegt, welches die Thematik zusätzlich motiviert.

Die Gestaltung des Umgangs mit Obsoleszenz kann sowohl innerhalb des Rechenzentrums eigenständig oder in Zusammenarbeit mit Akteuren entlang der Lieferkette erfolgen. Grundsätzlich sind sämtliche Produkte, die im Rechenzentrumsbetrieb und in vor- und nachgelagerten Prozessen eingesetzt werden, von Obsoleszenz betroffen. Dennoch

zeigt sich insbesondere infolge des Kapazitätswachstums ein Anstieg in der Nutzung von IT-Produkten, wodurch hohes Potential nachhaltiger Entwicklung in der effizienteren Nutzung von IT-Produkten liegt. Wesentlich ist bereits die Erkennung von Obsoleszenz. Dabei bietet es sich an, bereits eingetretene und vergangene Obsoleszenzfälle aufzuarbeiten und gemeinsame Charakteristika zu identifizieren, um Obsoleszenzmuster zu erkennen. Dabei können idealerweise auch Rückschlüsse auf Obsoleszenzursachen gezogen werden, wenngleich diese im praktischen Rechenzentrumsbetrieb kombinierte Ursachen und komplexe Formen annehmen können. Ungeachtet dessen gibt es auch einfache Obsoleszenzfälle, in denen eine einzige Obsoleszenzform ursächlich ist. Die Erkennung von Obsoleszenz sollte so integriert werden, dass auch präventive Erkennungsmöglichkeiten in der Praxis genutzt werden.

Dabei wurde im Rahmen der Befragungen festgestellt, dass Obsoleszenz unter anderem präventiv im Design der IT-Infrastruktur und auch im Design der Gebäudekonstruktion berücksichtigt wird, bspw. durch Möglichkeiten zur Erweiterung des Rechenzentrums, um funktionalen Obsoleszenzen vorzubeugen. Zudem findet präventive Erkennung auf IT-Produktebene durch Statusübermittlung in Zusammenarbeit mit Herstellern statt. Eine wesentliche Erkenntnis des Ist-Zustand im Umgang mit Obsoleszenz in Rechenzentren ist, dass diese Herausforderung eine Vielzahl an teilweise miteinander vernetzten Managementaufgaben betrifft und somit als querschneidende Herausforderung zu betrachten ist. Dabei wurden insbesondere im Kontext der kalkulatorischen Gesamtkostenrechnung und aus Gründen der Abtretung von Haftungsgrenzen Verantwortung im Umgang mit Obsoleszenz an externe Dienstleister abgetreten, sodass das Management von Obsoleszenz eingesetzter Produkte teilweise bei externen Dienstleistern stattfindet. Diese Verlagerung von Verantwortungen im Umgang mit Obsoleszenz sorgt letztendlich nicht für eine Lösung der Obsoleszenzthematik, sondern vor allem für eine Verschiebung. Dadurch können Produkte von Seiten des Rechenzentrumsbetreibers nicht hinreichend entlang ihres Lebensweges verfolgt werden und das Management von Obsoleszenz findet insbesondere in vor- und nachgelagerten Tätigkeiten statt. In der komplexen Produktlandschaft von großen Rechenzentren kann Obsoleszenz von Produkten der IT- als auch der RZ-Infrastruktur den reibungslosen Ablauf des Rechenzentrumsbetriebs nachteilig beeinträchtigen. In Hinblick auf die ökologischen Aspekte der Entsorgungstätigkeiten stellen insbesondere IT-Produkte durch historisches Kapazitätswachstum einen kritischen Faktor dar. Dadurch steigt gleichzeitig die Importanz der effizienteren Materialnutzung von IT-Produkten. Hier konnte festgestellt werden, dass die Verwendung von IT-Produkten i.d.R. nach kalkulierter Abschreibungsdauer beendet ist und damit die technisch mögliche Nutzungsdauer nicht hinreichend ausgenutzt wird, wobei aufgrund der Vielzahl an eingesetzten IT-Produkten unnötig große Abfallmengen entstehen. Es empfiehlt sich folglich, IT-Investitionen nur zu tätigen, wenn dies fachlich und technisch notwendig ist und nicht sobald eine kalkulierte Abschreibungsdauer erreicht wurde. Zudem wurde festgestellt, dass Rechenzentren hohe Ansprüche an neue und leistungsfähige Produkte stellen. Das RZ ist im Kontext des PLZ der einzige Nutzer, da aufgrund von Konflikten mit den Anforderungen an die Datensicherheit IT-Produkte nicht im Sekundärmarkt wiederverwendet werden. Auch die Wiederverwendung von Produkten innerhalb des RZ bietet Potentiale, nachhaltige Entwicklung durch gesteigerte Materialeffizienz voranzutreiben. Diese Potentiale sind auch ökonomisch zu betrachten, sodass nachteilige Auswirkungen auf die kalkulierten Gesamtkosten durch einen effizienteren Umgang mit Obsoleszenz reduziert werden können. Der Faktor Obsoleszenz kann bereits in den Phasen der Produktbeschaf-

fung berücksichtigt werden, in dem vermehrt Konzentration auf nachhaltigem Produktdesign stattfindet. Dabei sind verstärkt reparatur- und umweltfreundlich zertifizierte Produkte zu beachten.

Eine grundlegende Verbesserungsmöglichkeit zum bisherigen Umgang mit Obsoleszenz, die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt wurde ist, diesen als Managementaufgabe mit Konzentration auf fortlaufender Verbesserung aufzufassen und dabei strategisch vorzugehen. Dies impliziert eine konkrete Zielformulierung und eine fortlaufende Dokumentation des Umgangs mit Obsoleszenz und der Handhabung auf dem Weg zur Zielerreichung. Dabei können sowohl präventive, als auch reaktive sowie kombinierte Ansätze für Produkte abhängig einer prognostizierten Risikowahrscheinlichkeit vorgenommen werden. Zudem bietet das strategische OM Anknüpfungspunkte, von Obsoleszenz beeinträchtigte Managementaufgaben im Umgang mit Obsoleszenz effizienter zu gestalten. Jedoch ist auch erkannt worden, dass in großen RZ mittlerweile eine Vielzahl internationaler Kooperationspartner und Dienstleister in den Rechenzentrumsbetrieb aktiv eingreift. In einem international geprägten Umfeld stellt die praktische Zusammenarbeit entlang der Lieferkette selbstverständliche eine Herausforderung dar. Dennoch bestehen darin besonders für große Rechenzentren aufgrund ihrer mittlerweile bedeutsamen Marktstellung mit signifikanter Einkaufsstärke Potentiale. So kann in Hinblick auf eine gemeinsame Zielerreichung im nachhaltigeren Umgang mit Obsoleszenz proaktiv auf externe Dienstleister eingewirkt und durch strategisches OM Prozessverbesserungen bei Dienstleistern im Kontext der Nachhaltigkeit vorangetrieben werden.

5.2 Ausblick

Auf Basis betrachteter Prognosen zukünftiger Marktentwicklung ist anzunehmen, dass die Bedeutung zentralisierter RZ weiter wachsen wird. Diese These wird durch eine bevorstehende Zunahme der Digitalisierung unseres Alltags gestützt, sodass zukünftig mehr IT-Kapazitäten benötigt werden. Damit wird auch die Produktlandschaft in großen RZ umfangreicher und die Thematik der Obsoleszenz wird Rechenzentrumsbetreiber auch zukünftig vor Herausforderungen stellen.

Diese Arbeit bietet mehrere Ansätze, Verantwortungsbewusstsein im Zielkonflikt zwischen Verknappung endlicher Ressourcen und Prozessen innerhalb des RZ wahrzunehmen. Auch die zukünftige Verantwortung liegt im Wesentlichen bei Rechenzentrumsbetreibern darin, die Materialeffizienz zu steigern, indem Produkte effizienter genutzt werden. Besonders hervorzuheben ist im Umgang mit Obsoleszenz in großen RZ die Notwendigkeit der übernationalen Zusammenarbeit entlang der Lieferkette. Dabei sind für jeden Beteiligten Anreize zu schaffen, nachhaltig zu wirtschaften. Wie eine effektive Anreizstruktur für obsoleszenzbeständigere Gestaltung aussehen kann und ob diese in der Verantwortung der Politik liegt, ist in zukünftigen Arbeiten zu klären. In Betrachtung der Herausforderungen mit Obsoleszenz können zudem unter Berücksichtigung dieser Arbeit die vorgestellten Verbesserungsansätze hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis überprüft werden. Auf Basis dieser Anwendung könnte in zukünftigen Arbeiten diskutiert werden, ob ein konzeptuelles OM als Erweiterung des strategischen OM im Umgang mit Obsoleszenz den Herausforderungen nachhaltiger Entwicklung ggf. besser gerecht werden kann. Offene Punkte dieser Arbeit bleiben die präzise Gestaltung der Messbarkeit

von Umwelteinwirkungen und Umweltleistung inkl. der transparenten Bemessung von Abfallmengen ausgehend von RZ. Hier könnten in zukünftigen Arbeiten detailliertere Erfassungsansätze ökologischer Fußabdrücke von IT-Produkten entwickelt werden, welche für die praxisnahe Beurteilung nachteiliger Umwelteinwirkungen ausgehend von RZ im strategischen OM genutzt werden können.

Im Kontext zukünftiger Nachhaltigkeitsbetrachtungen bleibt zu sagen, dass der Klimawandel nicht nur eine Herausforderung darstellt, sondern auch als Chance gesehen werden sollte, Prozesse besser zu gestalten. Abschließend lässt sich in Hinblick auf zukünftige Herausforderungen der Obsoleszenzthematik in RZ wie folgt abschließen:

Ressourceneffizienz der Rechenzentren müssen erheblich gesteigert werden, um die zukünftigen Herausforderungen zu meistern.¹

¹ Umweltbundesamt, 2018

Literaturverzeichnis

- Acton, Mark; Paolo Bertoldi; John Booth; Sophia Flucker; Liam Newcombe / Andre Rouyer (2017): *Best Practice Guidelines for the EU Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency*. Version 8.1.0. European Commission Directorate. Joint Research Centre - Institute for Energy Renewable and Energy Efficiency Unit. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104370/2017bestpracticeguidelinesv8.1.0final.pdf>.
- Adrion, Martin / Jörg Woidasky (2019): Planned Obsolescence in Portable Computers - Empirical Research Results. In: *Cascade Use in Technologies 2018*, Hrsg. Alexandra Pehlken; Matthias Kalverkamp / Rikka Wittstock. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. pp. 13-20.
- Althoff, Frank; Stephanie Hanrath / Martin Schmidt (04 2013): *Kennzahlen und Formeln für die BWL: Ein Kurzlehrbuch*. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart.
- Amankwah-Amoah, Joseph (2017): Integrated vs. add-on: A multidimensional conceptualisation of technology obsolescence. *Technological Forecasting and Social Change*, 116. pp. 299-307.
- Amin, Ali Awais (08 2015): Seven steps in predicting equipment lifecycle: Using obsolescence management. <https://www.plantengineering.com/articles/seven-steps-in-predicting-equipment-lifecycle-using-obsolescence-management/>. Zuletzt aufgerufen am: 08.04.2020.
- Apple (04 2018): Apple now globally powered by 100 percent renewable energy - Nine More Apple Suppliers Commit to 100 Percent Clean Energy Production. <https://www.apple.com/newsroom/2018/04/apple-now-globally-powered-by-100-percent-renewable-energy/>. Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- ARD (04 2013): Menschen bei Maischberger - Lidl, Aldi, All Inclusive: Deutschland im Billigfieber? Ausschnitt aus der Sendung unter <https://www.youtube.com/watch?v=GI3693R1TPs>. Zuletzt aufgerufen am: 29.04.2020.
- Arndt, Hans-Knud (1997): *Betriebliche Umweltinformationssysteme: Gestaltung und Implementierung eines BUIS-Kernsystems*. Neue betriebswirtschaftliche Forschung. Gabler Verlag, Wiesbaden.

- Arndt, Hans-Knud (2012): *Wissensmanagement: Konzepte und Anwendungen aus dem Umweltmanagement: Zugl.: Berlin, Humboldt-Univ., Habil.-Schrift, 2002*, Bd. 1 von *MIS-Schriftenreihe*. Shaker-Verl., Aachen.
- Arndt, Hans-Knud (2019a): Baukastenprinzip? Nachhaltigkeit von Betrieblichen Umweltinformationssystemen: Einfachheit und Einheit oder Baukastenprinzip? In: *Smart Cities/Smart Regions – Technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Innovationen: Konferenzband zu den 10. BUIS-Tagen*, Hrsg. J. Marx Gómez; A. Solsbach; T. Klenke / V. Wohlgemuth, Verlag Springer Vieweg, Wiesbaden, Kap. 42, S. 539–550.
- Arndt, Hans-Knud (2019b): *Skript Umweltmanagementinformationssysteme*, Vorlesung zur Masterveranstaltung Umweltmanagementinformationssysteme an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Vorlesung 10: Umweltkennzahlensysteme. [http://bauhaus.cs.uni-magdeburg.de:8080/miscms.nsf/63EE6E09B11B037CC1257425004D4F23/7BC1A99432FFF53EC125843B00218CBF/\\$FILE/10umis19%20-%20Umweltkennzahlensysteme.pdf](http://bauhaus.cs.uni-magdeburg.de:8080/miscms.nsf/63EE6E09B11B037CC1257425004D4F23/7BC1A99432FFF53EC125843B00218CBF/$FILE/10umis19%20-%20Umweltkennzahlensysteme.pdf). Zuletzt aufgerufen am: 29.04.2020.
- Bahr, Carolin / Kunibert Lennerts (2010): *Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen: Endbericht im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) sowie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR)*. Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart.
- Bartels, Björn / Jean Haeffs (2018): Obsoleszenzmanagement. In: *Betriebliche Instandhaltung*, Hrsg. Jens Reichel; Gerhard Müller / Jean Haeffs, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 181–197.
- Bartels, Björn (11 2012): ABSC GmbH Obsolescence Management (OM) - Discontinuing obsolescence issues with comprehensive Obsolescence Management. https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/hh/text_2012_11_15_Obsolescence.pdf. Zuletzt aufgerufen am: 11.04.2020.
- Bartels, Björn (12 2019): *Übergang zum Risikomanagement - Proaktives Obsoleszenzmanagement neu gedacht*. 4. Quartalsmeeting 2019 der COGD, Köln. <https://www.am-sys.com/app/uploads/2019/12/AMSYS-GmbH-Proaktives-Obsoleszenzmanagement-Neu-Gedacht.pdf> - Zuletzt aufgerufen am: 23.05.2020.
- Bartels, Björn; Ulrich Ermel; Peter Sandborn / Michael G. Pecht (2012): *Strategies to the Prediction, Mitigation and Management of Product Obsolescence*. Wiley series in systems engineering and management. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Baun, Christian; Marcel Kunze; Jens Nimis / Stefan Tai (10 2009): *Cloud Computing: Web-basierte dynamische IT-Services*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Becker, Leo (12 2017): Heise Online: Apple zu langsamen iPhones: Leistungsdrosselung als 'Feature' bei schwachem Akku. <https://heise.de/-3925105>. Zuletzt aufgerufen am: 19.12.2019.
- BITKOM (2012): *Prozesse und KPI für Rechenzentren*. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., Berlin.

- BITKOM (2013): *Betriebssicheres Rechenzentrum - Leitfaden*. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., Berlin.
- BITKOM (2015): *Energieeffizienz in Rechenzentren - Leitfaden*. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., Berlin.
- BITKOM (2020): Homeoffice in Zeiten der Corona-Pandemie. <https://www.bitkom.org/Themen/Corona/Homeoffice-in-Zeiten-der-Corona-Pandemie>. Zuletzt aufgerufen am: 29.06.2020.
- Blauer Engel (01 2019): Blauer Engel: Das Umweltzeichen - Energieeffizienter Rechenzentrumsbetrieb DE-UZ 161 Vergabekriterien - Ausgabe Januar 2019 Version 1. <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/DE-UZ%20161-201901-de%20Kriterien.pdf>. Zuletzt aufgerufen am: 30.05.2020.
- BMU (2018): Die 2030-Agenda für Nachhaltige Entwicklung. <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/2030-agenda/>. Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- BMZ (02 2013): BMZ Strategiepapier 2/2013 Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT): Schlüsseltechnologien für eine nachhaltige Entwicklung. https://www.bmz.de/de/mediathek/publikationen/archiv/reihen/strategiepapiere/Strategiepapier326_02_2013.pdf. Zuletzt aufgerufen am: 11.11.2019.
- Borderstep (2018): Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH, Nachhaltige Rechenzentren : Viel mehr als nur Energieeffizienz. <https://www.funkschau.de/datacenter/artikel/159905/>. Zuletzt aufgerufen am: 18.10.2019.
- Borderstep (2019): Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH, Glossar - Produktlebenszyklus. <https://www.borderstep.de/glossar-eintrag/produktlebensweg-produktlebenszyklus/>. Zuletzt aufgerufen am: 11.11.2019.
- Bradley, Malcolm / Ray Dawson (Jul 1998): An Analysis Of Obsolescence Risk In IT Systems. *Software Quality Journal*, 7(2). pp. 123-130.
- Brauweiler, Jana; Anke Zenker-Hoffmann / Markus Will (2018): *Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- Bulow, Jeremy (11 1986): An Economic Theory of Planned Obsolescence. *The Quarterly Journal of Economics*, 101(4). pp. 729-749.
- Bundeszentrale für politische Bildung (06 2014): Materialeffizienz. <https://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/klimawandel/180054/materialeffizienz>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Burazerovic, Manfred (02 2015): Die Lebensdauer von Produkten wird geplant. <https://www.vdi-nachrichten.com/technik/die-lebensdauer-von-produkten-wird-geplant/>. Zuletzt aufgerufen am: 15.05.2020.
- Böcking, David (03 2013): Studie zu Geräte-Verschleiß: Der kaputte Konsum. Spiegel Online, <https://www.spiegel.de/wirtschaft/service/geplanter-verschleiss-von-elektro-geraeten-gruene-legen-studie-vor-a-890039.html>. Zuletzt aufgerufen am: 19.12.2019.

- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (2017): Der wahre Energieverbrauch von Rechenzentren: Projekt „TEMPro“ nimmt gesamten Lebenszyklus der Infrastruktur in den Blick. <https://www.presse.uni-oldenburg.de/mit/2017/030.html>. Zuletzt aufgerufen am: 11.11.2019.
- Chang, Xiaomeng; Liyu Zheng / Janis Terpenney (2015): *Ontology Development and Optimization for Data Integration and Decision-Making in Product Design and Obsolescence Management*, Springer International Publishing, Cham. pp. 87-132.
- Channel Partner (2009): Experton Group: Green IT in der Wirtschaftskrise, das optimale Rechenzentrum. <http://www.channelpartner.de/green-it/275141/>. Zuletzt aufgerufen am: 09.02.2020.
- Chrzanowski, John (2020): 12 Key Elements of Total Cost of Ownership. <http://www.supplytechnologies.com/blog/12-key-elements-of-total-cost-of-ownership>. Zuletzt aufgerufen am: 15.05.2020.
- Clausen, Jens / Heinz Kottmann (1999): *Umweltkennzahlen im Einsatz für das Benchmarking*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 255–265.
- Cook, Gary; David Pomerantz; Kassie Rohrbach / Brian Johnson (05 2015): *Clicking Clean: A Guide to Building the Green Internet*. Greenpeace Inc, Washington, D.C., United States. Zuletzt aufgerufen am: 13.10.2019.
- Costello, Katie (12 2018): Gartner Top 10 Trends Impacting Infrastructure & Operations for 2019. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-10-trends-impacting-infrastructure-and-operations-for-2019/>. Zuletzt aufgerufen am: 15.01.2020.
- Deutsche Telekom (2020a): We care - Das Magazin für Nachhaltigkeit. <https://wecare.telekom.com/de/>. Zuletzt aufgerufen am: 27.05.2020.
- Deutsche Telekom (2020b): We care - Das Magazin für Nachhaltigkeit: Der grüne Datenbunker. <https://wecare.telekom.com/de/ks-der-gruene-datenbunker/>. Zuletzt aufgerufen am: 27.05.2020.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (05 2020): DIN - kurz erklärt: Wer ist DIN? <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/basiswissen>. Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- Di Maria, Andrea; Johan Eyckmans / Karel Van Acker (02 2018): Downcycling versus recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making. *Waste Management*, 75.
- DIN 31051:2003 (06 2003): *Deutsches Institut für Normung e.V. - Grundlagen der Instandhaltung*. DIN-Normenausschuss Dienstleistungen (NADL). Beuth Verlag GmbH, Berlin. Veraltete Version, ersetzt durch DIN 31051:2012-09.
- DIN 31051:2019 (06 2019): *Deutsches Institut für Normung e.V. - Grundlagen der Instandhaltung*. DIN-Normenausschuss Dienstleistungen (NADL). Beuth Verlag GmbH, Berlin.

- DIN EN 50600-4:2017 (06 2017): *Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - Teil 4-1: Überblick über und allgemeine Anforderungen an Leistungskennzahlen*. DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN 50600:2019 (08 2019): *Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren*. DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN 62304:2016 (VDE 0750-101) (10 2016): *Deutsches Institut für Normung e.V. - Medizingeräte-Software - Software-Lebenszyklus-Prozesse*. DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE; DIN-Normenausschuss Rettungsdienst und Krankenhaus (NARK); DIN-Normenausschuss Medizin (NAMed). Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN 62402:2017 (09 2017): *Obsoleszenzmanagement (IEC 56/1716/CD:2016)*. DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO 14001:2015 (11 2015): *Deutsches Institut für Normung e.V. Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*. DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS). Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO 14031:2013 (12 2013): *Deutsches Institut für Normung e.V. Umweltmanagementsysteme - Umweltleistungsbewertung - Leitlinien*. DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS). Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO 50001:2018 (05 2018): *Deutsches Institut für Normung e.V. Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*. DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS). Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO 9000:2015 (11 2015): *Deutsches Institut für Normung e.V. - Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe*. DIN-Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ). Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO 9001:2015 (11 2015): *Deutsches Institut für Normung e.V. - Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen*. DIN-Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ). Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN EN ISO/IEC 27001:2017 (06 2017): *Deutsches Institut für Normung e.V. Informationstechnik - Sicherheitsverfahren - Informationssicherheitsmanagementsysteme - Anforderungen*. DIN-Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen (NIA). Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN IEC 60050-351:2014 (09 2014): *Deutsches Institut für Normung e.V. Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch - Teil 351: Leittechnik*. DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Duden (2019): Obsoleszenz. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Obsoleszenz>. Zuletzt aufgerufen am: 18.11.2019.

- Duden (2020): Supply-Chain-Management. https://www.duden.de/rechtschreibung/Supply_Chain_Management. Zuletzt aufgerufen am: 09.06.2020.
- Eur-Lex (2020): Official Journal of the European Union - 32014R0517 - EN. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2014.150.01.0195.01.ENG. Zuletzt aufgerufen am: 12.05.2020.
- European Commission (2020): Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment RoHS 2. Environment, https://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/legis_en.htm. Zuletzt aufgerufen am: 08.06.2020.
- European Environment Agency (2020): Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/regulation-eu-no-517-2014>. Zuletzt aufgerufen am: 12.05.2020.
- Eurostat (2020): Begriff der natürlichen Ressourcen. <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/environmental-data-centre-on-natural-resources/overview/natural-resource-concepts>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Ewe, Chris (2016): *Monitoring of Life Cycle Data to Determine the Environmental Impact of Information and Communication Technology Products*. Master's thesis, Otto von Guericke University, Magdeburg.
- Feess, Eberhard (02 2018a): Gabler Wirtschaftslexikon - Komplexität: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/komplexitaet-39259/version-262672>. Zuletzt aufgerufen am: 09.05.2020.
- Feess, Eberhard (02 2018b): Gabler Wirtschaftslexikon - Vorsorgeprinzip: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/vorsorgeprinzip-47818/version-271080>. Zuletzt aufgerufen am: 21.05.2020.
- Feess, Eberhard / Edeltraud Günther (02 2018): Gabler Wirtschaftslexikon - externe Kosten: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/externe-kosten-32160/version-255707>. Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- Ferreira, S.; R.B. Casais; Maria Pereira / L.P. Ferreira (01 2019): KPI development and obsolescence management in industrial maintenance. *Procedia Manufacturing*, 38. pp. 1427-1435.
- Fleig, Jürgen (12 2016): Kennzahlensysteme: Kennzahlen messen, erheben und berechnen. <https://www.business-wissen.de/hb/kennzahlen-messen-erheben-und-berechnen/>. Zuletzt aufgerufen am: 08.04.2020.
- Fuchs, Emmerich; Karl Hermann Fuchs / Christian Hauri (2002): *Requirements-Engineering in IT effizient und verständlich*. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Gadatsch, Andreas (03 2020): *IT-Controlling für die öffentliche Verwaltung kompakt: Methoden, Werkzeuge und Beispiele für die Verwaltungspraxis (IT kompakt) (German Edition)*. Springer Vieweg, Wiesbaden.

- Gartner (2020): Information Technology - Gartner Glossary. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/total-cost-of-ownership-tco>. Zuletzt aufgerufen am: 22.01.2020.
- Gaus, Wilhelm (2003): *Dokumentations- und Ordnungslehre: Theorie und Praxis des Information Retrieval*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Geißler, Otto / Ulrike Ostler (10 2018): Datacenter Insider - Immer auf dem neuesten Stand: Was ist ein Upgrade? <https://www.datacenter-insider.de/was-ist-ein-upgrade-a-763784/>. Zuletzt aufgerufen am: 10.05.2020.
- Gillenkirch, Robert (02 2018): Gabler Wirtschaftslexikon - System: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/system-50117/version-273342>. Zuletzt aufgerufen am: 09.05.2020.
- Gochermann, Josef (02 2020): *Technologiemanagement - Technologien erkennen, bewerten und erfolgreich einsetzen*. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Goldbacher, Alfred (10 2017): COG expo 2017 - Maßnahmen zum Schutz vor Obsoleszenz. <https://www.elektroniknet.de/elektronik/halbleiter/massnahmen-zum-schutz-vor-obsoleszenz-146461.html>. Zuletzt aufgerufen am: 24.02.2020.
- Graco Inc (2020): How to Calculate Total Cost of Ownership: Understanding Total Cost of Ownership (TCO). <https://www.graco.com/us/en/in-plant-manufacturing/solutions/articles/how-to-calculate-total-cost-of-ownership.html>. Zuletzt aufgerufen am: 15.05.2020.
- Gutberlet, Anna-Lena (01 2017): Was ist geplante Obsoleszenz? <https://www.elektronikpraxis.vogel.de/was-ist-geplante-obsoleszenz-a-576644/>. Zuletzt aufgerufen am: 13.04.2020.
- Handlin, Harry (10 2013): Using a Total Cost of Ownership (TCO) Model for Your Data Center. <https://www.datacenterknowledge.com/archives/2013/10/01/using-a-total-cost-of-ownership-tco-model-for-your-data-center>. Zuletzt aufgerufen am: 15.05.2020.
- Heinrich-Böll-Stiftung e.V. (07 2017): Preise müssen die ökologische Wahrheit sagen - In: Dossier *Neue Ökonomie der Natur*. <https://www.boell.de/de/2017/07/09/preise-muessen-die-oekologische-wahrheit-sagen>. Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- Helfferrich, Cornelia (2014): *Leitfaden- und Experteninterviews*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 559–574.
- Hernantes, J.; G. Gallardo / N. Serrano (jul 2015): IT Infrastructure-Monitoring Tools. *IEEE Software*, 32(04). pp. 88-93.
- Hilty, Lorenz M. / Bernard Aebischer (2015): ICT for Sustainability: An Emerging Research Field. In: *ICT Innovations for Sustainability*, Hrsg. Lorenz M. Hilty / Bernard Aebischer. Springer International Publishing, Cham. pp. 3-36.

- Hintemann, Ralph (2020): Wachstumsschub durch Cloud Computing - Effizienzgewinne reichen nicht aus: Energiebedarf der Rechenzentren steigt weiter deutlich an. <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2020/03/Borderstep-Rechenzentren-2018-20200327rev.pdf>. Zuletzt aufgerufen am: 24.04.2020.
- Hintemann, Ralph / Jens Clausen (08 2016): Green Cloud? The current and future development of energy consumption by data centers, networks and end-user devices. Berlin.
- Hoven, Elisa (2019): Der "eingebaute" Produktverschleiß : die Strafbarkeit geplanter Obsoleszenz. *Neue juristische Wochenschrift*, 72(43). S. 3113-3116.
- Hübner, Renate (03 2013): *Geplante Obsoleszenz*. Working Papers Verbraucherpolitik Verbraucherforschung. AK-Wien - Abteilung Konsumentenpolitik, Wien, Österreich. https://www.arbeiterkammer.at/infopool/akportal/Geplante_Obsoleszenz_neu.pdf, Zuletzt aufgerufen am: 12.12.2019.
- Ignatzek, Christian (12 2017): Obsoleszenzmanagement 4.0. https://vtma.vdma.org/documents/106036/1576193/Artikel+zu+VDMA+24903_2017-12_Autor+Christian+Ignatzek%2C+Hauni+Maschinenbau.pdf. Zuletzt aufgerufen am: 26.02.2020.
- Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken (2019): Lexikon der Nachhaltigkeit, Was bedeutet eigentlich Nachhaltigkeit? https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/nachhaltigkeit_1398.htm. Zuletzt aufgerufen am: 18.10.2019.
- ISO/IEC 30134-4:2017 (10 2017): *Information technology - Data centres - Key performance indicators - Part 4: IT Equipment Energy Efficiency for servers*. ISO/IEC JTC 1/SC 39 Sustainability, IT and Data Centres, Genf, Schweiz.
- IT-Recycling-Festplatten Schreddern (2020): Schadstoffe in alten Computern und Computerschrott: Welche Computerteile enthalten giftige Substanzen? <https://festplatten-schreddern.de/computer-recycling/welche-computerteile-enthalten-giftige-substanzen/>. Zuletzt aufgerufen am: 08.06.2020.
- Jaeger-Erben, Melanie; Janis Winzer; Max Marwede / Marina Proske (11 2016): *Obsoleszenz als Herausforderung für Nachhaltigkeit. Ursachen und Alternativen für Kurzlebigkeit in der „Wegwerfgesellschaft“*, S. 91–122.
- Joseph Gordon, M. (2002): Chapter 2 - Six Sigma Implementation Process. In: *Six Sigma Quality for Business and Manufacture*, Hrsg. M. Joseph Gordon, Elsevier Science B.V., Amsterdam. pp. 33-98.
- Kachris, Christoforos; Babak Falsafi / Dimitrios Soudris (2019): *Hardware Accelerators in Data Centers*. Bücher. Springer International Publishing, Cham. Online-Ressource (IX, 279 p. 107 illus., 88 illus. in color, online resource).
- Kirschenbauer, Felix (11 2018): Obsoleszenz-Management: Strategien für ein langes Produktleben. <https://blog.electronica.de/2018/11/11/obsoleszenz-management-strategien-fuer-ein-langes-produktleben/>. Zuletzt aufgerufen am: 08.04.2020.

- Klingenberg, Jörg (January 2007): *Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden*. Dissertation, TU Darmstadt, Darmstadt.
- Klodt, Henning / Andreas Schäfer (02 2018): Gabler Wirtschaftslexikon - Technischer Fortschritt: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/technischer-fortschritt-50317/version-273537>. Zuletzt aufgerufen am: 21.05.2020.
- Konrad-Adenauer-Stiftung e.V. (2020): Externe Effekte, externe Kosten. <https://www.kas.de/de/externe-effekte-externe-kosten>. Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- Koshiol, John (10 2019): Why Software and Hardware becomes Obsolete. <https://www.nowitconnects.com/technology-tips/why-software-and-hardware-becomes-obsolete/>. Zuletzt aufgerufen am: 15.05.2020.
- KPMG / Bitkom Research (2016): Cloud Monitor 2016: Cloud-Computing in Deutschland - Status quo Perspektiven. <https://hub.kpmg.de/cloud-monitor-2016>. Zuletzt aufgerufen am: 11.11.2019.
- KPMG / Bitkom Research (2017): Cloud Monitor 2017: Cyber Security im Fokus. <https://hub.kpmg.de/cloud-monitor-2017>. Zuletzt aufgerufen am: 11.11.2019.
- KPMG / Bitkom Research (2018): Cloud Monitor 2018: Strategien für eine zukunftsorientierte Cloud Security und Cloud Compliance. <https://hub.kpmg.de/cloud-monitor-2018>. Zuletzt aufgerufen am: 11.11.2019.
- KPMG / Bitkom Research (2019): Cloud Monitor 2019: Public Clouds und Sicherheit im Fokus. <https://hub.kpmg.de/cloud-monitor-2019>. Zuletzt aufgerufen am: 11.11.2019.
- Krüger, Peter; Torsten Urban; A. Siegling; R. Zimmermann / Hans-Knud Arndt (2012): Conceptual Methods to Design Sustainable IT Infrastructures - Standardization, Consolidation and Virtualization. In: *EnviroInfo 2012: Man - Environment - Bauhaus: light up the ideas of environmental informatics 26th International Conference on Informatics for Environmental Protection Part2: Open Data and Industrial Ecological Management*, Hrsg. Hans-Knud Arndt, Shaker Verlag, Aachen. pp. 607-612.
- Kuehr, Ruediger / Eric Williams (2007): *Computers and the Environment: Understanding and Managing their Impacts*. Springer, Dordrecht. Copyright by Kluwer Academic Publishers and United Nations University 2003.
- König, Holger (2009): *Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung: Grundlagen - Berechnung - Planungswerkzeuge*. Institut für internationale Architektur-Dokumentation, München.
- Küpper, Hans-Ulrich; Gunther Friedl; Christian Hofmann; Yvette Hofmann / Burkhard Pedell (2005): *Controlling: Konzeption, Aufgaben, Instrumente*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart. 4. Aufl.
- Lackes, Richard / Markus Siepermann (02 2018): Gabler Wirtschaftslexikon - Rechenzentrum: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/rechenzentrum-42319/version-265670>. Zuletzt aufgerufen am: 29.04.2020.

- Lauer, Natalie (09 2014): IT-Infrastruktur: Energieeffiziente USV. <https://www.funkschau.de/datacenter/artikel/169019/>. Zuletzt aufgerufen am: 30.05.2020.
- Lexas (2011): Natürliche Ressourcen. https://www.laenderdaten.de/geographie/natuerliche_ressourcen.aspx. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- London, Bernard (1932): *Ending the Depression Through Planned Obsolescence*. University of Wisconsin - Madison. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/London_%281932%29_Ending_the_depression_through_planned_obsolescence.pdf, Zuletzt aufgerufen am: 27.05.2020.
- Mansmann, Urs (09 2015): Geldautomaten-Probleme der Sparkasse: Rechenzentrums-Ausfall schuld. veröffentlicht in heise online unter <https://heise.de/-2826316>. Zuletzt aufgerufen am: 09.06.2020.
- Martin, Möller.; Britta Stratmann / Jens Gröger (08 2019): *Umweltfreundliche Beschaffung. Schulungsskript 2: Einführung in die Berechnung von Lebenszykluskosten und deren Nutzung im Beschaffungsprozess*. UBA-FB. Öko-Institut e.V., Institut für Angewandte Ökologie, Bereich Produkte und Stoffströme, Freiburg. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190827_uba_schulungsskript_2_bf.pdf, Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Marx Gómez, Jorge Carlos / Volkan Gizli (2018): Ein Framework zur ganzheitlichen Steigerung der Energieeffizienz in Rechenzentren durch eine Konformitätsprüfung zertifizierter Kennzahlen. In: *Nachhaltige betriebliche Umweltinformationssysteme : Konferenzband zu den 9. BUIS-Tagen*, Hrsg. Hans-Knud Arndt, Springer Gabler, Wiesbaden, Kap. 1, S. 3–8.
- Mertens, Peter; Freimut Bodendorf; Wolfgang König; Matthias Schumann; Thomas Hess / Peter Buxmann (12 2016): *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik (German Edition)*. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg.
- Micron Technology Inc (2019): S.M.A.R.T. and SSDs. <https://www.crucial.com/articles/about-ssd/smart-and-ssds>. Zuletzt aufgerufen am: 21.05.2020.
- Mingay, Simon (2007): Gartner Research - Green IT: The New Industry Shock Wave. <https://www.gartner.com/en/documents/559709/green-it-the-new-industry-shock-wave>. Zuletzt aufgerufen am: 22.01.2020.
- Morris, Chris (02 2020): Apple hit with 27 million dollar fine for slowing down French iPhones. <https://fortune.com/2020/02/07/apple-iphone-slowdown-update-fine-france/>. Zuletzt aufgerufen am: 18.05.2020.
- Murugesan, S. (2008): Harnessing green it: principles and practices. *IT Pro*, <http://www.pitt.edu/~dtipper/2011/GreenPaper.pdf>, Zuletzt aufgerufen am: 22.01.2020, 10(1). pp. 24–32.
- Nibbe, Joachim (1998): *Ökologische Unternehmenspolitik*. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden.

- obsolescence.management (2020): Obsolescence Management Strategien. <https://www.obsolescence.management/allgemein/obsolescence-management-strategien/>. Zuletzt aufgerufen am: 08.04.2020.
- Oehme, Ines; Anett Jacob; Lisa Cerny; Matthias Fabian; Michael Golde; Susann Krause; Christian Löwe / Herwig Unnersta (11 2017): *Strategien gegen Obsoleszenz: Sicherung einer Produktmindestlebensdauer sowie Verbesserung der Produktnutzungsdauer und der Verbraucherinformation*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017_11_17_uba_position_obsoleszenz_dt_bf.pdf, Zuletzt aufgerufen am: 11.12.2019.
- Ostler, Ulrike (2018): Datacenter Insider - Gartner prognostiziert: Datacenter-Trends 2019 und darüber hinaus. <https://www.datacenter-insider.de/datacenter-trends-2019-und-darueber-hinaus-a-785604/>. Zuletzt aufgerufen am: 15.01.2020.
- Packard, Vance / Bill McKibben (2011): *Waste Makers*. Ig Publishing, Brooklyn.
- Palupski, Rainer (2002): *Management von Beschaffung, Produktion und Absatz : Leitfaden mit Praxisbeispielen*. Gabler Lehrbuch. Gabler, Wiesbaden. XX, 377 S., graph. Darst., 2.Auflage.
- Pape, Ulrich / Jürgen Weber (02 2018a): Gabler Wirtschaftslexikon - Break-Even-Analyse. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/break-even-analyse-31893/version-255441>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Pape, Ulrich / Jürgen Weber (02 2018b): Gabler Wirtschaftslexikon - Break-Even-Point. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/break-even-point-27541/version-251192>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Poppe, Erik / Jörg Longmuß (2019): *Geplante Obsoleszenz : Hinter den Kulissen der Produktentwicklung*. transcript Verlag, Bielefeld, Germany.
- Prakash, Siddharth; Yifaat Baron; Ran Liua; Marina Proske / Alexander Schlösser (2014): *Study on the practical application of the new framework methodology for measuring the environmental impact of ICT - cost/benefit analysis: Final report*. Publications Office, Luxembourg. https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=6917, Zuletzt aufgerufen am: 30.05.2020.
- Prakash, Siddhartha; Rainer Stamminger; Günter Dehoust; Martin Gsell; Tobias Schleicher; Carl-Otto Gensch / Kathrin Graulich (11 2016): *Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen 'Obsoleszenz' : Abschlussbericht*. UBA-FB. Öko-Institut e.V., Institut für Angewandte Ökologie, Bereich Produkte und Stoffströme, Freiburg. Förderkennzeichen UFOPLAN 3713 32 315, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_11_2016_einfluss_der_nutzungsdauer_von_produkten_obsoleszenz.pdf, Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.

- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2018): Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Berlin, 2018, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/eine-strategie-begleitet-uns/die-deutsche-nachhaltigkeitsstrategie>. Zuletzt aufgerufen am: 09.02.2020.
- Radwell International (2020): Obsoleszenz Management – wie gut sind Sie vorbereitet? <https://info.radwell.de/de/obsoleszenz-management>. Zuletzt aufgerufen am: 23.05.2020.
- Rajagopal, S.; John Erkoyuncu / Rajkumar Roy (12 2014): Software Obsolescence in Defence. *Procedia CIRP*, 22.
- Reuß, Jürgen / Cosima Dannoritzer (2013): *Kaufen für die Müllhalde: Das Prinzip der geplanten Obsoleszenz*. orange-press, Freiburg. Deutsche Ausgabe, 1. Aufl.
- Ritter, Frank (2011): *Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen - Modellierung und praxisnahe Prognose*. Darmstadt. <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/2649/1/RitterLebensdauer.pdf>, Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- Romero Rojo, Francisco J.; Rajkumar Roy / S. Kelly (05 2012): Obsolescence Risk Assessment Process Best Practice. *Journal of Physics: Conference Series*, 364.
- Romero Rojo, Francisco J.; Rajkumar Roy / Essam Shehab (2009): Obsolescence Management for Long-life Contracts: State of the Art and Future Trends. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (49). pp. 1235-1250.
- Rouse, Margaret (2019): TechTarget: Definition PDCA-Zyklus (Plan, Do, Check, Act). <https://whatis.techtarget.com/de/definition/PDCA-Zyklus-Plan-Do-Check-Act>. Zuletzt aufgerufen am: 24.01.2020.
- Runge, Wolfgang (05 2019): Störung im Rechenzentrum: Finanzämter lahmgelegt. veröffentlicht in der Schweriner Volkszeitung unter <https://www.svz.de/24043952>. Zuletzt aufgerufen am: 09.06.2020.
- Röper, Burkhardt (1976): *Gibt es geplanten Verschleiß? : Untersuchungen zur Obsoleszenzthese*. Schriften der Kommission für Wirtschaftlichen und Sozialen Wandel, Bd. 137. Schwartz Verlag, Göttingen.
- Rüdiger, Ariane / Ulrike Ostler (11 2016): DataCenter Insider - Konzentrierte IT-Power und Ort des Geschehens: Was ist ein Rechenzentrum, ein Datacenter? <https://www.datacenter-insider.de/was-ist-ein-rechenzentrum-ein-datacenter-a-573707/>. Zuletzt aufgerufen am: 09.02.2020.
- SanDisk (2020): Global Customer Support (US) - Native Command Queuing (NCQ). https://kb.sandisk.com/app/answers/detail/a_id/8146/~/native-command-queuing-%28ncq%29-defined. Zuletzt aufgerufen am: 21.05.2020.
- Sawall, Achim (06 2013): Golem - Geplante Obsoleszenz: Wo die Sollbruchstellen in der Elektronik liegen. <https://www.golem.de/news/geplante-obsoleszenz-wo-die-sollbruchstellen-in-der-elektronik-liegen-1306-99957.html>. Zuletzt aufgerufen am: 19.12.2019.

- Schaffland, Hendrik (06 2017): *Globalisierung von Forschung und Entwicklung in der IKT-Industrie: Verlagerung der Innovationsschwerpunkte in dynamische Schwellenländer*. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Schmelzer, Hermann J. / Wolfgang Sesselmann (2004): *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis : Produktivität steigern, Wert erhöhen, Kunden zufrieden stellen*. Hanser, München, 4. Aufl.
- Schmidt, Katrin; Kai-Ingo Voigt; Norbert Dautzenberg; Birgitta Dennerlein; Joachim Wichert; Jan-Hendrik Krumme / Peter Haric (02 2018): Gabler Wirtschaftslexikon - Betrieb: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/betrieb-30819/version-254395>. Zuletzt aufgerufen am: 15.05.2020.
- Schnieder, Lars (2018): *Obsoleszenzmanagement - Strategisches Management von Fahrzeugflotten im öffentlichen Personenverkehr: Begriffe, Ziele, Aufgaben, Methoden*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Schridde, Stefan (2015): Die Dimensionen der geplanten Obsoleszenz - Öffentliche Anhörung des Parlamentarischen Ausschuss für nachhaltige Entwicklung am 17.12.2015 Weiterentwicklung der Produktverantwortung. [http://www.murks-nein-danke.de/blog/download/A-Drs.%2018\(23\)25-4.pdf](http://www.murks-nein-danke.de/blog/download/A-Drs.%2018(23)25-4.pdf). Zuletzt aufgerufen am: 23.12.2019.
- Schridde, Stefan (2017): Problem und Folgen geplante Obsoleszenz. In: *Kreislaufwirtschaft, wir schaffen das!?* : 22. Tagung Siedlungsabfallwirtschaft Magdeburg am 20. und 21. September 2017, Hrsg. Hartwig Haase / Arnhild Gerecke, LOGiSCH GmbH, Magdeburg, S. 57–65.
- Schridde, Stefan; Christian Kreiß / Janis Winzer (2013): *Geplante Obsoleszenz : Entstehungsursachen, konkrete Beispiele, Schadensfolgen und Handlungsprogramm*. Gutachten im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis90/DieGrünen erstellt durch ARGE REGIO Stadt- und Regionalentwicklung GmbH, Berlin. <http://www.murks-nein-danke.de/blog/studie/>, Zuletzt aufgerufen am: 24.04.2020.
- Schulze, Sabine / Ina Grätz (2011): *Apple design: [exhibition, Museum für Kunst und Gewerbe, Hamburg, August 26, 2011 - January 15, 2012]*. Hatje Cantz und Gestalten Verlag, Ostfildern und Berlin.
- Schwarz, Robert (2018): Umweltschutz. In: *Gepriüfte Schutz- und Sicherheitskraft (IHK): Lehrbuch für Prüfung und Praxis*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 215–223.
- Schödwell, Björn; Rüdiger Zarnekow; Ran Liu / Jens Gröger (2018): *Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit : Abschlussbericht*. UBA-FB. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau in Zusammenarbeit mit Öko-Institut e.V., Berlin und proRZ Rechenzentrumsbau GmbH, Wallmenroth. Forschungskennzahl 3715 31 601 0, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-23_texte_19-2018_ressourceneffizienz-rechenzentren.pdf, Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- Sendler, Ulrich (2009): *Das PLM-Kompodium : Referenzbuch des Produkt-Lebenszyklus-Managements*. Xpert.press. Springer, Berlin.

- Spektrum (1999): Lexikon der Biologie: natürliche Ressourcen. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/natuerliche-ressourcen/45469>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Stadt Freiburg (01 2016): EcoFIT - mit Umweltmanagement Kosten senken. Stadt Freiburg im Breisgau - Dezernat für Umwelt, Jugend, Schule und Bildung, https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E817803865/1026905/Ecofit_Freiburg_2015.pdf. Zuletzt aufgerufen am: 31.05.2020.
- Statistisches Bundesamt (12 2018): Destatis: Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2018. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Nachhaltigkeitsindikatoren/Publikationen/Downloads-Nachhaltigkeit/indikatoren-0230001189004.html>. Zuletzt aufgerufen am: 27.11.2019.
- Stiftung Warentest (08 2013): Geplante Obsoleszenz: Gerade gekauft und schon wieder hin? <https://www.test.de/Geplante-Obsoleszenz-Gerade-gekauft-und-schon-wieder-hin-4596260-0/>. Zuletzt aufgerufen am: 19.12.2019.
- Südwestrundfunk (01 2019): Geplanter Produkttod? Wenn Geräte immer schneller kaputtgehen. hochgeladen von Marktcheck unter <https://www.youtube.com/watch?v=5fkKsESotxI>. Zuletzt aufgerufen am: 29.04.2020.
- T-Systems (2020): Rechenzentrum Biere: Deutschlands digitales Herz - Im Bördeland bei Magdeburg betreibt T-Systems eines der größten Cloud Data Center Europas. <https://www.t-systems.com/de/de/ueber-t-systems/unternehmen/innovation-management/rechenzentrum-biere>. Zuletzt aufgerufen am: 29.04.2020.
- TCO Certified (2020): Schadstoffe in IT-Produkten — ein Risiko für Mensch und Natur. <https://tcocertified.de/schadstoffe>. Zuletzt aufgerufen am: 08.06.2020.
- Theisen, Martin, Manuel René und Theisen (2017): *Wissenschaftliches Arbeiten: Erfolgreich bei Bachelor- und Masterarbeit*. Franz Vahlen, München, 17. Aufl.
- Thissen, Michael (12 2017): 10 Schritte zu einem ganzheitlichen Kennzahlensystem. <https://www.greensocks.de/news/detail/news/10-schritte-zu-einem-ganzheitlichen-kennzahlensystem/>. Zuletzt aufgerufen am: 08.04.2020.
- Thomas, Oliver; Markus Nüttgens / Michael Fellmann (2017): *Smart Service Engineering: Konzepte und Anwendungsszenarien für die digitale Transformation*. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Through Life Support (2018): What Is Obsolescence Management? https://www.throughlifesupport.com/obsolescence_management-specialists/what-is-obsolescence-management. Zuletzt aufgerufen am: 08.04.2020.
- Tsai, Yalin (10 2019): Funkschau: Kühlung - Evolution der Kühlsysteme. <https://www.funkschau.de/datacenter/artikel/169936/>. Zuletzt aufgerufen am: 09.02.2020.

- Töpfer, Klaus (1987): *Die politische Verantwortung der Umweltpolitik für das Umwelthaftungsrecht*, Bd. 8. Handbuch des Umweltschutzes, Landsberg/ Lech, 2. Aufl.
- Uddin, Mueen / Azizah Abdul Rahman (08 2012): Energy efficiency and low carbon enabler green IT framework for data centers considering green metrics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16. pp. 4078-4094.
- Ulrich, Dave; Jack Zenger / Norm Smallwood (2007): Ergebnisorientierte Unternehmensführung. Von der Zielformulierung zu messbaren Erfolgen. In: *Das Summa Summarum des Management: Die 25 wichtigsten Werke für Strategie, Führung und Veränderung*, Hrsg. Cornelius Boersch / Rainer Elschen, Gabler, Wiesbaden, S. 169–183.
- Umweltbundesamt (2017): Rechenzentren umweltfreundlich beschaffen. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/rechenzentren-umweltfreundlich-beschaffen>. Zuletzt aufgerufen am: 24.11.2019.
- Umweltbundesamt (2018): KPI4DCE 2.0. <https://www.umweltbundesamt.de/kpi4dce-20>. Zuletzt aufgerufen am: 26.02.2020.
- Umweltbundesamt (01 2019): Umwelthaftungs- und Umweltschadensrecht. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltrecht/umwelthaftungs-umweltschadensrecht>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- University of Wisconsin, Sustainable Management (2020): The Triple Bottom Line - What Is the Triple Bottom Line? <https://sustain.wisconsin.edu/sustainability/triple-bottom-line/>. Zuletzt aufgerufen am: 09.02.2020.
- Universität Leipzig Methodenportal (2020): Leitfadengestütztes Interview. <https://home.uni-leipzig.de/methodenportal/leitfadengestuetztes-interview/>. Zuletzt aufgerufen am: 12.05.2020.
- Urban, Torsten / Hans-Knud Arndt (2018): Das Common Information Model als Datenmodell zur Bestimmung von Green-IT-Kennzahlen der Lebenszyklusphase Make von IT-Dienstleistungen. In: *Nachhaltige betriebliche Umweltinformationssysteme : Konferenzband zu den 9. BUIS-Tagen*, Hrsg. Jorge Carlos Marx Gómez, Verlag Springer Gabler, Wiesbaden, S. 297–303.
- U.S. Green Building Council (05 2020): LEED Certificates of Dynamic Data Center Biere. <https://www.usgbc.org/search?Search+Library=%22Dynamic+Data+Center+Biere%22>. Zuletzt aufgerufen am: 27.05.2020.
- VDI 4060 Blatt 1:2005 (06 2005): *Integrierte Managementsysteme (IMS); Handlungsanleitung zur praxisorientierten Einführung; Allgemeine Aussagen*. VDI-Koordinierungsstelle Umwelttechnik (VDI-KUT), Ausschuss Integrierte Managementsysteme, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf. Beuth Verlag GmbH, Berlin. Durch den VDI inhaltlich überprüft und als unverändert weiterhin gültig erklärt im Mai 2012.
- VDI 4800 Blatt 1:2016 (02 2016): *Ressourceneffizienz - Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien*. VDI Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

- VDI Zentrum Ressourceneffizienz (2019): Verlängerung der Produktnutzungsdauer. <https://www.ressource-deutschland.de/instrumente/strategien-und-massnahmen/produktbezogen/verlaengerung-der-produktnutzungsdauer/>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- VDMA-Einheitsblatt 24903:2017 (12 2017): *Obsoleszenzmanagement - Informationsaustausch zu Änderungen und Abkündigungen von Produkten und Einheiten*. VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., Frankfurt am Main. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Vitsoe Ltd (2020): Zehn Thesen für gutes Design nach Dieter Rams unter ‚Der Wert von gutem Design‘: Dieter Rams’ Philosophie, verankert bei Vitsoe. <https://www.vitsoe.com/de/ueber-vitsoe/gutes-design>. Zuletzt aufgerufen am: 22.01.2020.
- Voigt, Kai-Ingo (02 2018a): Gabler Wirtschaftslexikon - Baugruppe: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/baugruppe-30039/version-253633>. Zuletzt aufgerufen am: 09.05.2020.
- Voigt, Kai-Ingo (02 2018b): Gabler Wirtschaftslexikon - Wartung: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wartung-48076/version-271334>. Zuletzt aufgerufen am: 14.05.2020.
- Voigt, Kai-Ingo; Edeltraud Günther / Andreas Szczutkowski (02 2020): Gabler Wirtschaftslexikon - Ressource: Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/ressource-42805/version-266147>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Walther, Grit (2010): Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke : Überbetriebliche Planung und Steuerung von Stoffströmen entlang des Produktlebenszyklus. Gabler, Wiesbaden, Produktion und Logistik. 1. Aufl.
- Weber, Jürgen (02 2018): Gabler Wirtschaftslexikon - Kennzahlensystem:Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kennzahlensystem-40910/version-264284>. Zuletzt aufgerufen am: 08.04.2020.
- Wiesböck, Johann (2017): Materialbeschaffung: Obsoleszenz-Management – der Schlüssel zur Langzeitverfügbarkeit. <https://www.meilensteine-der-elektronik.de/obsoleszenz-management-der-schluessel-zur-langzeitverfuegbarkeit-a-576901/>. Zuletzt aufgerufen am: 24.01.2020.
- Winckler, Barbara (1991): *Investitions- und kontrolltheoretische Ansätze der Kostenrechnung*. Springer Fachmedien - Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden.
- Wirtschaftslexikon24 (2018): Effizienz, Effektivität. <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/effizienz-effektivitaet/effizienz-effektivitaet.htm>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Wittenhorst, Tilman (06 2018): Heise Online: Microsoft versenkt Rechenzentrum im Meer. <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Microsoft-versenkt-Rechenzentrum-im-Meer-4075442.html>. Zuletzt aufgerufen am: 09.02.2020.

- Wittke, Sören (09 2013): Obsoleszenzmanagement für ein längeres Produktleben. <https://www.it-production.com/allgemein/obsoleszenzmanagement-fuer-laengeres-produktleben/>. Zuletzt aufgerufen am: 25.05.2020.
- Wöhe, Günter / Ulrich Döring (2013): *Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Vahlen, München, 25. Aufl.
- Zarnekow, Rüdiger, Hrsg. (2013): *Green IT : Erkenntnisse und Best Practices aus Fallstudien*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- ZEIT ONLINE (03 2019): Umweltschäden verursachen ein Viertel der Todes- und Krankheitsfälle. <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2019-03/umweltverschmutzung-planet-oekosystem-lebensraeume-todesfaelle>. Zuletzt aufgerufen am: 03.04.2020.
- Zyla, Mark L. (2009): *Fair Value Measurement: Practical Guidance and Implementation*. Wiley, New Jersey.

A Anhang

A.1 Experteninterview: Durchführung und Ziele

Durchführung: Um einen praktischen Bezug herzustellen, wurde zur Anfertigung dieser wissenschaftlichen Arbeit ein Experteninterview mit Experten des kooperierenden Praxispartners *T-Systems Deutschland GmbH* durchgeführt. Die Durchführung des Experteninterview folgt einem Leitfaden, dieser gibt „von Anfang an die Themen und ihre Reihenfolge vor“¹ und setzt den Relevanzrahmen. Das Interview kann folglich als leitfadengestütztes Experteninterview betrachtet werden. Der Vorbereitung auf die Experteninterviews geht die Erstellung eines Fragenkatalog bestehend aus *acht Fragebögen* mit insgesamt *73 Fragen*, die verschiedene für die Arbeit relevante Themengebiete abdecken. Dabei wurden sowohl strukturierte (ja/nein) Fragen, als auch offene Fragen gestellt. Der Charakter der Durchführung des Experteninterviews gleicht keiner alltäglichen Kommunikation, dahingehend als dass die Kommunikation aus Gründen des Forschungsinteresses nicht auf Wechselseitigkeit beruht. Der Interviewende verfolgte bei der Durchführung primär das Ziel so viele und relevante Erkenntnisse wie möglich von dem Interviewten zu erlangen.² Der Leitfaden gilt dabei als „vorab vereinbarte und systematisch angewandte Vorgabe zur Gestaltung des Interviewablaufs“³ und wird u.a. gebildet aus der Ausgestaltung der Interviewsituation durch definiertes Rollenverhältnis von Interviewendem zu Interviewtem sowie der Strukturierung des Interviewablaufs durch vorgefertigte und im Voraus kommunizierte Fragebögen. Aufgrund des Umfangs und der Komplexität an Fragen, wurden um vielseitiges Verständnis der Tätigkeiten im Rechenzentrum Biere zu erlangen, mehrere persönliche Experteninterviews durchgeführt und dabei auch Experten aus angrenzenden Fachbereichen im Rechenzentrum zur Beantwortung der Fragen miteinbezogen.

Ziele: Das leitfadengestützte Experteninterview verfolgt einen zielorientierten Ansatz, das bedeutet es geht primär darum, einen allgemeinen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn im Bereich von Managementtätigkeiten für den Rechenzentrumsbetrieb mit Konzentration auf die Beantwortung der wissenschaftlichen Frage zu erreichen. Dies soll eine praktische Grundlage für die Bewertung des Umgangs mit Obsoleszenz bilden und Möglichkeiten einen Obsoleszenzmanagementansatz in Rechenzentren diskutierbar zu machen. Darüber hinaus können die gewonnene Erkenntnisse des Experteninterviews als Grundlage für zukünftige wissenschaftliche Arbeiten dienen.

¹ Vgl. [Universität Leipzig Methodenportal, 2020](#)

² Vgl. [Helfferrich, 2014, S.559f.](#)

³ [Helfferrich, 2014, S.560](#)

Praxispartner: Der Praxispartner *T-Systems* betreibt seit 2014 am Standort Biere in Sachsen-Anhalt, etwa 20km südlich von Magdeburg, ein Rechenzentrum, welches sich durch seine 11000m² IT-Fläche mit Kapazität für 100000 physische Server, auszeichnet. Der Bau des Rechenzentrums wurde vom *U.S. Green Building Council* begleitet und als Projekt mit Gold zertifiziert.¹ Dabei ist das Rechenzentrum architektonisch so konzipiert, dass sich die Kapazitäten durch neue Bauabschnitte erweitern lassen. Von diesem skalierbaren Designansatz wurde bereits im Jahr 2018 Gebrauch gemacht. Die Bedeutung des Rechenzentrumsstandort Biere zeichnet sich nicht nur durch seine lokale Bedeutung im Bundesland Sachsen-Anhalt, sondern vor allem durch seine Konzentration auf national und international operierende (Groß-)Kunden, aus. Es definiert sich u.a. durch seine herausragenden Sicherheitseinrichtungen und wirbt mit hohen Sicherheitsstandards für Kundendaten. Dabei bezeichnen die Betreiber es selbst als *Fort Knox* für *Cloud-Computing*-Lösungen. Das Rechenzentrum bietet durch Notfallversorgungseinrichtungen für bis zu fünf Tage gesicherte Stromversorgung im Katastrophenfall.² Die Muttergesellschaft *Deutsche Telekom AG* umwirbt das Rechenzentrum in ihrem Umweltprogramm als grünes Rechenzentrum mit einer rund 30% geringeren Energienutzung im Vergleich zu herkömmlichen deutschen Rechenzentren.³

Der Koordinator und primär befragte Experte im Rahmen des durchgeführten Experteninterviews von Seiten des Praxispartners war Herr Johannes Krafczyk, verantwortlich für *Data Center Innovations* im Bereich *Business Development*. In seiner Tätigkeit bei *T-Systems* hat er die Planung zur Errichtung des Rechenzentrums Biere mitkonzipiert und gestaltet aktiv Rechenzentrumslösungen. Darüber hinaus repräsentiert Johannes Krafczyk die Außendarstellung des Rechenzentrumsstandorts.

¹ Vgl. *U.S. Green Building Council*, 2020

² Vgl. *T-Systems*, 2020

³ Vgl. *Deutsche Telekom*, 2020b

A.2 Fragebogen: Erfassung des Ist-Zustandes

Allgemeine Erfassung des Ist-Zustandes, Ziel ist es herauszufinden wodurch sich der Rechenzentrumsstandort Biere auszeichnet. Es geht um belegbare Informationen bezüglich Größe, Kapazität und Anforderungen, die an den Rechenzentrumsbetrieb gestellt werden.

Auf welche Kapazitäten ist der Rechenzentrumsstandort Biere ausgelegt?	<p>Soll-Leistung 18 MW IT-Power (RZ sind i.d.R. auf Basis von 3 Kriterien designed:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IT-Fläche [m²] • Stromversorgung bzw. bereitgestellte Leistung in der Stromversorgung der IT [kW] • Installierte Klimaleistung [kW] <p>Die Kriterien stehen in Abhängigkeit zueinander; der geringste Wert kennzeichnet dabei die Kapazität des RZ.)</p>
Sind diese Kapazitäten erweiterbar?	Ja, durch weitere Bauabschnitte bis auf max. 72 MW
Wann wurde der Standort Biere in Betrieb genommen?	Der erste Bauabschnitt (7,2 MW) ging im Jahr 2014 in Betrieb. Der Betrieb eines zweiten Bauabschnitts (10,8 MW) folgte im Jahr 2018.
Gibt es eine Begrenzung wie lange der Standort genutzt werden soll?	Nein.
Warum wurde gerade Biere als Standort ausgesucht?	<p>Komplexes Casting auf Basis eigener Vorgehensweisen („Datacenter Checklist“). Die primäre Entscheidung fiel für den Standort Magdeburg; Hintergrund: ca. 2007 reifte die Idee, ein weiteres TwinCore Datacenter (parallel betriebene RZ mit einem Abstand von ca. 10 Meilen) zu bauen. MD erhielt den Zuschlag, da schon ein RZ vorhanden war und wir „nur“ den Spiegel auf der grünen Wiese neu bauen mussten. DC-Checklist: Kriterienkatalog mit ca. 350-400 Fragestellungen (unternehmerisch, technisch, juristisch, kommerziell). Es wurden im Umkreis MD 3-4 Standorte überprüft. In der Gesamtwichtung erzielte der Standort Biere das beste Ergebnis.</p>

<p>Bietet das RZ Cloud-Angebote für externe Unternehmen (Stichwort Data Center Outsourcing (DCO)) an? Wenn ja, wie schätzen Sie die Nachfrage nach Cloud-Lösungen ein?</p>	<p>Ja. Sehr stark ansteigende Nachfrage. Nicht zu vernachlässigen sind die klassischen IT-Lösungen (z.B. individuelles Outsourcing), die nach wie vor für Kunden eine große Rolle spielen; in den nächsten 5 Jahren ca. 50%</p>
<p>Wie wichtig sind die folgenden Anforderungen für Ihre Kunden? (1-5: entscheidend (1), sehr wichtig (2), wichtig (3), weniger wichtig (4), unwichtig (5))</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verfügbarkeit • Datensicherheit • Standardisierung • Berücksichtigung von Umweltaspekten • Einhaltung von Recht und Gesetz • Automatisierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbarkeit [2] • Datensicherheit [1] • Standardisierung [2] • Berücksichtigung von Umweltaspekten [3] • Einhaltung von Recht und Gesetz [1] • Automatisierung [2] <p>Anm.: seit ca. 6 Monaten verzeichnen wir eine sehr starke Zunahme von Nachfragen bzgl. Nachhaltigkeit/ Green IT.</p>
<p>Welche weiteren Anforderungen stellen Kunden an ihre Tätigkeiten?</p>	<p>Das ist abhängig von den IT-Plattformen bzw. den darauf laufenden Services/ Geschäftsprozessen. So setzen wir bspw. sicherheitsüberprüftes Personal (SÜx) ein, wenn der Kunde es fordert. Weiteres Beispiel: sehr sensible Plattformen werden nur durch Admins betreut, die sich wiederum nur im Inland und in speziell (physisch) gesicherten Umgebungen befinden.</p>

Tabelle A.1: Allgemeine Fragen zum Rechenzentrumsbetrieb

A.3 Fragebogen: Rechenzentren und Nachhaltigkeit

Ziel des folgenden Fragebogens ist es nachhaltige Ausrichtungen festzuhalten und den Ist-Zustand hinsichtlich Berücksichtigung nachhaltiger Entwicklung zu erfassen und Verbesserungspotentiale zu identifizieren.

<p>Mit welchen Technologien erfolgt die Kühlung?</p>	<p>Grundsätzlich: Indirekte freie Kühlung. Die IT-Räume werden mit Luft gekühlt; für eine bestmögliche Effizienz betreiben wir die IT (Server, Storage, Network) in eingehausten Umgebungen (Kaltgang). D.h. kalte Luft wird zielgerichtet über die zu kühlenden Geräte geführt. Über Umluftklimageräte (ULK) und diversen Wärmetauschern wird die (Ab-)Wärme zu den außenliegenden Rückkühlwerken transportiert. In Abhängigkeit zu den Außentemperaturen setzen wir dabei adiabatische Kühlung ein.</p>
<p>Werden erneuerbare Energien genutzt? Zu welchem Anteil?</p>	<p>Ja. Das RZ Biere ist über ein eigenes/ exklusives Umspannwerk an die Netzebene 3 (110kV) des nationalen Übertragungsnetzes angeschlossen. Technisch gesehen besteht der entnommene Strom aus einem Drittmix mit Anteil Ökostrom von aktuell ca. 65%. Durch den Zukauf von Nachweiszertifikaten stocken wir diesen auf 100% auf. Mittelfristig nutzen wir den Bezug über PPA's (power purchase agreements).</p>
<p>Wurden im Zuge der aufkommenden Diskussion um Umweltschutz und Nachhaltigkeit Maßnahmen bzgl. einer nachhaltigeren Gestaltung des RZ getroffen?</p>	<p>Ja. Aktuell untersuchen wir gemeinsam mit Forschungseinrichtungen und Universitäten belastbare Möglichkeiten zur Steigerung der Nachhaltigkeit und den Einsatz von Eigenstromproduktion. (noch nicht öffentlich) Der Bau des RZ wurde beginnend mit der Planung durch das U.S. Green Building Council begleitet und mit „Gold“ zertifiziert. Details: https://www.usgbc.org/search?Search+Library=%22Dynamic+Data+Center+Biere%22 Siehe auch https://wecare.telekom.com/de/ks-der-gruene-datenbunker/</p>
<p>Gibt es konkrete Zielsetzungen in Hinblick auf eine nachhaltigere Gestaltung des RZ?</p>	<p>Ja, es gibt ein Umweltprogram, siehe: https://wecare.telekom.com/de/ und eine Dokumentation der Zielerreichung im Geschäftsbericht, siehe auch: https://www.cr-bericht.telekom.com/site20/#digitale-zukunft</p>

Sehen Sie eine Notwendigkeit den Rechenzentrumsbetrieb nachhaltiger zu gestalten?	Definitiv. Kunden verlangen immer nachdrücklicher, dass IT-Lösungen – als Teil ihrer eigenen Wertschöpfung – nachhaltiger/grüner werden. Dabei spielen entsprechende Nachweise eine immer größere Rolle. Im Projekt der EU für eine europäische Cloud „GAIA-X“ werden bspw. Nachhaltigkeitskriterien für teilnehmende IT-Provider abgefragt. (ein erster Schritt... spätere Vorgaben sind wahrscheinlich) https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/das-projekt-gaia-x.html
Welche Potentiale könnten damit ggf. ausgeschöpft werden?	z.B. Sensibilisierung/ durchgehende Nachhaltigkeit in der Wertschöpfungskette von Endprodukten

Tabelle A.2: Rechenzentrumsbetrieb und Nachhaltigkeit

A.4 Fragebogen: Beschaffung und Vorratshaltung

Ziel des folgenden Fragebogens ist es den Ist-Zustand hinsichtlich Beschaffung und Vorratshaltung von Produkten in Rechenzentren zu erfassen.

<p>Welche Kriterien spielen bei der Beschaffung eine wesentliche Rolle?</p>	<p>Technische Großkomponenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorliegende/ langfristige Betriebserlaubnis • Wartbarkeit/ Wartungsverträge • Garantiedauer • Preis • Konformität (Normen, Gesetzgebung) <p>Server, Storage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfüllung der fachlichen Anforderungen • Preis • SLA für Austausch • Energieeffizienz • Leistung <p>Anm.: jeweils ungewichtete Reihenfolge</p>
<p>Wie wichtig ist Modularität (d.h. Anforderung an Systeme bzw. deren Hardwarekomponenten leicht ersetzbar, austauschbar und instandzusetzen zu sein) in der IT-Infrastruktur?</p>	<p>Hoch. Im Servicefall (Defekt, Ersatz usw.) müssen die entsprechenden Komponenten zügig und mit geringstmöglichen Auswirkungen auf Servicelevel und Kosten austauschbar sein.</p>
<p>Welche Rolle spielt Homogenität (bspw. Produkte des selben Herstellers, Lieferanten, etc.) in der IT-Infrastruktur?</p>	<p>Hier gilt eine Art Abwägung: Standardisierung/ Homogenität vs. Vendor Lock-in. Zu große Abhängigkeiten von einem /wenigen Lieferanten dürfen nicht zu steigenden Kosten aufgrund eines geringen Wettbewerbs führen!</p>
<p>Werden Produkte mit den folgenden Gütesiegeln <i>EU Ecolabel</i>, <i>EU-Bio-Siegel</i>, <i>Blauer Engel</i> im RZ eingesetzt?</p>	<p>Nur vereinzelt</p>

Wurden schonmal gebrauchte Produkte eingesetzt oder ist das RZ Erstnutzer?	Ja, allerdings sehr selten. Dieser Fall tritt ein, wenn wir die bestehenden IT-Systeme eines Kunden SOFORT übernehmen, ohne Veränderung. In diesem Fall wird die IT so, wie sie ist also inkl. gebrauchter Hard- und Software - übernommen und in einem unserer Rechenzentren weiter betrieben. Erst nach dem Transfer werden die Applikationen auf die Zielsysteme, z.B. Cloud XYZ, migriert. ('lift and shift')
Welche Möglichkeiten zur Einflussnahme auf Zulieferer / Produzenten gibt es?	Verhandlungen, Neuvergaben, Ausschreibungen... Einkaufsstärke Telekom AG durch zentralisiertes Beschaffungsmanagement

Tabelle A.3: Beschaffung von RZ-Produkten

Wird Ersatzhardware vorrätig gehalten? Wie viel? Welche (nicht)?	Nur sehr gering; gewisse Anzahl von Standardkomponenten (Erfahrungswert). Wichtig: seit Corona-Krise: verstärkte Lagerhaltung für kritische Systeme (z.B. Netzwerkeinrichtungen), um Abhängigkeiten von Produzenten, Lieferanten, Lieferwegen(!) zu reduzieren.
Wird Ersatzsoftware vorrätig gehalten? Wie viel? Welche (nicht)?	Grundsätzlich wird keine Software vorrätig gehalten, sondern bei Bedarf durch ein übergeordnetes Lizenzmanagement erworben.
Sind Monitoringssysteme Überwachung der gesamten RZ-Infrastruktur in Einsatz?	Ja.
Welche Monitoringssysteme (Managementsysteme) gibt es zur Überwachung der Ersatzteilbestände?	Hauptsächlich nutzen wir die Lager der Hersteller (Ausnahme oben); über definierte RMA-Prozesse ¹ werden benötigte Ersatzteile angeliefert; SLA Zeiten sehr niedrig z.B. 4 Stunden für Cisco Netztechnik

Tabelle A.4: Vorratshaltung von RZ-Infrastruktur

¹ RMA: Return Material Authorization

A.5 Fragebogen: Produktlebenszyklusmanagement

<p>In wie fern wird die Lebensdauer eines Produktes (bspw. eines Racks) methodisch im Voraus abgeschätzt und ist die Lebensdauer ein entscheidenes Kriterium in der Beschaffung?</p>	<p>„Lebensdauer“ als Kriterium ist (allein) nicht ausreichend. Ein Dieselaggregat für die Notstromversorgung ist – regelmäßige Instandhaltung vorausgesetzt – wahrscheinlich >20Jahre betriebsfähig. Aber: bietet der Hersteller auch über diesen Zeitraum Wartung und Lieferung von Verschleiß-/ Ersatzteilen an? Wichtig ist eine Abschätzung der „Verwendbarkeit/ Einsatzzeit“ eines Produktes.</p>
<p>Welche Kriterien werden in der Beschaffung zusätzlich berücksichtigt?</p>	<p>Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Garantiezeit (x Jahre) • Wartungsvertrag mit Hersteller (y Jahre) • Bezug von Ersatzteilen (z Jahre) • Herstellerangaben zur Zuverlässigkeit (Stichwort MTBF, siehe IEC 60050) <p>dazu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kfm. Abschreibung • Gesetzliche Vorgaben bzw. deren Änderung (bspw. Verwendbarkeit von Kühlmitteln für Klimageräte!) <p>dazu insbesondere bei IT-Equipment der Faktor Energieeffizienz</p>
<p>Über welchen Zeitraum wird die Nutzung von Produkten der RZ- bzw. IT-Infrastruktur kalkuliert?</p>	<p>Unter Berücksichtigung der vorausgegangenen Kriterien ergeben sich für das RZ Biere folgende Erfahrungswerte für Abschreibungsdauern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dieselaggregate ca. 15 Jahre • Klimageräte ca. 8-10 Jahre • Racks ca. 10 Jahre • IT-Equipment ca. 3-5 Jahre
<p>Woraus setzt sich die Abschreibungsdauer eines Servers zusammen?</p>	<p>Die Abschreibungsdauer liegt i.d.R. bei 36 Monaten für das Gerät in Gänze, es findet keine Unterscheidung einzelner Baugruppen statt.</p>

Tabelle A.5: Produktlebenszyklusmanagement in Rechenzentren

A.6 Fragebogen: Dokumentation von Obsoleszenz

Das Auftreten von Obsoleszenz kann unterschiedliche Formen oder auch komplexe Kombinationen verschiedener Formen annehmen, sowie verschiedene Produkte im RZ betreffen. Ziel dieses Fragebogens ist Obsoleszenzursachen zu identifizieren.

Obsoleszenzgrund	Eingetreten?		
	ja	nein	Keine Angabe
(Support-)Dienstleistung für ein Hardwareprodukt wurde eingestellt, daraufhin wurde das Produkt obsolet.	x		
(Support-)Dienstleistung für ein Softwareprodukt wurde eingestellt, daraufhin wurde das Produkt obsolet.	x		
Der ursprüngliche Hersteller eines Produktes ist nicht mehr auf dem Markt aktiv	x		
Geschäftsziele ändern sich und Produkte werden nicht mehr genutzt.	x		
Obsoleszenz von RZ Produkten durch technologischen Fortschritt	x		
Aufgrund obsoleter Software wurden Hardwarekomponenten ebenfalls ausgetauscht.			x
Angeschaffte Produkte dürfen aus rechtlichen Gründen (bspw. verbotene Substanzen) nicht verwendet werden.	x		
Ein Produkt wurde durch ein energieeffizienteres ersetzt	x		
Produkte wurden aufgrund verbessertem Produktdesign ersetzt			x
Aufgrund eines Produktdefekts sind zugehörige Produkte ebenfalls entsorgt worden (Bspw. gesamte Wracks / Serverschränke ausgetauscht, weil Einzelteile obsolet wurden)			x
Hardwarekomponenten, die regelmäßig obsolet wurden, sind durch ein Alternativprodukt ersetzt worden	x		
Produkt wird in regelmäßigen Zyklen ausgetauscht	x		
Produkt ist aufgrund von Produktänderungsmittlung (PCN) ausgetauscht worden	x		
Produkt wird aufgrund von Produktabkündigung (PDN) durch den Originalteilhersteller (OCM) ausgetauscht	x		

Tabelle A.6: Obsoleszenzgründe im Rechenzentrum

Welche ist die praktische häufigst eintretende Ursache einer Obsoleszenz?	Wegfallender Support durch den Hersteller
Wie werden Defekte bemerkt?	Unterschiedlich, z.B. durch vorausschauende Überwachung
Wie funktioniert vorausschauende Überwachung im RZ?	Abhängig von den Produkten, gibt es z.B. für Hardwareprodukte wie SSD-Festplatten oder GPU technische Möglichkeiten durch den Einsatz von Software permanent technische Messwerte, wie bspw. Lese-Schreibe-Stärke bei SSD-Festplatten an den Hersteller zu übermitteln, so dass die Hersteller bzw. deren Servicepartner sehr früh Bescheid wissen, wann technische Einrichtungen den Status EOL erreichen.
Wie wird im praktischen Betrieb Obsoleszenz gehandhabt?	Dies ist abhängig von dem jeweiligen Produkt, so sind vor allem auf IT-Ebene unsere Servicepartner für die Beseitigung von Obsoleszenzen und den reibungslosen und zeitnahen Ersatz eines obsoleten Produktes verantwortlich. Wie und in welchem Zeitfenster der Austausch stattzufinden hat, ist vertraglich geregelt.
Gibt es eine (Geschäfts-)strategie im Umgang mit Obsoleszenz?	Nein.
In wie fern wird das Tagesgeschäft Rechenzentrumsbetrieb von Obsoleszenz beeinträchtigt?	Da sehr viele Produkte (mehrere tausend Server und damit einhergehende Netzwerktechnik) im Einsatz sind, kommt es regelmäßig zu Obsoleszenzen auf IT-Ebene.
Wodurch zeichnet sich der Umgang mit Obsoleszenz in RZ aus?	Besonders durch die Zusammenarbeit mit unseren Servicepartnern. In der Vergangenheit sind viele Aufgaben die dem OM zuzuordnen wären an Hersteller abgetreten worden. Oft werden dabei kleine Produkte (wenig nachhaltig) entsorgt. Diese Entscheidungen wurden primär getroffen, um die Haftungsgrenze in Richtung der Hersteller zu verschieben.
Stellt die Thematik der Obsoleszenz den RZ vor Herausforderungen?	Abhängig von der Servicetiefe, auf jeden Fall. Große Rolle spielen einzelne IT-Plattform und das Servicemanagement. Für technische Großkomponenten (wie Dieselaggregate) basiert die Betriebsfähigkeit der Geräte auf gesetzlichen/behördlichen Vorgaben. Vermutlich stellt die Thematik auch eine zukünftige Herausforderung dar.

Tabelle A.7: Offene Fragen Obsoleszenz im Rechenzentrum

A.7 Fragebogen: Managementaufgaben im operativen Rechenzentrumsbetrieb

Zur effektiven Umsetzung eines Obsoleszenzmanagements (OM) ist eine solide Datengrundlage von entscheidender Bedeutung. Daten verschiedener, angrenzender und verwandter Managementsysteme können für die praktische Umsetzung eines OM Ansatzes relevant sein. Wird ein OM durch einen integrierten Managementansatz etabliert, so ergeben sich Potentiale zur Einsparung von Ressourcen (Mitarbeiter, Arbeitszeit, Aufwand, etc.). Ziel dieses Fragebogens ist die Identifikation von Integrationspotentialen für ein OM im RZ, dazu ist es von Bedeutung bestehende Managementsysteme aus dem praktischen Rechenzentrumsbetrieb zu identifizieren.

	Existieren Managementsysteme?		
	ja	nein	keine Angabe
Asset-Management zur Planung und Überwachung des aktuellen Hardwarebestandes	x		
Asset-Management zur Planung und Überwachung des Ersatzteilbestandes	x		
Monitoringsystem für Hardware / IT Komponenten, die im Rechenzentrum im Einsatz sind	x		
Monitoringsystem für Software (Betriebssysteme, keine Anwendungssoftware), die im Rechenzentrum im Einsatz sind	x		
Monitoringsystem für Dienstleistungen (extern oder intern) die im Rechenzentrumsbetrieb angefordert werden	x		
Produktlebenszyklusmanagement zur Planung der Lebensdauer angeschaffter Produkte	x		
Risikomanagement zur Prognose von Ausfällen			x
Obsoleszenzmanagement		x (eher ein Teil des PLM)	
Energiemanagement zur Überwachung des Stromverbrauchs / der Energieeffizienz	x		

Tabelle A.8: Managementsysteme im RZ

A.8 Fragebogen: Reparatur und Entsorgung obsoleter Produkte

Eine reaktive Maßnahme um mit auftretender Obsoleszenz umzugehen, ist obsoletere Produkte reparieren zu lassen, dies kann z.B. durch externe Dienstleister geschehen. Ziel dieses Fragebogens ist herauszufinden, wie die praktische Durchführung und Beauftragung von Reparaturmaßnahmen und die Entsorgung abläuft.

Werden obsoletere Produkte auf Ihre Defekte überprüft?	Nicht vom Management des RZ. Kooperierende Servicepartner sind verantwortlich im Rahmen der SLA obsoletere Produkte auszutauschen.
Wie sieht die Bereitschaft aus obsoletere Produkte zu reparieren?	Wenig von unserer Seite. Servicepartner sind verpflichtet obsoletere Produkte auszutauschen, ob und wie Reparaturmaßnahmen durchgeführt werden obliegt weitgehend unseren Servicepartnern.
Angenommen ein Großrechner / Wrack / Serverschrank wird obsolet, werden Einzelbestandteile auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft?	Ob dies sinnvoll entscheidet nicht das RZ Management.
Wenn ja, werden funktionierende Einzelteile in anderen Systemen wiederverwendet?	Es gibt sog. Broker, die wiederum mit unseren Servicepartnern zusammenarbeiten und teilweise obsoletere Produkte reparieren, jedoch außerhalb unseres Verantwortungsbereichs.
Welche Einflussmöglichkeiten hat das RZ auf Entsorgungsdienstleister?	Es werden auf dem Markt geeignete Entsorgungsdienstleister von uns bzw. von unseren Servicepartnern beauftragt
Werden Produkte nach kalkulatorischer Abschreibung im Sekundärmarkt weiterverkauft? Wenn ja, welche Produkte und welche nicht?	Ja, speziell Server... jedoch sinkt die Häufigkeit. Definitiv nicht weiterverkauft werden Festplatten. Hier erfolgt die physische Zerstörung noch im RZ.

Tabelle A.9: Reparaturdienstleistungen in RZ

A.9 Fragebogen: Gesamtkostenrechnung

Dieser Fragebogen beschäftigt sich mit direkt und indirekt anfallenden Kosten im Rechenzentrumsbetrieb. Es soll herausgefunden werden, welche Kostenfaktoren (nicht) berücksichtigt werden und wie der praktische Einsatz des sogenannten Total Cost of Ownership (TCO) Kalkulationsansatzes aussieht.

<p>Gibt es eine TCO Berechnung (direkt und indirekt anfallende Kosten) im Rechenzentrumsbetrieb? Wenn ja, läuft dies ab?</p>	<p>Ja. Üblicherweise werden alle für einen IT-Service relevanten Services in sog. Delivery Elements (DE) strukturiert. Jedes DE enthält für sich alle produktionsnahen Kosten über den Verwendungszeitraum:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anschaffungskosten (AfA) • Wartung (Wartungsverträge) • Betrieb (anteilig Personal, Strom. . .) • Re-Invest • Installations-/ De-Installationsleistungen <p>Die Summe aller DE ergibt für den speziellen IT-Service die TCO. Der Betrieb eines Servers kann bspw. aus folgenden DE bestehen (in Klammer beispielhafte Kostenblöcke):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau, Inbetriebnahme (Personalleistungen) • Betrieb (Afa, Wartung, Strom) • Servicelevel (Tools, Personalleistungen) • Abbau und Verschrottung (Personalleistungen, Entsorgungskosten) • Sonstige
<p>Wenn ja, wie sind die bisherigen Erfahrungen mit TCO?</p>	<p>TCO ist Basis aller Kalkulationsmodelle und gewissermaßen Teil der unternehmerischen Steuerung.</p>

Welche Kriterien werden in der TCO Berechnung nicht berücksichtigt?	Nicht Bestandteil sind Kosten für <ul style="list-style-type: none"> • Vertrieb • Verwaltung • Unternehmerisches Risiko (wird über Uplifts in der Preisgestaltung berücksichtigt) sowie <ul style="list-style-type: none"> • Gewinn
Werden bzw. wie werden laufende Kosten von Hardware (Installation, Stromverbrauch, Reparatur, Entsorgung) entlang des Lebenswegs festgehalten?	Ja, über Kontierungselemente in den kaufmännischen Systemen (z.B. SAP)
Werden bzw. wie werden laufende Kosten von Software entlang des Lebenswegs festgehalten?	Analog Hardware, allerdings sind in den meisten Fällen die Kosten in den Lizenzgebühren der Hersteller (pauschal) enthalten.
Werden bzw. wie werden laufende Kosten für die Unterhaltung des RZ festgehalten?	Ja über Kontierungselemente in den kaufmännischen Systemen (z.B. SAP)
Welche sind entscheidungsrelevante Kennzahlen?	TCO relevante Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> • PUE – Effektivität des Datacenter (Verhältnis Gesamtstrom zu IT-Strom) • Servicelevel (Häufigkeit/ Dauer von Ausfällen) • Einsatzdauer Personal bei Installationen, Reparaturen, Wartungen
Wie sieht das Verhältnis von kalkulatorischer Nutzungsdauer zu technisch möglicher Nutzungsdauer aus?	kann durchaus 3:5 betragen (5 Jahre Nutzung, jedoch abhängig vom Einsatzzweck)

Tabelle A.10: TCO

Eidesstattliche Erklärung

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

Magdeburg, den 10.07.2020

Fabian Alexander Schulze